

# Maestría en ciencias forestales

Memoria escrita en función del grado académico de Master en Ciencias Forestales

Mención: Manejo de bosques

*Evaluación de la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales del  
Parque Nacional Alejandro de Humboldt.*

**Autor:** Ing. Aysel García de la Cruz

2019 “Año 61 de la Revolución”

**Ministerio de Educación Superior  
Universidad de Guantánamo  
Facultad Agroforestal**

# **Maestría en ciencias forestales**

Memoria escrita en función del grado académico de Master en Ciencias Forestales

Mención: Manejo de bosques



*Evaluación de la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.*

**Autor:** Ing. Aysel García de la Cruz

**Tutores:** Ing. Alexeider Rodríguez Romero. Dr.C.

Ing. Yosbani Osorio Bornot. MSc.

*2019 “Año 61 de la Revolución”*

|

# AGRADECIMIENTOS

## *Agradecimientos.*

“Nada es imposible, el hombre que no tenga confianza de sí mismo, le será muy difícil vencer los obstáculos que le ponga la vida”

- ❖ En primer lugar, les doy las gracias a mi familia por su perseverancia del ánimo, especialmente a mi esposa Yaniuski, y a mis hijas Isbel y Lisbei, por su permanente, ayuda, esfuerzos y palabras de estímulo para continuar.
- ❖ Agradecimiento para mis tutores Dr.C. Alexeider Rodríguez Romero y MSc.Yosbani Osorio Bornot, Facultad Agroforestal de la Universidad de Guantánamo, por su apoyo incondicional y el gran aporte científico en la investigación. Así mismo a la Ing. Lenia Susana Ferrer Peña por su ayuda a la evaluación y recogida de datos de las formaciones vegetales.
- ❖ Por su generosidad, su fe y su inestimable ayuda del claustro de profesores Facultad Agroforestal de la Universidad de Guantánamo y Universidad de Pinar del Río, quienes aportaron con su enseñanza y dedicación a mi formación científica.
- ❖ A mis compañeros de trabajo del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte del Parque Nacional “Alejandro de Humboldt” y al colectivo de trabajadores de la UPSA (Unidad Presupuestada de Servicios Ambientales) “Alejandro de Humboldt” por su gran ayuda y exigencia.
- ❖ Hay quienes llegan a nuestras vidas con el propósito de quedarse para siempre, personas que llegaron sin un propósito y muchas veces se convierten en nuestros guías, nuestros confidentes y amigos muy cercanos a nosotros y aportaron un poquito de su tiempo en la realización de este trabajo.

# DEDICATORIA

## *Dedicatoria.*

“Hay muchas personas que merecen y jamás piden, hay personas que sin pedir lo merecen todo”. Por eso quiero dedicar esta obra a:

- ❖ Lo más grande que me ha dado la vida, a mis hijas Isbel Garcia Torrente y Lisbei Garcia Torrente por ser la fuente de inspiración más grande que he tenido en la vida.
- ❖ A mi familia y especialmente a mi esposa Yaniuski Torrente Tons, por su comprensión y estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles durante mi superación como profesional.
- ❖ A la Revolución Cubana, por constituir y permitir mi superación profesional convirtiéndome en discípulo de la ciencia cubana.

# RESUMEN

## *Resumen.*

El suelo es sin duda alguna, el ecosistema más complejo y biodiverso de la tierra, donde la Macrofauna edáfica desempeña un importante papel en el desarrollo y conservación de los ecosistemas. La evaluación se realizó en el Parque Nacional Alejandro de Humboldt. Donde se determinó la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, utilizando la metodología del programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) de Anderson e Ingram, (1993), donde se evaluaron 20 monolitos a una distancia de 500 m en el horario comprendido 6:00 y 10:00 de la mañana, insertando un marco de madera de 25 x 25 x 20 cm. Se identificaron 55 familias que se distribuyen en 28 órdenes pertenecientes a tres *subphylum* (Crustacea, Cheliceriformes y Myriapoda) y a los *phylum* (Annelida y Arthropoda). Los órdenes más frecuentes resultaron Hymenoptera y Araneae, mientras que entre las familias Mermicinae y Lycosidae. En relación a la abundancia el orden Hymenoptera fue evaluado como muy abundante y las familias Mermicinae, Lycosidae y Formicinae como abundantes y la mayor dominancia la tuvieron los órdenes (Platydesmida, Lepidoptera, Chilopoda, Acari). La influencia de las profundidades del suelo en las estructuras y composición de las comunidades, demostró la afinidad por la hojarasca en ambas formaciones vegetales y la disminución gradual de las especies según se profundiza. Por otro lado la correlación entre la estructura de la macrofauna edáfica determinó la baja calidad del suelo en ambas formaciones vegetales aspecto importante en la conservación de los ecosistemas.

**Palabras Clave:** Macrofauna, Conservación, Abundancia, Frecuencia, Influencia.

# **ABSTRACT**

## *Abstract.*

The soil is undoubtedly the most complex and biodiverse ecosystem on earth, where the edaphic macrofauna plays an important role in the development and conservation of ecosystems. The evaluation was carried out in the Alejandro de Humboldt National Park. Where soil macrofauna was determined in two plant formations of the Cupeyal del Norte Conservation Department, using the methodology of the Tropical Soil Biology and Fertility program (TSBF) of Anderson and Ingram, (1993), where 20 monoliths were evaluated at a distance of 500 m in the schedule included 6:00 and 10:00 in the morning, inserting a wooden frame of 25 x 25 x 20 cm. We identified 55 families that are distributed in 28 orders belonging to three subphylum (Crustaceans, Cheliceriformes and centipede) and phylum (Annelid and Arthropod). The most frequent orders were Hymenoptera and Araneae, while among the families Mermicinae and Lycosidae. In relation to abundance, the Hymenoptera order was evaluated as very abundant and the Mermicinae, Lycosidae and Formicinae families were abundant and the orders were the most dominant (Platydesmida, Lepidoptera, Chilopoda, Acari). The influence of the depths of the soil on the structures and composition of the communities, demonstrated the affinity for litter in both plant formations and the gradual decrease of the species as it deepens. On the other hand, the correlation between the structures of the edaphic macrofauna determined the low quality of the soil in both plant formations, an important aspect in the conservation of the ecosystems.

**Keywords:** Macrofauna, Conservation, Abundance, Frequency, Influence.

# ÍNDICE

## *Índice.*

No	Índice	Pág.
<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</b>	<b>6</b>
2.1	Parque Nacional “Alejandro de Humboldt”	6
2.2	Departamento de Conservación Cupeyal del Norte	8
2.3	Manejo de especies en el Departamento de Conservación Cupeyal del Norte.	10
2.4	Definiciones de bosque	10
2.5	Patrimonio forestal cubano	10
2.5.1	Características generales de la especie <i>Pinus cubensis</i> Griseb.	11
2.5.2	Pluvisilva submontana del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.	12
2.6	Los macroinvertebrados del suelo	13
2.6.1	Clasificación de la macrofauna del suelo	15
2.7	Estudios realizados en Cuba sobre la macrofauna edáfica	19
2.8	Importancia de la macrofauna edáfica	20
2.9	Biodiversidad del suelo.	21
2.9.1	Niveles de la biodiversidad	22
2.9.2	Pérdida de la diversidad biológica	24
2.9.3	Diversidad ecológica	24
2.9.4	Diversidad funcional	25
2.9.5	Amenazas a la biodiversidad	26
2.9.6	Conservación de la biodiversidad	26
2.10	Características de la metodología empleada	27
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>29</b>

3.1	Localización del área de estudio	29
3.2	Metodología empleada	30
3.3.	Procesamiento de los datos recopilados	32
3.4.	Caracterización de la macrofauna edáfica	33
3.5.	Evaluación de la influencia de las profundidades del suelo en las estructuras y composición de las comunidades de la macrofauna edáfica.	34
3.6.	Evaluación de influencia de la macrofauna en la calidad del suelo.	35
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
4.1.	Composición taxonómica. Riqueza de especies	38
4.2	Caracterización de la macrofauna edáfica.	44
4.2.1	Abundancia relativa.	44
4.2.2	Frecuencia de aparición.	49
4.3	Análisis del porcentaje de dominancia combinada.	52
4.4.	Influencia de las profundidades del suelo en las estructuras y composición de las comunidades.	55
4.5	Evaluación de influencia de la macrofauna en la calidad del suelo.	62
4.6	Determinaciones de la composición físico-química del suelo presente en las formaciones vegetales.	67
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>70</b>
<b>VII</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>VIII</b>	<b>ANEXOS</b>	

# RELACIÓN DE FIGURAS

## *Relación de figuras.*

**Figura 1.** Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH.)

**Figura 2.** Departamento de Conservación Cupeyal del Norte.

**Figura 3.** Localización del área de estudio.

**Figura 4.** Puntos de muestreo de la macrofauna edáfica.

**Figura 5.** Esquema de la distribución vertical de los monolitos.

**Figura 6.** Riqueza de la biodiversidad de macrofauna obtenidas por formación vegetal.

**Figura 7.** Riqueza de unidades taxonómicas obtenidas por formación vegetal.

**Figuras 8 y 9.** Abundancia relativa por orden en ambas formaciones vegetales relacionado con la macrofauna edáfica.

**Figuras 10 y 11.** Frecuencia de aparición de las diferentes unidades taxonómicas de ambas formaciones vegetales.

**Figura 12.** Porcentaje de dominancia combinada (PDC) para por unidades taxonómicas de la formación vegetales de Pinar.

**Figura 13.** Porcentaje de dominancia combinada (PDC) por unidades taxonómicas de la formación vegetal de Pluvisilva.

**Figura 14.** Abundancia relativa de individuos por sustrato de las formaciones vegetales

**Figuras 15 y 16.** Comparación de riqueza de unidades taxonómicas y cantidad de individuos entre los niveles de sustratos para cada uno de los ecosistemas.

**Figura 17.** Valoración del índice de distribución vertical (Usher) de las unidades taxonómicas por profundidades para la formación vegetal de Pinar.

**Figura 18.** Valoración del índice de distribución vertical (Usher) de las unidades taxonómicas por profundidades para la formación vegetal de Pluvisilva.

**Figuras 19 y 20.** Análisis relativo entre Número de tipos de organismos de la macrofauna del suelo y número de individuos por tipo de organismo, por tipos de bosques.

# RELACIÓN DE TABLAS

## *Relación de tablas.*

- Tabla 1.** Claves dicotómicas para el diagnóstico de la macrofauna edáfica.
- Tabla 2.** Grupos de clasificación funcional para la macrofauna edáfica.
- Tabla 3.** Valores de la abundancia relativa de las diferentes familias de ambas formaciones vegetales.
- Tabla 4.** Frecuencia de aparición de los diferentes grupos de familias de ambas formaciones vegetales.
- Tabla 5.** Frecuencia de aparición de las unidades taxonómicas por niveles o estrato encontradas en los diferentes monolitos evaluados del bosque de Pinar.
- Tabla 6.** Frecuencia de aparición de las unidades taxonómicas por niveles o estrato encontradas en los diferentes monolitos evaluados del bosque de Pluvialva.
- Tabla 7.** Número de tipos de organismos de la macrofauna del suelo y número de individuos por tipo de organismo, por tipos de bosques.
- Tabla 8.** Resultado del análisis de la muestra de suelo tomada en las formaciones vegetales.

## *1. Introducción.*

Desde la década de los 90, se desarrolló un movimiento internacional por el rescate de los valores ambientales que integran los ecosistemas transformados, en Cuba el grado de degradación de los suelos es alto y tiende a incrementarse debido al uso indiscriminado sin tener en cuenta la protección de la biota edáfica. La fauna edáfica desempeña un importante papel en los ecosistemas, influyendo de manera notable sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos, sobre todo, en la creación de macroporos y en la transformación y redistribución de materia orgánica (Rodríguez, 1999).

El suelo es, sin duda alguna, el ecosistema más complejo y biodiverso de la Tierra, de él dependen la producción de materia y energía, la reserva y purificación del agua, el reciclaje de nutrientes y el tratamiento de desechos (Ruiz, 2004). La regulación de estas funciones ecosistémicas recae sobre la actividad de la microflora, las raíces y la fauna del suelo que son los componentes bióticos del sistema (Lavelle, 1997).

El suelo es un recurso natural no renovable, un medio vivo y dinámico que proporciona sustento a toda criatura viviente. En él ocurren procesos fundamentales de los ecosistemas, como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y fósforo, de ahí la necesidad de preservar este medio debido a su deterioro creciente y a su valor para la vida en el planeta (Cabrera-Dávila, 2014; Lema, 2016).

La fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos, en la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana. Ese conjunto de organismos responsables de innumerables funciones en el suelo es llamado biota del suelo o fauna edáfica y presenta una gran variedad de tamaños y metabolismos. Ellos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con

baja concentración en oxígeno, luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad, calidad de alimentos y fluctuaciones microclimáticas que pueden llegar a ser muy fuertes (Brown *et al.*, 2001; Jozineudo *et al.*, 2014).

En los trópicos la macrofauna es la fauna animal más conspicua del suelo e incluye los invertebrados con un diámetro mayor de 2 mm y fácilmente visibles en la superficie o interior del suelo (Brown *et al.*, 2001). Entre sus miembros se encuentran los termites, las lombrices de tierra, los escarabajos, las arañas, las larvas de moscas y de mariposas, los caracoles, los milpiés, los ciempiés y las hormigas. De estos organismos, los escarabajos suelen ser los más diversos con gran número de especies, aunque en abundancia predominan generalmente las termitas y las hormigas y en biomasa las lombrices de tierra (Morales *et al.*, 2014).

La macrofauna en los trópicos han revelado más de veinte grupos taxonómicos entre los que se encuentran Isópodos, Diplópodos, Quilópodos, Coleópteros, moluscos y arácnidos, esto significa que la diversidad de organismos encontrados en un área determinada puede ser muy alta, alcanzando un número de hasta más de 100 especies por hectárea y en algunos ecosistemas complejos como las selvas tropicales podría llegar a superar el millón de especies (Brown *et al.*, 2001). Estas cifras dependen del tipo de vegetación, del uso del suelo, de las condiciones climáticas y las variaciones estacionales (Serrano, 2010).

Estos organismos del suelo tienen como papel principal, la participación directa en la dinámica ecosistémica, como los procesos de reciclaje de nutrientes y en la estructura del suelo donde ocupan varios niveles tróficos dentro de la cadena alimenticia. La macrofauna del suelo, además de la fragmentación del material orgánico, realiza la regulación de la población microbiana responsable de la mineralización y humificación, influenciando el reciclaje de la materia orgánica y disponibilidad de nutrientes que son absorbidos por las plantas (Tavares, 2015).

Debido a su importante papel en los procesos del ecosistema y a su sensibilidad ante condiciones ambientales, los grupos de macrofauna frecuentemente son utilizados o propuestos como indicadores de la calidad biológica del suelo, por tanto, se consideran un componente determinante de la biota del suelo, indicativos de la biodiversidad de suelo y de los efectos del cambio de uso y prácticas de manejo del mismo.

El papel funcional de la macrofauna del suelo está ampliamente reconocido, denominados como los “ingenieros del ecosistema”, son los encargados de producir estructuras físicas con las cuales modifican la disponibilidad de un recurso para otros organismos (Jones *et al.*, 1994). Además, hay que tener presentes a un grupo denominados depredadores como algunos coleópteros, arácnidos y hormigas regulan otras poblaciones de otros grupos de la fauna que influyen directamente en los procesos de descomposición (Petckey *et al.*, 2006).

En los últimos años, el estudio de las comunidades del suelo ha comprendido su relación con los procesos físicos, químicos y biológicos de este. Otras investigaciones más recientes han abordado la respuesta de la macrofauna edáfica ante diferentes usos de la tierra, en un gradiente de suelos desde ecosistemas naturales hasta agroecosistemas, con el propósito de generar índices de salud edáfica y manejar algunas poblaciones de invertebrados, como alternativas para el avance de sistemas productivos sostenibles, que a su vez preserven la biodiversidad del suelo (Cabrera, 2012).

En Cuba son escasos los estudios realizados si se tiene en cuenta la importancia de la macrofauna, se han realizado trabajos sobre taxones específicos de la macrofauna como coleópteros del suelo (González, 1989) y lombrices de tierra (Rodríguez, 1999 y 2000); (Rodríguez y Martínez, 2001). Los referidos a la comunidad en general se han llevado a cabo en plantaciones forestales (González y Herrera, 1984); González y (López, 1986); (González, 1989) o en áreas con manejo agrícola-ganadero (Cabrera *et al.*, (2004) pero han

sido pocos los inventarios de la fauna edáfica en ecosistemas naturales o seminaturales.

Las alteraciones en la macrofauna pueden ser evaluadas en cuanto a los aspectos cuantitativos (abundancia, densidad y riqueza) y cualitativos (diversidad) ambos han sido usados como potenciales bioindicadores de la calidad del suelo, brindando una noción de su estado actual y de cambios inducidos por factores bióticos y abióticos a lo largo del tiempo (Melo *et al.* (2009). La diversidad y el desequilibrio de los diferentes grupos puede resultar en consecuencias impactantes, como la explosión de plagas o la destrucción de la estructura física del suelo, pérdida de fertilidad y su capacidad productiva (Aubruff, 2010).

Teniendo en cuenta que el Parque Nacional Alejandro de Humboldt constituye unas de las áreas protegidas estrictas (Categoría II de la UICN) más importante de Cuba en lo referente a Biodiversidad, donde se destaca por poseer la mayor riqueza y endemismo del país, lo que lo convierte en un importante relicto para la flora, la fauna y el remanente más grande de los ecosistemas montañosos conservados, según (Lambert, 2012). La identificación de la macrofauna edáfica asociada a los ecosistemas naturales o seminaturales, constituye un aspecto de interés científico y de aplicación práctica en el manejo de los ecosistemas.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se define como

### **Problema científico**

¿Cuál es la estructura y composición de la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación, Cupeyal del Norte, “Parque Nacional Alejandro de Humboldt”.

## **Hipótesis**

El inventario y caracterización de la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales, permitirá conocer cuál es la estructura y composición en el Departamento de Conservación, Cupeyal del Norte, “Parque Nacional Alejandro de Humboldt”.

## **Objetivo general**

Determinar la estructura y composición de la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

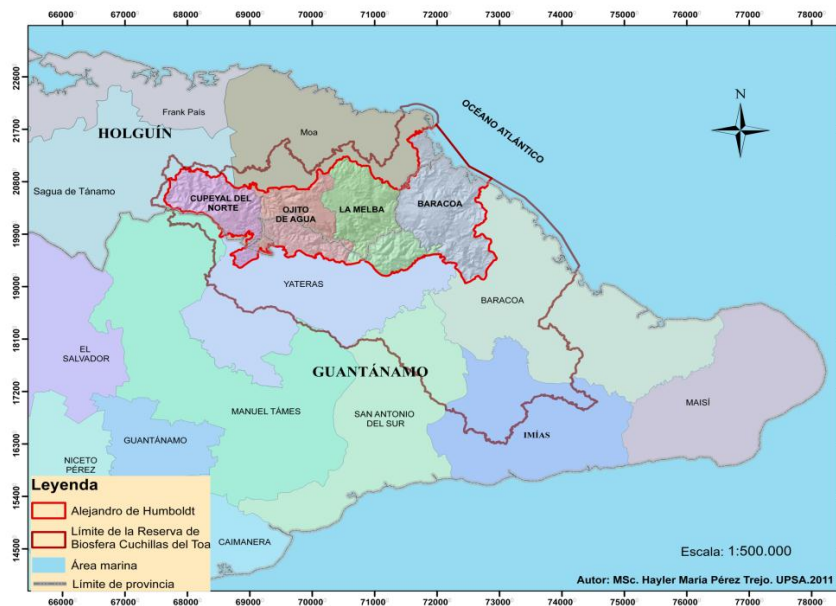
## **Objetivos específicos**

1. Identificar la macrofauna del suelo asociada a dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt.
2. Caracterizar la macrofauna del suelo asociada a dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt.
3. Evaluar el efecto de la profundidad en la composición y estructura de la comunidad de la macrofauna del suelo en dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt.
4. Evaluar la influencia de la macrofauna en la calidad del suelo en las dos formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

## 11. Revisión bibliográfica.

### 2.1 Parque Nacional “Alejandro de Humboldt” (PNAH)

El Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH) se encuentra ubicado en la región oriental de Cuba, el mismo cuenta con una extensión total de 70 680 ha, de las cuales 2 250 ha pertenecen a la parte marina y las restantes 68 430 ha son terrestres. Ocupa territorios de dos provincias del país: Holguín (municipios: Sagua de Tánamo y Moa), Guantánamo (municipios: Manuel Tames, Yateras y Baracoa) (Pérez, 2017). Figura.1



**Fig.1.** Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH)

El parque constituye el área protegida estricta (Categoría de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) más importante de Cuba en lo referente a la Biodiversidad, destacándose la misma no solo por poseer la mayor riqueza y endemismo del país sino por ser el remanente más grande de los sistemas montañosos conservados de Cuba. En el año 2001, el Parque fue declarado por la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como patrimonio de la humanidad

y además constituye el núcleo principal de la Reserva de la Biosfera, "Cuchillas del Toa" (Osorio, 2013).

Según (Delfín, 2014), en él se conjugan las montañas con bosques latifolios, pinares de alto nivel de conservación, ríos de limpias aguas, pozas y cascadas en un entorno de clima lluvioso y fresco, típico de este sitio, que lo convierten en uno de los más singulares y contemplativos paisajes de la naturaleza cubana. Además de presentar suficiente territorio y grado de conservación para garantizar un adecuado funcionamiento de los procesos ecológicos vitales y la supervivencia de las especies que en él habitan.

De acuerdo a las evidencias encontradas el parque no fue muy afectado por los cambios climáticos ocurridos durante las glaciaciones del cuaternario, por ello, constituyó un refugio para la biota antillana. Su antigüedad y estabilidad relativa, unidas a la complejidad del relieve, a las litologías predominantes, así como a las grandes variaciones en las precipitaciones, han determinado la infinidad de hábitats, donde se han ido originando y acumulando las más diversas especies animales y vegetales a lo largo de millones de años (Romero, 2011); (Delfín, 2014).

La compleja evolución llevada a cabo en el parque por millones de años ha dado lugar a la existencia de varios tipos de relieve donde se destacan las llanuras litorales en forma de terrazas; las colinas bajas y altas; las alturas tectónicas – erosivas; los picos tectónicos - erosivos; y un elemento distintivo, las cuchillas tectónicas – erosivas. Las altitudes varían desde el nivel del mar hasta los 1109 msnm en el Pico El Toldo, punto más alto del Parque. Sobre estos tipos de relieve se han desarrollado un gran número de formas, incluyendo entre ellas el seudocarso sobre rocas ultrabásicas, que no se encuentran en ningún otro sitio de Cuba (Lambert, 2012).

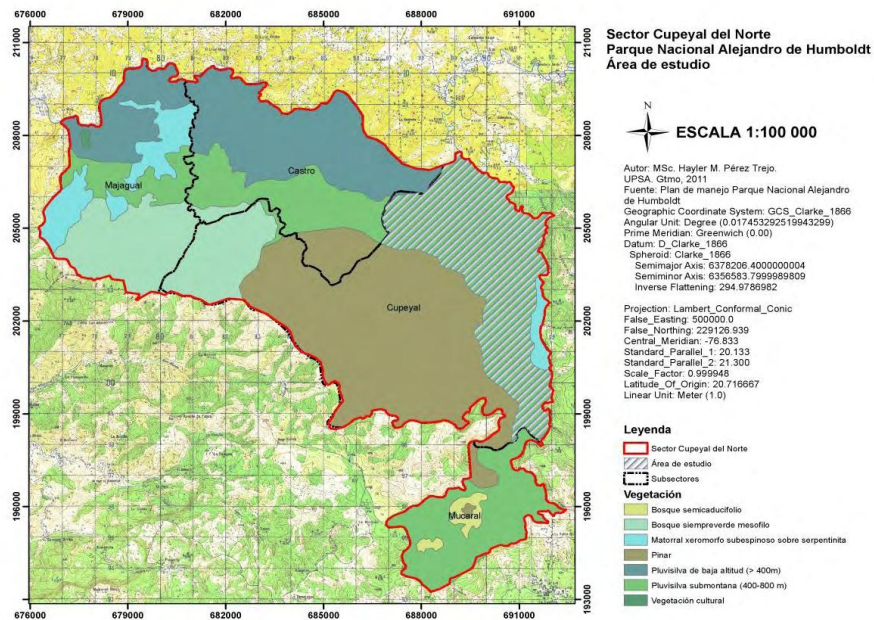
El Parque constituye la parte más nublada de Cuba y en especial de nubes estratificadas. Es por esto que el número de días con lluvias en el año es muy

elevado, al presentar un promedio que oscila entre 180 y 240 días al año. Las lluvias generalmente son ligeras. La frecuencia de lluvias intensas es muy baja especialmente en los departamentos de conservación Ojito de Agua y Cupeyal del Norte, donde disminuye el número de días con lluvia, siendo más frecuente la ocurrencia de lluvias intensas (López, 2014).

La ocurrencia de precipitaciones casi diarias en los departamentos de conservación de Baracoa y la Melba impide que las temperaturas bajen considerablemente. Las temperaturas mínimas y medias son relativamente elevadas debido al calor latente de condensación que evita el enfriamiento excesivo. Por esto, las temperaturas en los departamentos de conservación Ojito de Agua y Cupeyal del Norte son más bajas que en los otros departamentos mencionados anteriormente (López, 2014).

## **2.2. Departamento de Conservación Cupeyal del Norte**

El Departamento Conservación es uno de las áreas que componen al Parque Nacional Alejandro de Humboldt, se divide en cuatro áreas demanejo: Majagual, 2 902 ha; Castro, 2 710 ha; Guardabosques, 5 463 ha y Mucaral-Munición, 1 957 ha (Figura.2). Representado por un clima tropical lluvioso de sabana, con una pluviosidad que oscila entre 1200 y 2500 mm anuales y una influencia de las temperaturas medias entre 20 y 24 °C (Larramendi y Begué, 2013).



**Fig. 2.** *Departamento de Conservación Cupeyal del Norte*

La vegetación está representada por siete formaciones; por su extensión y representatividad, destacamos las pluvisilvas de bajas altitud, las pluvisilvas submontanas que se encuentran ubicadas entre los 400 y 800 msnm, los pinares de pinos de Mayarí, bosque siempre verde mesofilo y el matorral xeromorfo subespinoso sobre serpentinita (charrascal). La flora es diversa y presenta altos niveles de endemismos (Pérez, 2017). Los pinares se presentan en la región suroeste del departamento y constituyen un paraclimax, en una zona climáticamente de latifolias.

Los suelos varían desde Ferrítico Rojo Oscuro y Fersialítico Pardo Rojizo (ferromagnesiales) provienen de las rocas ultrabásicas, que son muy pobres y ácidas. En los primeros, se hallan los pinares más extensos y productivos; y en los segundos se observa una ecomorfosis con un fenotipo diferente de la forma típica. Dentro del área se presenta una considerable diversidad de comunidades, cuya composición florística varía en dependencia de las condiciones ecológicas y del aislamiento geográfico (Fong *et al.*, 2005).

### **2.3. Manejo de especies en el Departamento de Conservación Cupeyal del Norte.**

Conservar, restaurar y manejar los ecosistemas degradados para el mantenimiento de la red hídrica, las diferentes especies de flora y fauna que conforman los sistemas naturales, así como mantener y proteger sus procesos ecológicos (Vidal, 2004).

Promover el desarrollo ambiental de la diversidad biológica en comunidades y asentamientos del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte con la implementación de opciones de conservación y desarrollo, integrando los procesos de trabajo participativo e interinstitucional en el ámbito del manejo sostenible de los recursos naturales, será sin dudas una de las vías más efectivas para el manejo y la conservación de la biodiversidad edáfica en los ecosistemas de este departamento (Vidal, 2004).

### **2.4. Definiciones de bosque**

Un bosque es toda aquella superficie de tierra en donde se hallan creciendo asociaciones vegetales, predominando árboles de diferentes tamaños que han sido explotados o no, capaces de producir madera u otros productos; influyen en el clima y en el régimen hidrológico y además brindan protección a la vida silvestre (Reyes, 2005)

Para la FAO, la definición del bosque, o de las tierras forestales, se basa en la estructura de la formación (porcentaje de cubierta arbórea, altura de las especies leñosas) y su superficie.

En Cuba, en la Ley no. 85, conocida como Ley Forestal, identifica bosque como formación natural (bosque natural) o artificial (plantación) constituida por árboles, arbustos y otras especies de plantas y animales superiores e inferiores, que resultan un ecosistema de relevancia económica y social por las funciones que desempeña.

### **2.5. Patrimonio forestal cubano**

Cuba posee una cubierta forestal de 2 696 000 ha, de ellas, 2 308 000 son bosques naturales y 318 000 ha son plantaciones establecidas, a las que hay que adicionarles 125 000 ha de plantaciones menores de tres años que están en fase de establecimiento. Luego de la Cumbre de Río, y posterior a ella, en solo 20 años, la superficie boscosa se elevó a 26,7 %, y está planificado su crecimiento hasta ocupar 29,3 % del territorio nacional para el 2015, lo que con lleva al incremento de nuevas áreas y la repoblación de más de 270 000 ha, con la finalidad de aumentar y diversificar los bosques productores, los de conservación y los dedicados a la protección (Álvarez y Mercadet, 2011).

En Cuba el 46,1 % del patrimonio forestal se considera en la categoría de protección donde se permite talas con restricciones, mientras que el 21,6 % son considerados como bosques de conservación y solo el 32,3 % son los conocidos bosques productores, en general el patrimonio forestal de los bosques productores esta compuesto por formaciones boscosa semidecíduas mientras que las plantaciones la constituyen formaciones de pinos y en un menor porcentaje plantaciones de otras especies. (MINAG, 2009).

De acuerdo con datos de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE, 2014), más de tres millones de ha componen el patrimonio forestal del país. De esta cifra, los bosques naturales ocupan el 83,38 %, Lo anterior representa un índice boscoso equivalente a alrededor del 30 % del área cultivable del archipiélago, lo que ha permitido que en los últimos años se produzcan aproximadamente 150 000 m<sup>3</sup> de madera anuales, cifra que no satisface la demanda real del país.

### **2.5.1. Características generales de la especie *Pinus cubensis* Griseb.**

(Según Sablón, 1986) el *P. cubensis* es conocido como pino de Mayarí o pino de Moa, es un árbol grande entre 35 y 40 m de altura y puede alcanzar hasta 1m de diámetro, copa cónica, poco densa, relativamente amplia, formada por ramas finas, a veces en verticilos. Sus acículas, de 4 a 15 cm de largo; verde oscuro; agrupadas en fascículos de dos, raras veces tres, dispuestos en múltiples nudos.

Los mismos constituyen la formación vegetal predominante en el Parque, ocupando alrededor del 40 % del área total con un estrato arbóreo aciculifolios, un estrato arbustivo y uno herbáceo, escasos epifitas y lianas con dominancia de *Pinus cubensis*, presentes entre 200-1250 msnm, sus acículas constituyen material combustible y de este modo los ecosistemas de pinares, se convierten en áreas proclives con alto índice de peligrosidad a incendios forestales.

Se desarrolla en suelos Ferralítico Pardo Rojizo (ferromagnesiales) y Ferrítico Rojo Oscuro, provenientes de las rocas ultramáficas las que son muy pobres y ácidas hallándose como los más extensos y productivos, destacándose la especie de *Pinus cubensis* Griseb con mayor valor para la conservación, valor de uso real o potencial y la investigación (Fong *et al.*, 2005).

#### **2.5.2. Pluvisilva submontana del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.**

La más exuberante de las formaciones vegetales cubanas, en zonas limitadas entre los 400 y 800 msnm en vertientes norte de los ríos Toa, Jaguaní, Quibiján, Duaba, y Castro, las precipitaciones alcanzan valores entre 3 000 y 3 500 mm anuales, sin estación seca. Los suelos más frecuentes son ferralítico rojo lixiviado sobre esquisto, ferralítico rojo amarillento y pardo amarillento sobre cortezas derivadas de gabros y suelos aluviales en las terrazas fluviales (Capote y Berazaín, 1987).

El estrato arbóreo es irregular en altura, y generalmente fluctúa entre 10 y 20 m, con emergentes entre 25 y 35 m. El estrato arbustivo es el más pobre en especies, su cobertura fluctúa entre 20 y 60% (Berazaín *et al.*, 2005).

En el Parque Nacional Alejandro de Humboldt el bosque pluvisilva submontano se presenta bien desarrollada desde Cupeyal del Norte hasta Baracoa. El suelo es ferrítico rojo oscuro, muy pobre y ácido que varía de poco profundo a muy profundo, y a veces tienen algunas rocas sobre la superficie. El drenaje es excelente. El macrorelieve es profundamente diseccionado, con un mesorelieve

generalmente formado por pendientes abruptas (las más frecuentes son entre 20 y 35°). Los acumulados anuales de precipitaciones varían desde cerca de 1 700 hasta más de 3 600 mm (Reyes y Acosta, 2005).

## **2.6. Los macroinvertebrados del suelo**

El suelo es uno de los ecosistemas más diversos y complejos que existen en la naturaleza; en ningún sitio del planeta existe en un pequeño espacio tanta diversidad de vida; es el único ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional. La compleja naturaleza física y química, su estructura porosa y el suministro de materiales orgánicos extremadamente diferentes, proporcionan una heterogeneidad de alimento y de hábitat que permiten en él la coexistencia simultánea de una gran diversidad de flora y fauna (INICA, 2015).

La macrofauna edáfica está integrada por organismos pequeños que habitan en el suelo, pero fácilmente detectables, entre los que se encuentran los macroinvertebrados. Ellos realizan importantes procesos y servicios ecosistémicos como son el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y la conservación de la estructura del terreno. Lo que garantiza la calidad y fertilidad del medio edáfico en sistemas naturales, agrícolas y forestales (Lema, 2016).

La biota edáfica se encuentra dividida, de acuerdo con el tamaño del animal adulto, en tres grandes grupos: la microfauna, la mesofauna y la macrofauna. La microfauna está constituida por animales acuáticos que se encuentran entre las partículas del suelo, miden menos de 0,2 mm y se incluyen, fundamentalmente, protozoarios, rotíferos y nemátodos. El segundo grupo lo componen organismos cuyo tamaño oscila entre los 0,2 y 2 mm y forman parte de él los microartrópodos (ácaros, colémbolos, proturos, dipluros y sínfilos) y los enquitreídos (Serrano, 2010).

La mesofauna constituida por organismos cuya talla varía entre 0,1 y 2 mm, juega un papel importante en la transformación de la materia orgánica del suelo, el reciclaje de nutrientes de las plantas y el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (Gutiérrez, 2016).

Convencionalmente los organismos del suelo se han clasificado de acuerdo con la talla. Según este criterio, (Wallwork, 1970) caracteriza a la macrofauna como aquellos individuos cuyo tamaño es mayor a 1 cm; posteriormente, (Swift *et al.*, 1979) la definen como aquella cuyo tamaño sobrepasa los 2 mm. Un criterio más reciente específica a la macrofauna como aquellos invertebrados cuyo diámetro es mayor a 2 mm (Lavelle *et al.*, 1992). Un informe presentado por IBOY (International Biodiversity Observation Year, 2000) define a la macrofauna como el conjunto de grupos de invertebrados entre los que más del 90% de los individuos son visibles a simple vista (Ruiz, 2007).

La macrofauna edáfica incluye más de 20 taxa, entre los que se encuentran lombrices de tierra, Coleópteros, Chinchas, Hormigas, Termitas, Cochinillas, Diplópodos, Quilópodos y Arácnidos. En la mayoría de los casos, especialmente en los ecosistemas tropicales, no existen estimaciones exactas del número de especies de estas comunidades. Solamente en las lombrices de tierra, las 3700 especies descritas representan, según (Fragoso *et al.*, 1999), cerca de la mitad del número de especies vivientes (Serrano, 2010).

(Arequipa, 2017), manifiesta que las lombrices de tierra son componente importante en la fauna del suelo, por ayudar en su estructura y fertilidad. Además, estos organismos son sensibles frente a manejos y grados de perturbación del suelo, actuando como bioindicadores de la salud del mismo.

Como ya se ha mencionado la macro y mesofauna cumplen funciones esenciales de desintegrar y ablandar la materia orgánica, aumentando su superficie y al mismo tiempo incrementa el nivel de descomposición, aumentando el ataque microbiano. Es evidente que éste es un proceso de

reciprocidad entre los tres grupos, que permite la permanencia y mantención de los niveles de interacción, es decir, si se elimina de manera directa o indirecta parte de la macro, meso y micro fauna del suelo, se reducen significativamente, los procesos de descomposición, ciclo de los nutrientes, la dinámica de la materia orgánica y la formación de la estructura del suelo (Linden *et al.*, 1994).

(Coyne, 2000). Además de reducir el conocimiento de posibles prácticas agrícolas sustentables (Chocobar, 2010). La diversidad de la macrofauna, mesofauna, microfauna y el contenido de biomasa de estos en diferentes estratos de un agroecosistema, constituyen indicadores de sostenibilidad que favorecen la comparación de varios sistemas de producción y la dinámica de la materia orgánica, elemento fundamental de la sostenibilidad de un sistema de producción (Gelvez, 2008).

### **2.6.1. Clasificación de la macrofauna del suelo**

La macrofauna edáfica regula diferentes procesos que determinan la calidad y la fertilidad de los suelos en sistemas naturales, agrícolas y forestales. Entre estos procesos y servicios ecosistémicos se pueden citar: el reciclaje de nutrientes, el inicio de la descomposición de los restos vegetales que componen la hojarasca y la conservación de la estructura del terreno. Su impacto radica fundamentalmente en su contribución a la formación de poros, a la infiltración de agua, a la humificación y mineralización de la materia orgánica (Cabrera-Dávila *et al.*, 2017).

El componente biótico del suelo comprende una comunidad organizada entre consumidores y descomponedores que desempeñan funciones relevantes en el proceso de degradación de la materia orgánica, (IDEAM, 2001) y el funcionamiento de los suelos en general. En este sentido, los macroinvertebrados participan de manera decisiva mediante sus actividades biológicas (estimulación selectiva de la microflora), mecánicas (bioturbación, construcción de galerías y producción de agregados organominerales) y

químicas (humificación y mineralización de interacción de los microorganismos) (Ruiz, 2007).

La macrofauna puede subdividirse en organismos epígeos, endógenos y anécicos (Lavelle, 1997), presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico, aunque miembros de una misma categoría (los endógenos) pueden también tener efectos distintos sobre el suelo (compactantes y descompactantes).

Los epígeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca (macroartrópodos 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 epígeos es fragmentar la hojarasca y promover su descomposición (Brown *et al.*, 2001).

La fauna endógena se caracteriza por vivir en el interior del suelo y sus recursos alimentarios provienen de la materia orgánica que se encuentra dentro de éste o de raíces vivas o muertas. La función ecológica fundamental de este grupo es la regulación de la estructura del suelo con su actividad mecánica y la formación de macroagregados causados por sus deyecciones (Lobry de Bruyn y Conacher, 1990); (Lee y Foster, 1991). Los principales representantes son las termitas, y las lombrices de tierra no pigmentadas (Serrano, 2010).

La macrofauna representada por grandes lombrices de tierra parcialmente pigmentadas, las termitas y algunos formícidos, se alimenta de la hojarasca de la superficie que trasladan a sus galerías en el interior del suelo. Estos organismos modifican la estructura del suelo de dos formas: establecen redes semipermanentes de galerías, lo que promueve la oxigenación y la infiltración de agua en el mismo, y con la translocación de la hojarasca a estratos más profundos logran cambiar la dinámica de descomposición de la materia orgánica e influir en el ciclo del carbono y otros nutrientes (Ruiz, 2007).

Por otra parte, a partir de su función e impacto en el suelo, de su forma de vida y de su fuente de alimentación o hábito alimentario, la macrofauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros y los depredadores, y con una repercusión especial en la evolución y productividad del suelo por lo que se pueden señalar a los ingenieros del ecosistema (Lema, 2016).

El grupo funcional de detritívoros (descomponedores de la materia orgánica) vive en la hojarasca, en la superficie e interior del suelo. Interviene en la descomposición de la materia orgánica y, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca.

La fragmentación mecánica de estos restos hace que haya mayor disponibilidad de alimentos para otros invertebrados más pequeños y para los microorganismos (por ejemplo: hongos y bacterias), siendo los organismos omnívoros consumidores de todo tipo de material de origen vegetal o animal, la otra parte de los macroinvertebrados que funcionan como herbívoros o depredadores, viven tanto en el interior como en la superficie del suelo, los primeros se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo; mientras los depredadores consumen diversos invertebrados, por lo que modifican el equilibrio de sus poblaciones y el balance entre estas y los recursos disponibles del ecosistema (Silicuana, 2017).

La función que los invertebrados del suelo llevan a cabo depende de la eficiencia de su sistema digestivo (el cual, a su vez, depende de la interacción con la microflora) y de la presencia y abundancia de estructuras biogénicas que estos produzcan (Serrano, 2010).

Sobre la base de estos dos criterios, se pueden distinguir tres grandes grupos funcionales de invertebrados:

- Microdepredadores: Comprende fundamentalmente a la microfauna (nematodos y protozoos), depredadores de bacterias y hongos y de sus depredadores. No producen excrementos sólidos y sus efectos en la dinámica de la materia orgánica no son prolongados. Tienen importancia en el control de las poblaciones de los microorganismos, y liberan los nutrientes inmovilizados en la biomasa microbiana (Jones *et al.*, 1994).
- Transformadores de hojarasca: Incluye la mesofauna y a algunos miembros de la macrofauna que ingieren materia orgánica pura. Mantiene un mutualismo externo con los microorganismos, digestión también llamada rumen externo, mediante la cual consumen sus propias heces luego de un tiempo en el que son colonizadas por los microorganismos (Serrano, 2010).
- Ingenieros del ecosistema: son organismos que modulan directa o indirectamente la disponibilidad de recursos para otras especies, debido a su capacidad de moverse a través del suelo y de construir estructuras órgano-minerales (estructuras biogénicas) con propiedades físicas, químicas y biológicas específicas (Jones *et al.*, 1994), (Lavelle *et al.*, 1997).

Las lombrices, las termitas y las hormigas son considerados los ingenieros del ecosistema más importantes (Matos, 2009). Algunos individuos o grupos de la macrofauna (Lombrices de tierra, Termitas y Hormigas) pueden actuar como ingenieros del ecosistema (Jones *et al.*, 1994), al realizar cambios físicos en el suelo que controlan la disponibilidad de los recursos para otros organismos edáficos, incluyendo las plantas y sus raíces.

Con su actividad los ingenieros crean estructuras físicas biogénicas que ejercen un efecto regulador sobre los organismos menores a través de: (1) la competencia por los recursos, principalmente materia orgánica, (2) la activación de la microflora edáfica, vía mutualismos y el “priming effect”, (3) su influencia en el ciclo del carbono y la disponibilidad de nutrientes y (4) cambios en la actividad

rizosférica, como el crecimiento de raíces y depoblaciones de organismos rizosféricos (Brown *et al.*, 2001).

## **2.7. Estudios realizados en Cuba sobre la macrofauna edáfica**

En Cuba, son pocas las investigaciones acerca de la macrofauna edáfica que involucran todos los grupos que la componen. Entre los primeros estudios en el país se pueden señalar los realizados sobre la macrofauna de la hojarasca en ecosistemas boscosos, especialmente de la Sierra del Rosario (González y López, 1987); (Prieto y Rodríguez, 1996). Con posterioridad, la mayoría de los estudios ecológicos han abordado grupos específicos de la macrofauna, principalmente las lombrices de tierra y los diplópodos en ecosistemas naturales y/o perturbados, y el efecto que tales perturbaciones provocan en estas comunidades (Cabrera *et al.*, 2011).

Otros trabajos en el país han caracterizado la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra, con el objetivo de evaluar, a partir de las características de estas comunidades edáficas, el tipo de uso o formación vegetal, y el manejo de los suelos y de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2002); (Sánchez y Reyes, 2003); (Cabrera-Dávila *et al.*, 2007); (Serrano, 2010). No obstante, se reconoce la necesidad de profundizar e incrementar las investigaciones en tal sentido. Los futuros estudios deben identificar índices, o específicamente taxones, que puedan ser usados como indicadores de la alteración ambiental (Cabrera *et al.*, 2011).

(Cabrera – Dávila, 2017), plantea que para la macrofauna se han diseñado diversos índices o formulaciones que involucran la abundancia y diversidad de esta fauna y también su relación con propiedades físicas y químicas del suelo. Entre estos se encuentran el índice de densidad lombrices/termitas, el indicador multifuncional de calidad del suelo (GISQ) y el índice biológico de calidad del suelo (IBQS).

## **2.8. Importancia de la macrofauna edáfica**

En los sistemas tropicales los macro invertebrados desempeñan una función clave en los procesos que determinan la conservación y fertilidad del suelo, al regular la disponibilidad de minerales asimilables por las plantas y favorecer la estructura del suelo, influyendo en las condiciones de vida, la abundancia y composición de las comunidades del suelo o edáficas (Escobar *et al.*, 2017).

Además, a través de su acción mecánica en el suelo contribuyen a la formación de agregados estables que permiten proteger una parte de la materia orgánica de una rápida mineralización y pueden modificar las propiedades físicas y de textura en los horizontes donde habitan (Sánchez y Reinés, 2001).

La macrofauna y microfauna en el suelo son un factor importante debido que generan beneficios para sostenibilidad de los agroecosistemas, entre ellos, el incremento de la dinámica de la materia orgánica y cambios de algunas de las propiedades físicas del suelo (Romero, 2017). La actividad, riqueza y diversidad de estos organismos pueden ser afectadas por variaciones en el tipo de cobertura vegetal, la calidad del material vegetal y las variaciones estacionales (Suárez *et al.*, 2015).

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de labiota edáfica, así como la susceptibilidad que poseen ante los cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Gutiérrez, 2016).

En las zonas templadas las lombrices son probablemente los invertebrados más importantes y predominantes, en la región tropical predominan las termitas y hormigas. Estos organismos encontrados en el suelo influyen de una forma significativa en las propiedades físicas y químicas del suelo, los grupos que conforman la macrofauna del suelo frecuentemente son propuestos como

indicadores de la calidad biológica del suelo, debido a su importancia, de su rol en los procesos biológicos del ecosistema y su sensibilidad ante los cambios en las condiciones ambientales.

Los milpiés y las termitas son los mayores consumidores de residuos orgánicos en el bosque, y las larvas de los insectos como las moscas, son importantes consumidores de material radicular, por otro lado, los ciempiés, arañas, escorpiones y escarabajos frecuentemente son los depredadores dominantes en el suelo (Silicuana, 2017).

Por la función ecológica que desempeñan estos organismos y su relación con las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, que determinan su establecimiento (por ejemplo: humedad, compactación, porosidad, materia orgánica), son valorados como indicadores de la calidad o fertilidad del suelo y del impacto de diferentes sistemas de manejo. Precisamente otra característica que posibilita esta condición de la macrofauna es la variación de su diversidad y abundancia a corto plazo producto de la alteración en la vegetación y la consecuente transformación del contenido de materia orgánica. Finalmente, el hecho de que sea fácil de ver, identificar y manipular en el campo, y por la frecuencia con que es encontrada durante el proceso de preparación del terreno por los propios productores, es que se toma en cuenta para su uso como bioindicador (Cabrera-Dávila *et al.*, 2014).

## **2.9. Biodiversidad del suelo.**

La biodiversidad del suelo, refleja la variedad de organismos vivos presentes en el suelo, estos organismos aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Son el principal agente del ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, la retención del carbono y la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua, mejorando la cantidad y eficacia de

la adquisición de nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas (Lema, 2016).

Estos servicios no sólo son decisivos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (Lema, 2016).

La biodiversidad se define también como la riqueza o abundancia de especies, de organismos o formas de vida biótica, considerándose la misma uno de los temas centrales de la biología (Rodríguez, 2011).

Conceptualmente, el término Diversidad Biológica (Biodiversidad) se define como, “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidas entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (Lambert, 2012).

### **2.9.1. Niveles de la biodiversidad**

La biodiversidad, como indica su nombre, se refiere a la diversidad de los organismos vivos a todos sus niveles: las unidades hereditarias o genes, las células, los organismos individuales, las especies y sus poblaciones, así como las comunidades bióticas o conjunto de especies de un área dada. Esta diversidad se entiende en términos de variedad de formas (tipos celulares, tipos de organismos o especies, tipos de comunidades bióticas) y variedad de funciones (tipos de funciones celulares o metabolismos, tipos de reproducción, tipos de dispersión de los individuos) (Berovides y Gerhartz, 2009).

Estos autores consideran que las unidades básicas de estudio de la biodiversidad son los genes (diversidad genética), las especies (diversidad de especies) y las comunidades bióticas con su ambiente o ecosistemas (diversidad ecológica). De estos tres niveles de la biodiversidad, del que más información

existe es del nivel de especie y sobre todo, de la cantidad, tanto a nivel mundial como de un país o región. Los dramáticos cambios provocados por la conversión de bosques a tierras agrícolas sobre la diversidad biológica en los últimos 50 años podrían colocar a muchas especies en estado de amenaza crítica (Pérez y Laurance, 2006).

Las especies nativas en su conjunto constituyen la riqueza y diversidad genética de los ecosistemas y forman parte del patrimonio natural de países, regiones y del mundo. Además, se debe asumir que en la naturaleza todos los seres vivos realizan una función específica y significativa en cada ecosistema. Por tanto, no se puede clasificar con esa visión tan reduccionista en “buenos y malos”, donde habría que eliminar cualquier organismo menos el cultivo (Rodríguez, 2011).

### **2.9.2. Pérdida de la diversidad biológica**

La pérdida de la diversidad biológica es un problema global, nacional y territorial. En la actualidad, algunos expertos vaticinan que en el mundo se están extinguiendo 19 especies cada hora, 456 al día y 167 000 al año, muchas de ellas desconocidas para la ciencia (López, 2014).

Si bien la pérdida de especies ha ocurrido siempre como un fenómeno natural, el ritmo de la extinción se ha acelerado de manera espectacular como resultado de la actividad humana. Los ecosistemas se están fragmentando o desapareciendo y numerosas especies están en disminución o ya extintas (Lambert, 2012).

Esta pérdida de especies no sólo es una tragedia ambiental, sino que también tiene profundas repercusiones en el desarrollo económico y social, pues los recursos biológicos representan al menos el 40% de la economía mundial y el 80% de las necesidades de los pobres, emanan de los recursos biológicos. La principal causa de disminución de la diversidad biológica a nivel mundial es la pérdida y fragmentación de hábitat, provocada en gran medida por la deforestación para usos de la tierra con fines agrícolas, ganaderos, para asentamientos humanos (Delfín, 2014).

Otra causa es la sobreexplotación de especies de la flora y la fauna silvestre que a su vez ocasiona la extinción de muchas especies en el mundo. Un gran problema en este sentido lo ofrece el tráfico ilícito de especies silvestres, la caza furtiva y la pesca no controlada (Osorio, 2013).

### **2.9.3. Diversidad ecológica**

En ecología el término diversidad ha designado tradicionalmente un parámetro de los ecosistemas (aunque se considera una propiedad emergente de la comunidad) que describe su variedad interna. El concepto resulta de una aplicación específica de la noción física de información y se mide mediante

índices relacionados con los habitualmente empleados para medir la complejidad (Koleff *et al.*, 2003).

La diversidad ecológica o de ecosistemas: concierne a la heterogeneidad de ecosistemas presentes en una región o zona dada, y se entiende como el conjunto de individuos, poblaciones y especies que ocupan un área definida, incluidas todas sus interacciones y con el medio ambiente. Entre los componentes de la diversidad ecológica se hallan los biomas, los paisajes y los hábitats, entre otros (Cenbio 1997).

Desde hace ya bastante tiempo la mayoría de los ecólogos han coincidido en que la diversidad de especies debe ser distinguida en al menos tres niveles: la diversidad local o diversidad alfa ( $\alpha$ ), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad beta ( $\beta$ ) y la diversidad regional o gamma. La mayoría de estudios sobre diversidad se enfocan a la diversidad alfa, en forma de riqueza de especies (Koleff *et al.*, 2003).

#### **2.9.4. Diversidad funcional**

En general, la biodiversidad puede ser descrita en términos de número, abundancia, composición y distribución espacial de sus entidades (genotipos, especies, o comunidades dentro de los ecosistemas) y caracteres funcionales, así como las interacciones entre sus componentes (Hooper *et al.*, 2005). La pérdida de alguno de estos componentes puede tener distintos efectos en el funcionamiento de los ecosistemas y, por tanto, en el suministro de servicios hacia la sociedad (Martín *et al.*, 2007).

La diversidad funcional se menciona que son los componentes de la biodiversidad que tienen influencia en cómo un ecosistema opera o funciona, es por tanto un subgrupo de la biodiversidad y se mide por los valores y rango de los rasgos de las especies presentes en un ecosistema (Petchey y Gaston, 2006). Los mecanismos a través de los cuales la biodiversidad puede influir en el

funcionamiento de los ecosistemas están más relacionados con algunos rasgos funcionales de las especies, que con la riqueza específica (Díaz y Cabido, 2001).

Es decir, la diversidad funcional no correlaciona la riqueza de las especies. Las especies funcionales que dominan procesos ecosistémicos no son necesariamente las más numerosos en el sistema (Díaz *et al.*, 2007). Por tanto, el conjunto total de rasgos funcionales, así como su abundancia, en una comunidad es uno de los principales determinantes del funcionamiento de los ecosistemas (Díaz *et al.*, 2006).

### **2.9.5. Amenazas a la biodiversidad**

El desarrollo de actividades, los derrames de petróleo, la minería sin control, el tráfico y el uso inadecuado de especies, uso inadecuado de pesticidas, los incendios forestales, la colonización, la apertura de vías, la demanda de la industria forestal, la presión demográfica y los desastres naturales inciden, directa o indirectamente, sobre la integridad de los ecosistemas del país (Barrantes *et al.*, 2001).

### **2.9.6. Conservación de la biodiversidad**

Conservar la biodiversidad es un asunto que rebasa los planteamientos de buena voluntad. En los países industrializados, ricos, que han alcanzado un alto nivel de desarrollo entre otras cosas por un uso abusivo, despiadadamente simplificador y utilitario de los recursos naturales propios y ajenos, muchas personas de buena voluntad tienden a ver la problemática de la conservación de la biodiversidad en los países tropicales, pobres y muchas veces sobrepoblados, como un asunto de educación. Siempre es mucho más barato proponer apoyo a la educación o transferencia de la misma, que a cambios socio-económicos que pueden afectar los propios intereses del benévolo donador (Manet, 2013).

Debido al fuerte vínculo entre conservación de la diversidad biológica y desarrollo sostenible, las actividades económicas no sostenibles constituyen la causa principal de la pobreza y degradación ambiental (Scherr, 2003). La inequidad en el control del uso de la tierra y los recursos contribuye a los patrones de pobreza y consumismo (Galindo *et al*, 2003).

La pobreza, a su vez constituye una amenaza para la seguridad alimentaria y la biodiversidad, pues los agricultores pobres no pueden invertir en el mejoramiento de las fincas para establecer modelos de producción sostenible (Kaimowitz, 2002).

## **2.10. Características de la metodología empleada**

El Programa Internacional sobre Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF), método estándar del transecto lineal, describe la extracción de 8 a 10 monolitos de 25 × 25 × 30 cm de profundidad, distribuidos cada 5 m en un transecto diagonal con origen y dirección al azar dentro de un ecosistema, según (Anderson e Ingram, 1993).

(Cabrera-Dávila *et al*, 2017), según estudios realizados acerca de la macrofauna edáfica con la utilización de esta metodología propicia las ventajas y desventajas que puede tener el mismo, como son: Desventajas: Este método tiene desventajas respecto a la recolecta de los invertebrados más pequeños y móviles, que no se detectan ni capturan con rapidez. También lo reducido de las muestras, a veces subestima los organismos mayores de 25 cm de longitud, dígase algunas lombrices de tierra u otras especies grandes detritívoras pero que viven en la hojarasca, como los milpiés del género *Rhinocricus*, conocidos como manca-perros, Gusanos meones o Cocosíes, que son cortados al preparar el monolito.

Por otro lado, la estimación de la macrofauna se puede encontrar afectada por la variabilidad espacial de estos organismos, tanto por su distribución horizontal

parcheada o agregada, debido a variaciones edáficas, como por su distribución vertical y descenso a profundidades mayores de 30 cm en la época de sequía, lo que no es totalmente considerado dentro del método del transepto lineal (Cabrera-Dávila *et al*, 2017).

Por estas razones es aconsejable el uso de métodos complementarios, fundamentalmente si los objetivos de estudio son inventarios más completos de la biodiversidad edáfica. Ventajas: La gran ventaja del método estándar del TSBF, del transepto lineal o de los monolitos de suelo, radica en la posibilidad de comparar un gran número de ecosistemas o localidades de forma relativamente fácil y rápida y de estimar la abundancia y diversidad de aquellos macroinvertebrados menos móviles, con mayor permanencia en el interior del suelo y actividad fundamentalmente diurna (Brown *et al*, 2001).

# 111. Materiales y Métodos

## 3.1. Localización del área de estudio

El trabajo se desarrolló en el Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt, El mismo se encuentra ubicado al Norte Noreste del poblado la Carolina, entre los municipios Moa y Sagua de Tánamo, pertenecientes a la provincia Holguín y en la provincia de Guantánamo los municipios Manuel Tames y Yateras (Figura 3). El área tiene una extensión de 12 532 ha de las 70680 ha que representa el Parque núcleo principal de la Reservas de la Biosfera Cuchillas del Toa e integra parte del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa.

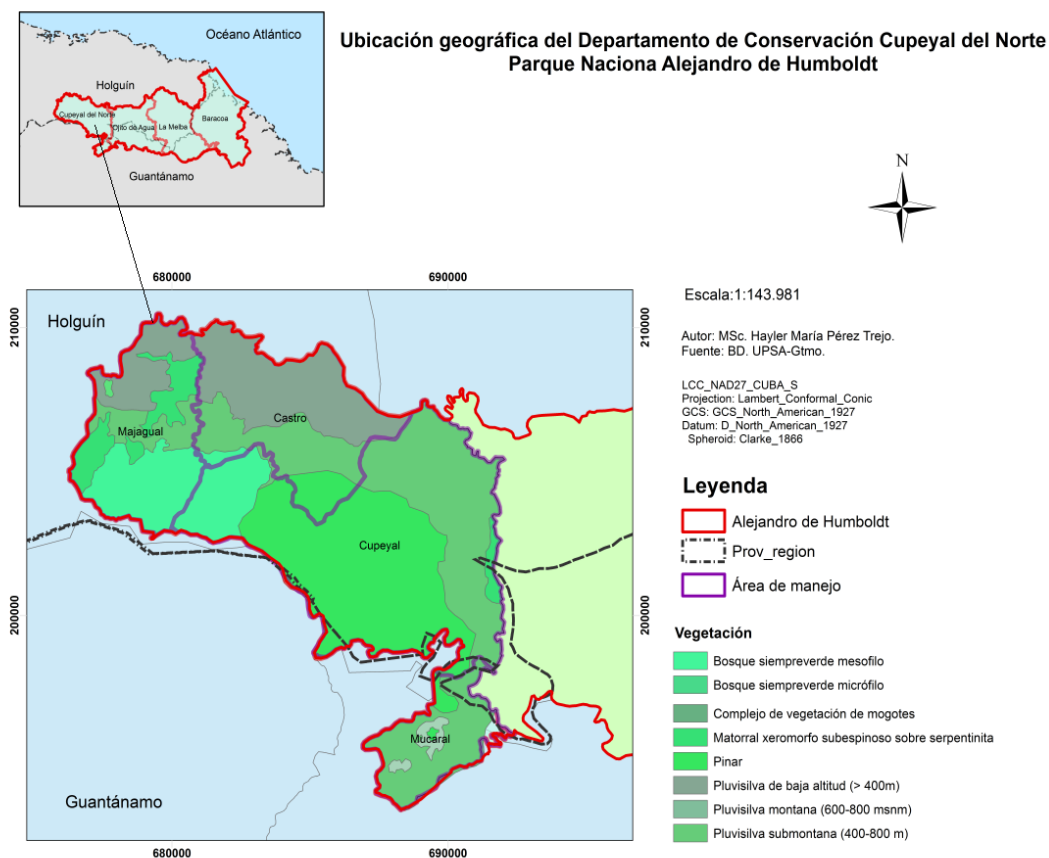
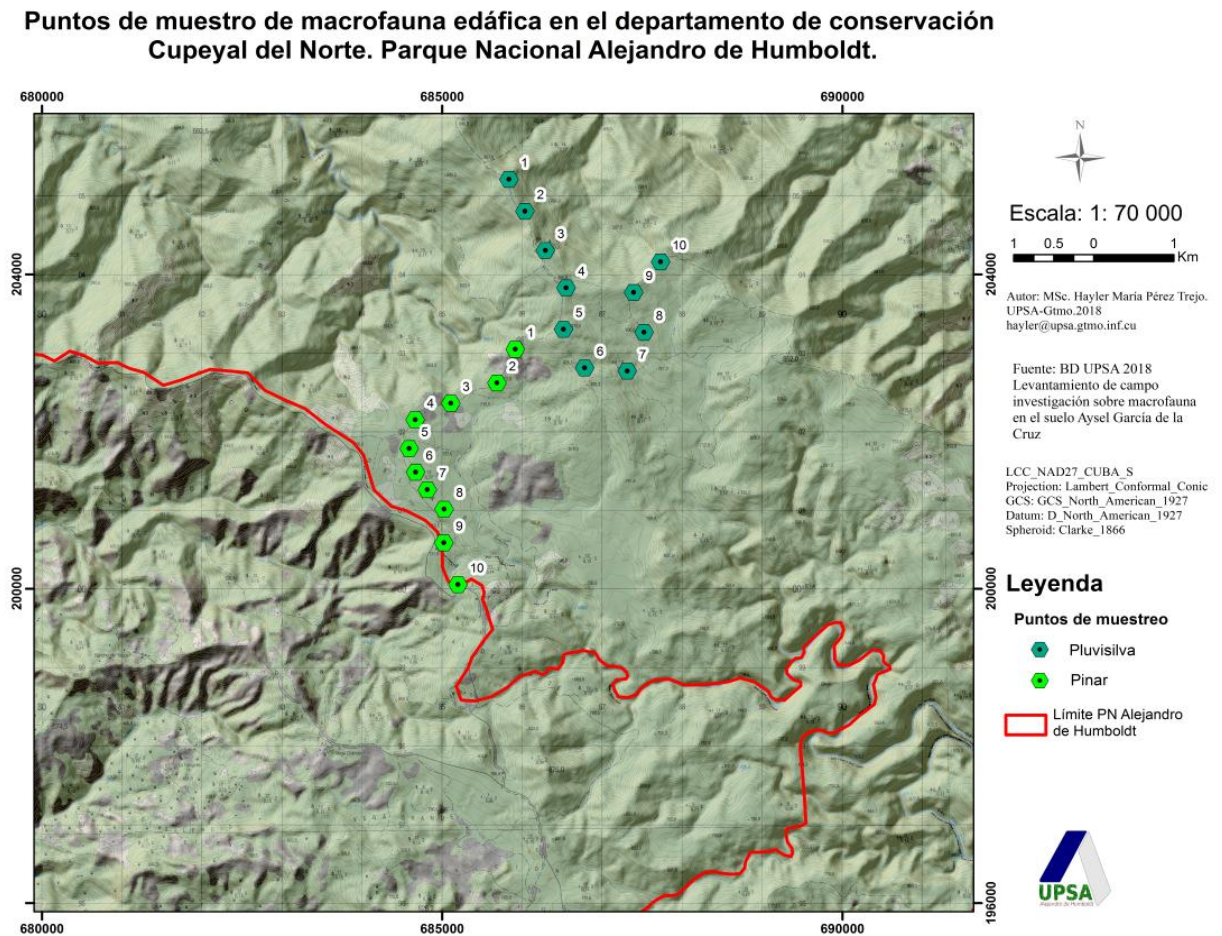


Figura 3. Localización del área de estudio

### 3.2. Metodología empleada

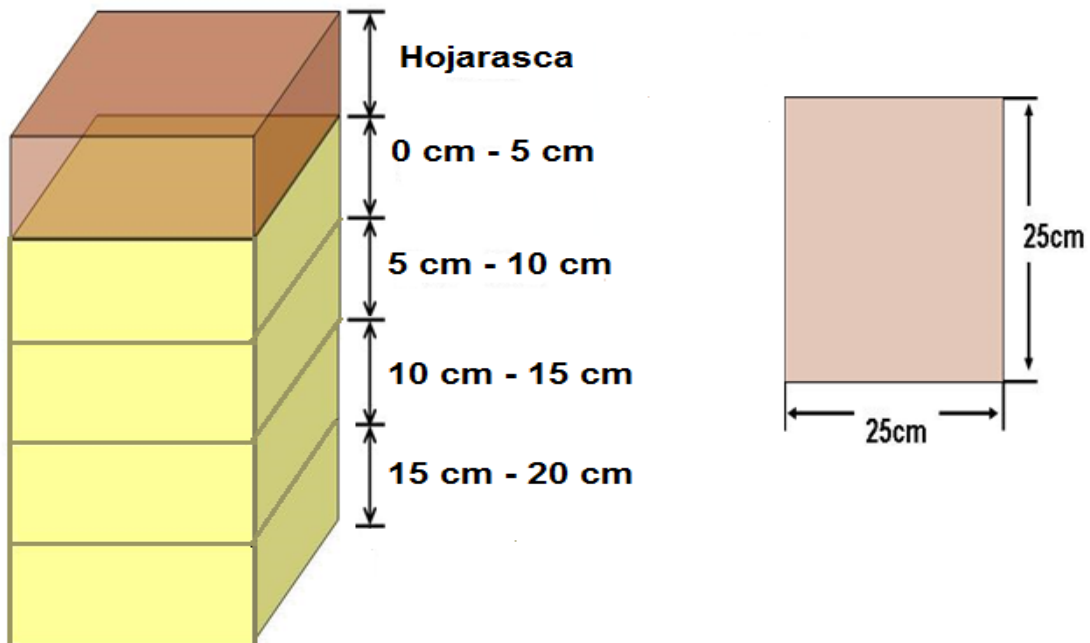
La colecta de la macrofauna edáfica se realizó en dos formaciones vegetales con más de 80 años de edad una es un bosque de pinar (*Pinus cubensis* Griseb.) y la otra una pluvisilva submontana, durante el mes de octubre y noviembre del año 2017. Se seleccionaron 10 monolitos por cada formación vegetal siguiendo un transepto (Figura 5), separados a una distancia de 500 m. Las colectas se realizaron en días adyacentes, en el horario comprendido entre las 6:30 am y las 10:00 am coincidiendo con las horas de máxima actividad diurna de la macrofauna edáfica.



**Figura 4.** Puntos de muestreo

La macrofauna edáfica se colectó siguiendo la metodología del programa internacional Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson e Ingram, 1993). En cada punto de muestreo se insertó un marco de madera para delimitar un área de suelo de 25 x 25 x 20 cm, de donde se recogió la hojarasca y se extrajeron de forma manual con la ayuda de una pinza entomológica de puntas finas los individuos con diámetro mayor de 2 mm, según (Lavelle y Spain, 2001), A continuación, se realizaron excavaciones a profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm dentro del cuadrante y se colectaron todos los macroinvertebrados edáficos encontrados.

Los ejemplares se colocaron en frascos por separados diferenciando así el estrato en el que fueron encontrados con el objetivo de estudiar la distribución vertical (Figura 5). Todos los especímenes se conservaron en alcohol al 70%, excepto las lombrices de tierra que fueron depositadas en solución de formol al 4%. Los envases con las colectas fueron identificados con una etiqueta en la que se plasmó el punto de colecta, la fecha y el estrato.



**Figura 5.** Esquema de la distribución vertical de los monolitos.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad Agroforestal. Los individuos se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible (familia), utilizando un microscopio estereoscopio NSZ- 606. Las claves utilizadas para la identificación de la macrofauna edáfica se relacionan en la (tabla 1).

**Tabla 1.** Claves dicotómicas utilizadas para el diagnóstico de la macrofauna edáfica.

Taxón	Autor/año
Clase Diplopoda	(Melic, 2015)
Clase Malacostraca	(García, 2015)
Clase Clitellata	(Righi, 1995); (Fragoso y Rojas-Fernández 1994); (Rodríguez ,1999); (Blakemore, 2005).
Clase insecta	(Cabrera Dávila y Hernández, 2008)
Clase Arachnida	(Zaragosa, 2013); (Giribet, 2008),
Colémbolos	Palacios, 1991)
Clase Gastropoda	(Moreno, 2006)
Clase Entognatha (Orden Diplura)	(Moreno, 2013)
Clase Chilopoda, Orden Dermaptera	(Cabrera-Dávila, 2014)

### 3.3. Procesamiento de los datos recopilados

A partir de la recopilación de la información obtenida se elaboraron bases de datos en Microsoft Excel (2007), que permitieron realizar los gráficos en los cuales se resumió la composición taxonómica de la macrofauna edáfica asociada a cada formación vegetal evaluada en el Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, así como el número de macroinvertebrados presentes, a partir de los diferentes órdenes, familias y composición en cada estrato y cada monolito evaluado.

### 3.4. Caracterización de la macrofauna edáfica

#### Índices ecológicos

Para caracterizar la macrofauna edáfica asociada al pinar de (*Pinus cubensis* Griseb.) y la Pluvisilva del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt, se calcularon los siguientes índices ecológicos:

- Riqueza de especies, según (Magurran,1988) citado por (Marrero,2005):

Riqueza=S; donde S: número total de especies.

- Análisis de abundancia relativa y frecuencia de especies (Masson, 1974)

Mediantes las fórmulas:

$$Ar = ni/N \times 100$$

Ar: Abundancia relativa.

ni: Número de individuos de la especie.

N: Total de individuos colectados.

$$C = Ma/Mt \times 100$$

C: Frecuencia de aparición de la especie.

Ma: Número total de muestras con la especie.

Mt: Total de Muestreos.

La evaluación de los valores de la frecuencia se realizó mediante la escala de Masson y Bryssnt (1974), que indica que una especie es Muy frecuente si la  $F_i > 30$ , Frecuente  $\geq 10 F_i \leq 29$  y Poco frecuente si  $F_i < 10$ ; igual criterio se asumió para evaluar la abundancia Muy abundante si la  $AR > 30$ , Abundante  $\geq 10 AR \leq 29$  y Poco Abundante si  $AR < 10$ .

- Análisis del porcentaje de dominancia combinada, según Jesús *et al* (1981)

Para la determinación de este análisis se utilizó la siguiente fórmula:

$$PDC = \frac{(PP \times 100 / \sum PP + Pi + PPE)}{3}$$

PP – Porcentaje de presencia

$$PP = \frac{\text{Número de parcelas que se encontro el taxon}}{\text{Total de parcelas de estudio}}$$

Pi - Porcentaje de abundancia

$$Pi = \frac{\text{Número de individuos de un taxon}}{\text{Total de individuos colectados}}$$

PPE – Porcentaje de peso

$$PPE = \frac{\text{Peso del grupo del taxon}}{\text{Peso total de los individuos}}$$

### 3.5. Evaluación de la influencia de las profundidades del suelo en las estructuras y composición de las comunidades de la macrofauna edáfica.

La variación de la riqueza y abundancia entre cada uno de los estratos se analizó a través de una comparación múltiple de medias no paramétrica (Kruskall-Wallis). Las medias analizadas comprendieron los estratos de ambas formaciones vegetales de manera independiente. Las medias fueron comparadas a *posteriori* a través de la prueba de Bonferroni (ajuste de la U de Mann-Whitney).

La profundidad media a la cual se encontraban los grupos más representativos se calculó mediante el índice de distribución vertical de (Usher, 1975) adaptado por (Mateos, 1992). Este índice asume que los organismos en el suelo se

distribuyen en el espacio conformando una nube tridimensional, con densidad variable con la profundidad y que es posible calcular el centro de gravedad de dicha nube según la fórmula:

$$D.V = \sum (D_j * P_j) / D$$

Dónde:  $D_j$ : Densidad del taxón en el horizonte  $j$

$P_j$ : profundidad media para el horizonte edáfico  $j$

$D$ : Densidad total del taxón en el perfil

La desviación del índice se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{[(1/D) * (\sum D_j * P_j^2 - (\sum D_j * P_j)^2 / D)]}$$

En esta fórmula ajustada se dan valores arbitrarios de profundidad a cada uno de los estratos, hojarasca: 1, 0-10 cm de profundidad: 2 y 10-20 cm de profundidad: 3.

### **3.6. Evaluación de influencia de la macrofauna en la calidad del suelo.**

Para la evaluación de la calidad del suelo teniendo en cuenta la influencia de la macrofauna en los ecosistemas, se determinó a través del análisis o determinación de indicadores prácticos de la macrofauna, según estudios de (Rodríguez, 2000); (Lavelle *et al.*, 2003); (Cabrera-Dávila *et al.*, 2004); (Cabrera-Dávila *et al.*, 2007), (Feijoo *et al.*, 2007); (Velasquez *et al.*, 2007); (Rodríguez *et al.*, 2008); (Sánchez *et al.*, 2008); (Cabrera-Dávila *et al.*, 2011); (Ruiz *et al.*, 2011); (Cabrera-Dávila, 2012); (De la Rosa y Negrete, 2012); (Rousseau *et al.*, 2013), donde se consideran a esta fauna como bioindicador biológico.

Estos indicadores constituyen índices o relaciones entre diferentes tipos de organismos de la macrofauna, incluso entre grupos con diferente función ecológica, que reflejan el estado de salud, calidad o fertilidad del suelo. A partir de su funciones e impacto en el suelo, de su forma de vida y de su fuente de alimentación o hábito alimentario, la macrofauna se puede dividir en distintos

grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros y los depredadores (Zerbino *et al.*, 2008).

**Tabla 2.** Grupos de clasificación funcional para la macrofauna edáfica.

<b>Nombre común</b>	<b>Grupo taxonómico reconocido (Clase**, Orden* o Familia)</b>	<b>Grupo funcional</b>
Lombrices de tierra	Haplotaxida*	Detritívoros e Ingenieros del suelo
Babosas y caracoles	Gastropoda**	Detritívoros Depredadores
Cochinillas	Isopoda*	Detritívoros
Milpiés	Diplopoda**	Detritívoros
Ciempíes	Chilopoda**	Depredadores
Arañas	Araneae*	Depredadores
Arañas patonas	Opiliones*	Depredadores
Falsos escorpiones	Pseudoscorpionida*	Depredadores
Cucarachas	Insecta**Dictyoptera*	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Escarabajos	Insecta**Coleoptera*	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Tijeretas	Insecta**Dermaptera*	Detritívoros Depredadores
Chinches y salta hojas	Insecta**Hemiptera*	Herbívoros
Hormigas	Insecta**-Hymenoptera* - Formicidae	Omnívoros, Depredadores e Ingenieros del suelo
Termitas o comejenes	Insecta**-Isoptera*	Detritívoros e Ingenieros del suelo
Mariposas y orugas	Insecta**-Lepidoptera*	Herbívoros
Grillos y saltamontes	Insecta**-Orthoptera*	Herbívoros
Moscas y mosquitos	Insecta**-Diptera*	Detritívoros Depredadores

Para los cálculos de los indicadores se analizará las siguientes relaciones:

- Número de individuos de organismos Detritívoros / Número de individuos de organismos No Detritívoros.
- Número de individuos de Lombrices de tierra / Número de individuos de Hormigas.

### **Diagnóstico de la calidad del suelo**

- **Alta calidad del suelo:** suelos con mayor cantidad de tipos de organismos (mayor diversidad) y de individuos por tipo, especialmente de organismos detritívoros y de lombrices (Aplicación de los indicadores de Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices de tierra/Hormigas, obteniendo como resultado valores  $> 1$ ).
- **Baja calidad del suelo:** suelos con menor número de tipos de organismos (menor diversidad) y de individuos por tipo, pero donde prevalecen los organismos no detritívoros y las hormigas (Aplicación de los indicadores de Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices de tierra/Hormigas, obteniendo como resultado valores  $< 1$ ).

## ***IV. Resultados y Discusión***

### **4.1. Composición taxonómica. Riqueza de especies.**

Como resultado del inventario realizado en las formaciones vegetales evaluadas en el Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, fueron colectados 950 individuos, 389 individuos en el bosque de Pino y 561 se encontraron en el bosque de pluvial distribuidos en 20 monolitos analizados, 10 por cada formación vegetal. Se identificaron un total de 55 familias que se distribuyen en 28 órdenes pertenecientes a tres subphylum (Crustacea, Cheliceriformes y Myriapoda) y los phylum Annelida (lombrices de tierra) y Arthropoda (decápodos, arácnidos, insectos y miriápodos).

Los estados inmaduros (larvas) encontrados se agruparon en tres categorías diferentes, de coleópteros, larvas de dípteros y otras tres larvas que no se pudo llegar a un diagnóstico debido a dificultades con las claves para su correcta clasificación. La clase mejor representada tanto en órdenes como en número de individuos fue la clase Insecta, subclase Pterigota, en la cual se identificaron 11 órdenes y 28 familias.

Si comparamos los resultados de este trabajo con los realizados por (Cabrera-Dávila *et al*, 2017) quienes encontraron 7 órdenes de la clase Insecta en la Sierra del Rosario, demuestra la exuberante riqueza y diversidad presente en la macrofauna edáfica asociada a estos tipos de formaciones vegetales del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte.

Phylum: Annelida.

Clase: Clitellata Subclase: Oligochaeta

Orden: Haplotaxida

Familia: Megascolecidae

Familia: Glossoscolecidae

Familia: Lumbricidae

Phylum: Arthropoda. Subphylum Crustacea

Clase: Malacostraca. Subclase Eumalacostraca

Orden: Isopoda

Familia: Oniscidae

Familia: Trachelipidae

Clase Insecta: Subclase: Apterygota

Orden: Collembola (Arthropleona)

Familia: Isotomidae

Familia: Entomobryidae

Orden: Diplura

Familia: Campodeidea

Orden: Protura

Familia: Acerenfomidae

Clase Insecta: Subclase Pterygota

Orden: Dictyoptera

Familia: Blattidae

Familia: Blaberidae

Orden: Isoptera

Familia: Kalotermitidae

Orden: Orthoptera

Familia: Gryllidae

Orden: Hemiptera

Familia: Antocoridae

Familia: Cydnidae

Familia: Coreidea  
Familia: Cicadidae  
Familia: Afididae  
Orden: Coleoptera  
Familia: Staphilinidae  
Familia: Coccinellidae  
Familia: Scarabaeidae  
Familia: Elateridae  
Familia: Crisomelidae  
Familia: Tenebrionae  
Orden: Diptera  
Familia: Anthomyiidae  
Orden: Lepidoptera  
Familia: Noctuidae  
Orden: Hymenoptera  
Familia: Formicinae  
Familia: Myrmecinae  
Familia: Braconidae  
Familia: Vespidae  
Orden: Thysanoptera  
Familia: Aelothripidae  
Familia: Thripidae  
Orden: Dermaptera  
Familia: Forficulidae

Familia: Carcinophoridae

Orden: Trichoptera

Familia: Hidrobiosidae

Familia: Hydropsychidae

Familia: Philopotamidae

Subphylum: Cheliceriformes

Clase: Chelicerata. Subclase: Arachnida

Orden: Araneae

Familia: Lycosidae

Familia: Cosmetidae

Orden: Acari

Familia: Prostigmata

Orden: Pseudoescorpiones

Familia: Neobisiidae

Subphylum: Myriapoda

Clase: Diplopoda. Subclase: Penicillata

Orden: Polydesmida. Suborden: Chelodesmidae

Familia: Sphaerodesmidae

Orden: Spirobolida

Familia: Spirobolellidae

Orden: Scolopendromorpha

Familia: Scolopocryptopidae

Orden: Geophilomorpha

Familia: Geophilidae

Orden: Platydesmida

Familia: Paradoxosomatidae

Orden: Poyxemida

Familia: Siphonotidae

Orden: Gastropoda

Familia: Subulinidae

Los órdenes de mayor representatividad fueron el Coleoptera y el Hemiptera con seis familias cada uno, seguida del Hymenoptera con cuatro familias. Estos órdenes, además de constituir los más numerosos, agrupan especies con diferentes hábitos de alimentación, aspecto de suma importancia ya que lamacrofauna desde el punto de vista ecológico interviene en numerosos procesos que se llevan a cabo en el suelo y mejora las propiedades de este, tanto físicas como químicas, (humedad, compactación, porosidad y contenido de materia orgánica).

Resultados similares en cuanto a la composición de la macrofauna edáfica a nivel taxonómico, principalmente de orden, fueron obtenidos en los trabajos que enfocaron sus estudios en los ecosistemas de bosques y diversas plantaciones en la región (González y López, 1987); (Prieto y Rodríguez, 1996).

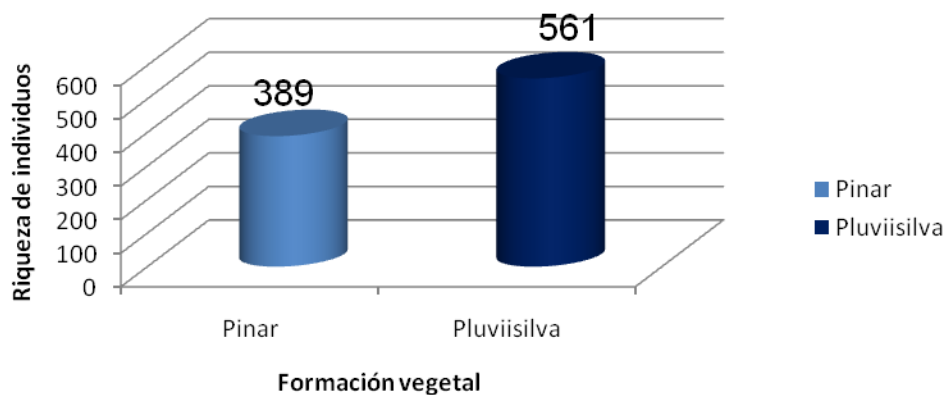
Por otro lado, en investigaciones recientes (Gómez *et al*, (2016). Obtuvieron valores elevados de diversidad y abundancia de la macrofauna del suelo registrados previamente en ambientes tropicales y subtropicales de distintas regiones.

Estos autores coincidieron en que la macrofauna estuvo compuesta fundamentalmente por los taxones Oligochaeta, Mollusca, Isopoda, Diplopoda, Arachnida, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera e Isoptera, y los más conspicuos dentro de las diferentes plantaciones y bosques siempreverdes estudiados en Sierra del Rosario fue: El orden Hymenoptera,

Diplopoda, Coleoptera, Oligochaeta, Chilopoda, Dictyoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Dermaptera, Diptera y Arachnida.

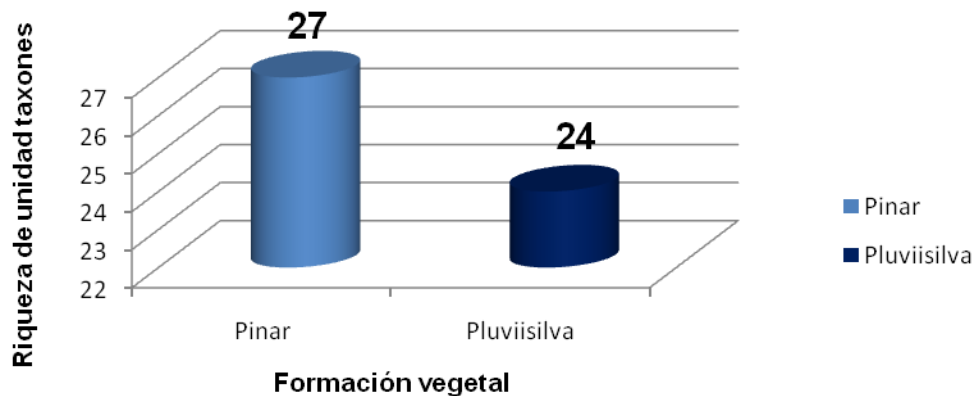
En el presente estudio se hallaron los taxones antes mencionados. Además, se encontraron otros no registrados con anterioridad como Thysanoptera y Trichoptera, aún con la utilización de metodologías parecidas y comparables de muestreo.

Cuando revisamos los resultados de la riqueza de la biodiversidad de macrofauna obtenidas por formación vegetal, es notable que la mayor riqueza por cantidad de individuos colectados se encontró en el bosque Pluvisilvas, (Figura 6) con 561 individuos 172 más que el Pinar.



**Figura 6.** Riqueza de la biodiversidad de macrofauna obtenidas por formación vegetal.

En cuanto a la riqueza de unidades taxonómicas aparecen más representatividad en el Pinar (Figura 7), para el caso de los órdenes, cuatro más que en el Pluvisilva (Diptera, Prostura, Spirobolida y una morfo especie no identificada). En cuanto a las familias también la mayor biodiversidad estuvo en el pinar encontrándose 20 familias que no fueron encontradas en la Puvlisilva y solo una de la Pluvisilva que no se encontró en el Pinar.



**Figura 7.** Riqueza de unidades taxonómicas obtenidas por formación vegetal.

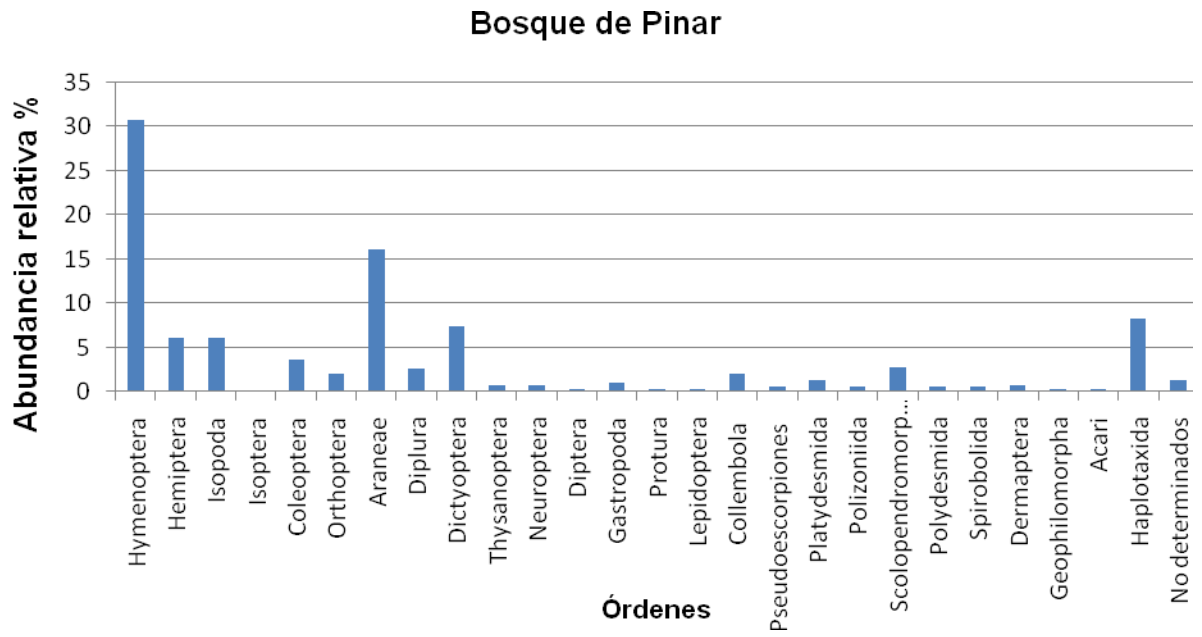
Se plantea que una característica importante de la fauna cubana es su significativa proporción entre invertebrados y vertebrados se considera de 18:1, es decir, que por cada vertebrado pueden aparecer 18 especies de invertebrados, hoy día, no hemos podido precisar con certeza como se mantiene esta relación para la región, pero a *priori* la consideramos superior a la que se establece para el país, todo esto influido porque la zona aún no ha sido profundamente estudiada y las lagunas más grandes sobre el conocimiento de la biodiversidad faunística están en los invertebrados, el grupo animal más numeroso de la tierra.

## 4.2. Caracterización de la macrofauna edáfica.

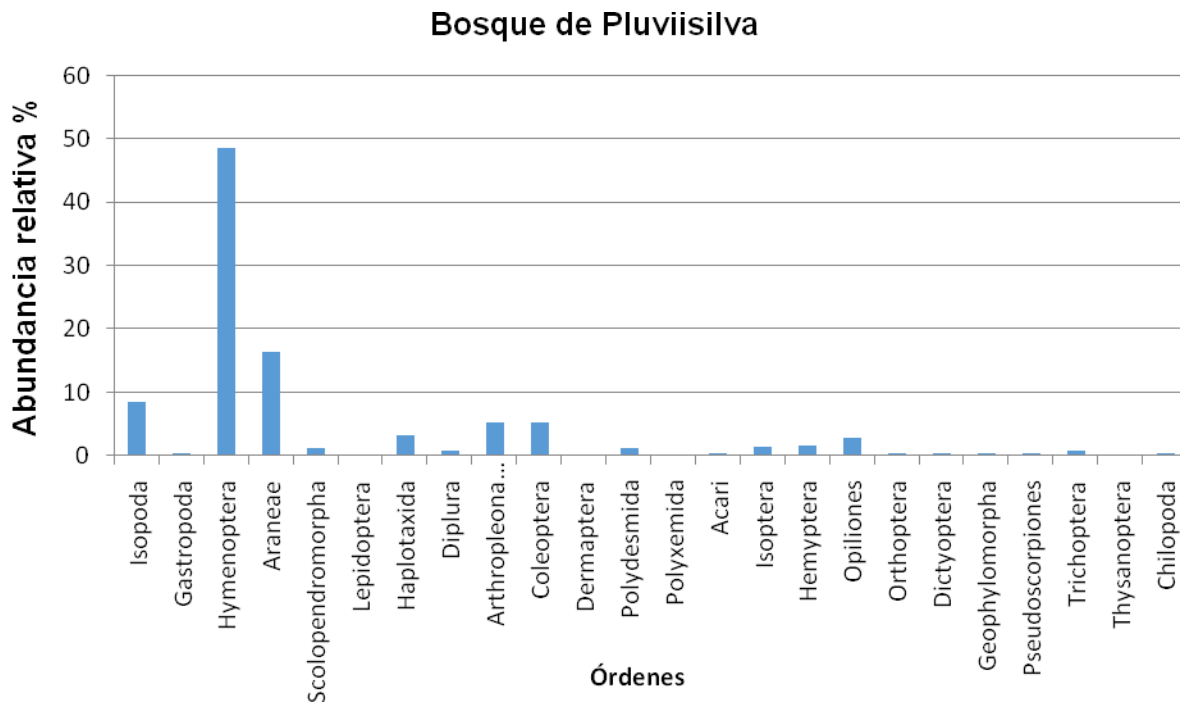
### 4.2.1 Abundancia relativa.

En figura 8 y 9, se muestran los valores de la abundancia relativa de ambas formaciones vegetales relacionado con la macrofauna edáfica colectada en los sitios de muestreo del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte, teniendo en cuenta la escala de (Masson y Bryssnt, 1974), el orden Hymenoptera es considerado como muy abundante 30,73 % para el Pinar y 48,65 % la Pluviisilva, mientras que el orden Araneae califica como abundante para el Pinar con 16,19 % y 16,45 la Pluviisilva, el resto de los órdenes identificados entran en grupo de poco abundante para ambas formaciones.

La abundancia del orden Hymenoptera está dada porque además de su diversidad, tiene gran capacidad de adaptación a diversos ambientes y sus largos ciclos de vida en algunas especies, posibilitan su presencia durante todo el año. Además, algunas especies influyen en la transformación de residuos biodegradables, especialmente la materia orgánica depositada sobre la superficie del suelo, la cual es incorporada al sistema edáfico, a través de los túneles y canales que ellos realizan, lo que facilita la infiltración y aireación del suelo.



**Figuras 8 y 9.** Abundancia relativa por orden en ambas formaciones vegetales



En cuanto al orden Araneae, son varios los estudios realizados en el área y en otras zonas tropicales que resaltan la abundancia de estos depredadores. En el inventario rápido que se realizó en el Parque Nacional Alejandro de Humboldt en el año 2005, se destaca la gran diversidad y abundancia de este orden, se argumenta que están presentes en casi todos los ecosistemas terrestres y ocupan una gran variedad de microhábitats, como debajo de piedras y cortezas de árboles, el suelo, la hojarasca, en el dosel de los árboles, entre otros.

Para el caso de las familias la abundancia relativa recae en el Pinar y el Pluvisilva sobre el orden Hymenoptera (Formicinae con 11.05%, 25.40%, Myrmecinae 17.99%, 24.15%) y Araneae (Lycosidae 12.60%, 13.05%) respectivamente, catalogada las tres como abundante y las restantes familias como poco abundantes (tabla 3).

**Tabla 3.** Valores de la abundancia relativa de las diferentes familias ambas formaciones vegetales.

BOSQUE DE PINAR		BOSQUE DE PLUVIISILVA	
Familias	Abundancia relativa %	Familias	Abundancia relativa %
Formicinae	11,05	Formicidae	25,40
Mirmecinae	17,99	Myrmecidae	24,15
Lycosidae	12,60	Lycosidae	13,05
Vespidae	0,51	Trachelipidae	8,58
Antocoridae	1,03	Scolopocryptopidae	1,25
Cydnidae	2,31	Subulinidae	0,35
Coreidae	1,80	Glossoscolecidae	2,5
Cicadidae	0,77	Lumbricidae	1,07
Afididae	0,26	Parajapydae	1,43
Oniscidae	5,14	Braconidae	0,17
Trachelipidae	1,03	Cosmetidae	3,22
Kalotermitidae	3,08	Entomobryidae	5,01
Coccinellidae	0,77	Scarabaeidae	2,32
Scarabaeidae	0,77	Coccillinidae	0,71
Elateridae	0,51	Platyrrhacidae	1,25
Chrysomelidae	0,26	Siphonotidae	0,35
Staphilinidae	1,29	Prostigmata	0,35
Gryllidae	2,06	Elateridae	1,25
Cosmetidae	3,60	Kalotermitidae	1,43

Braconidae	0,77	Antocoridae	0,89
Campodeidae	2,57	Grillidae	0,35
Blattidae	6,68	Blattidae	0,53
Blaberidae	0,77	Pericoridae	0,71
Aelothripidae	0,51	Chethoniidae	0,35
Thripidae	0,26	Phylopotamidae	0,35
Hidrobiosidae	0,26	Hydrobiosidae	0,35
Hydropsychidae	0,51	Vespidae	0,35
Anthomyiidae	0,26	Afididae	0,17
Subulinidae	1,03	Noctuidae	0,17
Acerenfomidae	0,26	Tenebrionae	0,17
Noctuidae	0,26	Geophilidae	0,35
Isotomidae	1,54	Megascolecidae	0,71
Entomobryidae	0,51	Paradoxosamatidae	0,35
Neobisiidae	0,51	Thripitidae	0,17
Paradoxosomatidae	1,29	Staphylinae	0,17
Siphonotidae	0,51	Carcinophoridae	0,17
Scolopocryptopidae	0,51		
Scolopendridae	2,31		
Sphaerodesmidae	0,51		
Spirobolellidae	0,51		
Carcinophoridae	0,26		
Forficulidae	0,51		
Geophilidae	0,26		
Megascolecidae	0,77		
Glossoscolecidae	1,54		
Lumbricidae	5,91		
Morfoespecie	1,29		
Sin determinar	0,26		

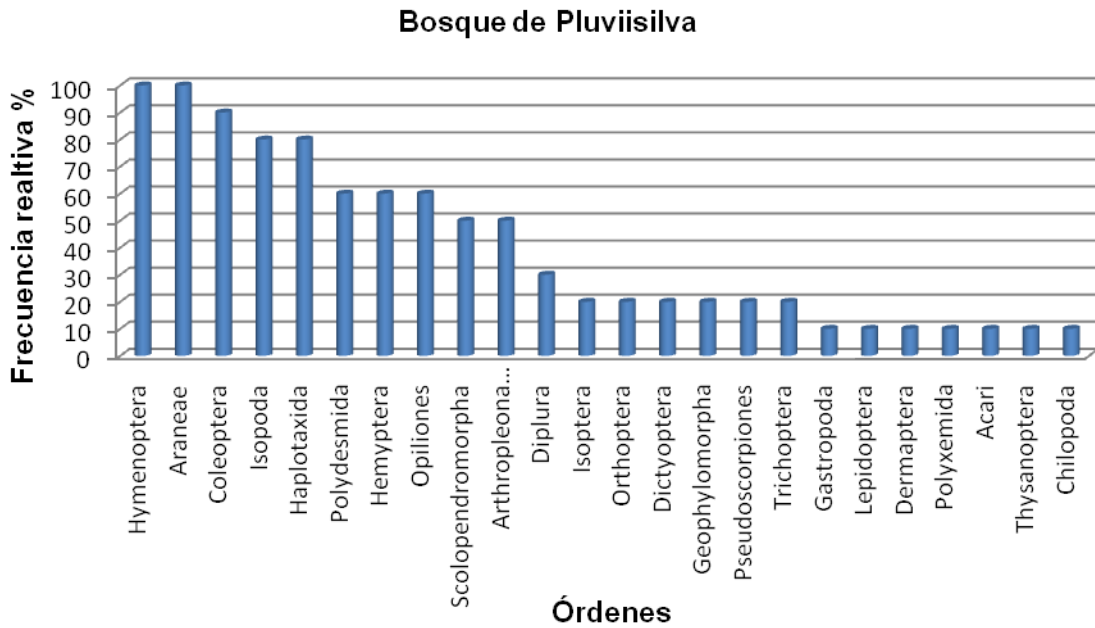
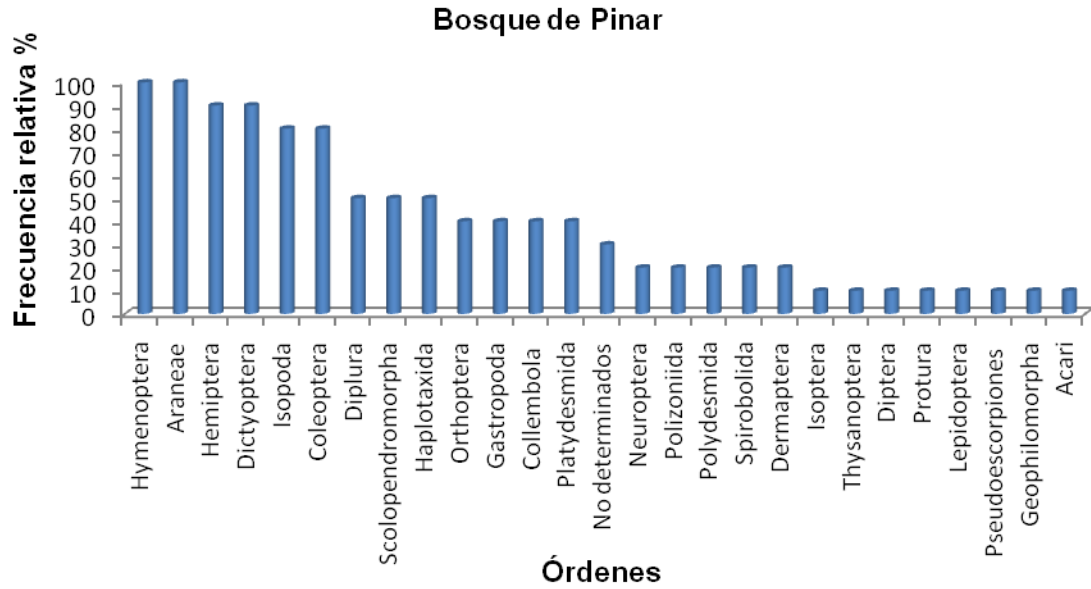
Es importante resaltar que la zona donde se realizó el ensayo fue objeto de explotación para la minería y una porción considerable de las áreas que ocupa el departamento de conservación hoy estuvo bajo la influencia de la explotación forestal, en la década de 1980 – 1990 las actividades forestales cesan definitivamente, Las áreas afectadas en el pasado, en la actualidad están bajo un régimen de reconstrucción y recuperación con resultados satisfactorios en los manejos, que son elemento que pudieran influir en la abundancia de la macrofauna.

#### **4.2.2 Frecuencia de aparición.**

La frecuencia de aparición de los diferentes taxones se presenta en la figura 10 y 11 como se representa en la misma los órdenes más frecuentes fueron Hymenoptera y Araneae con una frecuencia de aparición 100 % al ser encontrados en los 10 monolitos que fueron examinados para cada formación vegetal. También son considerados como muy frecuente en el Pinar los órdenes (Hemiptera, Dictyoptera, Isopoda y Coleoptera) con 90 y 80 % de aparición respectivamente al encontrarse en 9 de los 10 monolitos evaluados, además de los órdenes (Scolopendromorpha, Haplotaxida, Orthoptera, Diplura, Gastropoda, Collembola y Platydesmida) pero a un menor porcentaje, mientras que el resto es clasificado como poco frecuente según escala de clasificación.

En la Pluvisilva son muy frecuentes también los órdenes (Coleóptera 90%, Isopoda, Haplotaxida 80%, Polydesmida, Opiliones 60%, Artheopleona y Scolopendromorpha 50% y Diplura 30%), como frecuentes los órdenes (Isopoda, Orthoptera, Geophylomorpha, Pseudoescorpiones, Thycoptera y Dictyoptera), los demás clasifican como pocos frecuentes según escala de evaluación.

En un estudio realizado por (Serrano, 2010), se caracterizaron las comunidades de macroinvertebrados edáficos de dos formaciones vegetales de Boca de Canasí, La Habana, Cuba, donde se revela que los grupos dominantes son los órdenes Hymenoptera, Isoptera, Araneae e Isopoda independientemente del estrato, de la estación o de la formación vegetal. Hymenoptera, Araneae e Isopoda son más abundantes en el bosque siempre verde mesófilo, mientras que Hymenoptera, Araneae e Isoptera lo son en un bosque uveral.



**Figuras 10 y 11. Frecuencia de aparición de las diferentes unidades taxonómicas de ambas formaciones vegetales.**

La frecuencia de aparición de la macrofauna edáfica está relacionada con el alimento que está a disposición, ellos se derivan de la capa vegetal y de otros animales que recubren el suelo, donde la diversidad poblacional aumenta. Para

el caso de los bosques de evaluación de cerca de 80 años de edad, donde el material vegetal predominante son las acículas, ramas, pedazos de cortezas y troncos, la presencia de arañas (Depredadores) y hormigas (Depredadores, Omnívoros, e Ingenieros del suelo) caracterizan el gran grupo de la macrofauna edáfica.

Según Gómez *et al*, (2016), la macrofauna en ecosistemas naturales, en comparación con los agroecosistemas puede ser diferente, la abundancia, frecuencia y diversidad de la fauna del suelo puede ayudar a asegurar un eficiente reciclaje de nutrientes y un rápido crecimiento de las plantas. El mismo autor plantea que la alta diversidad de poblaciones de macrofauna encontrados en los ecosistemas son de gran importancia benéfica sobre los suelos principalmente porque ayudan a acelerar la descomposición de los diferentes residuos.

Por otra parte (Cabrera-Dávila, 2014), señala a las hormigas para diferentes áreas del trópico, como indicadores de cambios fuertes en el ecosistema debido a su habilidad para sobrevivir a pesar de los disturbios del medio. En este caso coincide con los resultados obtenidos en el estudio.

En cuanto a lo referido a frecuencia de aparición pero teniendo en cuenta a las diferentes grupos de familias se presentan en la tabla 4 donde los mayores resultados se le atribuyen: 100% para el bosque de Pinar las familias (Lycosidae, Myrmesidae) el bosque de Pluvisilva (Lycosidae), aunque clasifican en este grupo también pero con menos porcentaje las familias Blacttidae, Formicidae, Osniscidae, Braconidae, Cynidae, Coroidae, Coccinellidae, Scarabeidae, Staphilinidae, Brillidae, Cosmetidae, Componeidae, Subulinidae, Paradoxosomatidae, Scolopendridae y Megascoleidae) en la formación vegetal de pinar y en la pluvisilva (Formicidae, Myrmecidae, Trachelipidae, Cosmetidae, Platyrrhacidae, Scolopendromorpha, Emtomobrydae, Lumbricoidae, Coccinellidae, Blacttidae, Pericoidae y Antocoridae) .

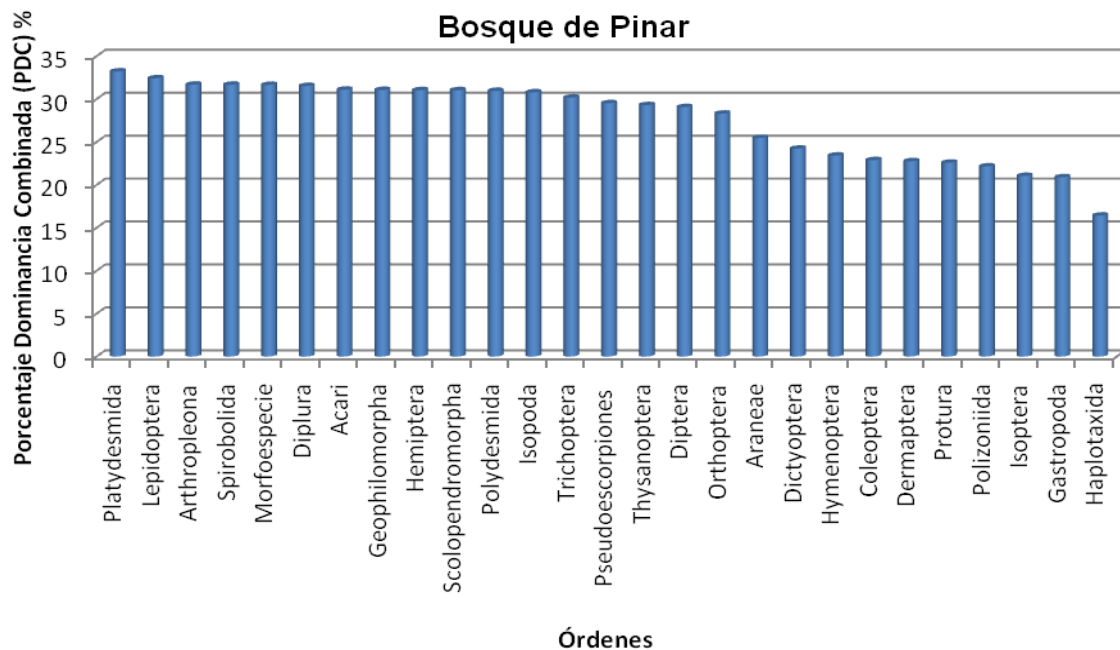
**Tabla 4.** Frecuencia de aparición de los diferentes grupos de familias de ambas formaciones vegetales.

BOSQUE DE PINAR		BOSQUE DE PLUVISILVA	
Familias	Frecuencia aparición %	Familias	Frecuencia aparición %
Mirmecinae	100	Lycosidae	100
Lycosidae	100	Formicidae	90
Blattidae	90	Myrmecidae	80
Formicinae	80	Trachelipidae	70
Oniscidae	70	Glossoscolecidae	70
Cosmetidae	50	Cosmetidae	70
Coreidea	40	Scarabaeidae	70
Gryllidae	40	Platyrhacidae	60
Campodeidea	40	Scolopocryptopidae	50
Subulinidae	40	Parajapydae	50
Paradoxosomatidae	40	Entomobryidae	50
Braconidae	30	Elateridae	50
Cydnidae	30	Lumbricidae	30
Coccinellidae	30	Coccillinidae	30
Scarabaeidae	30	Antocoridae	30
Staphilinidae	30	Blattidae	30
Scolopendridae	30	Pericoridae	30
Megascolecidae	30	Kalotermitidae	20
Morfoespecie	30	Grillidae	20
Vespidae	20	Chethoniidae	20
Antocoridae	20	Hydrobiosidae	20
Cicadidae	20	Vespidae	20
Kalotermitidae	20	Geophilidae	20
Elateridae	20	Subulinidae	10
Blaberidae	20	Braconidae	10
Isotomidae	20	Siphonotidae	10
Entomobryidae	20	Prostigmata	10
Siphonotidae	20	Phylopotamidae	10
Scolopocryptopidae	20	Afididae	10
Sphaerodesmidae	20	Noctuidae	10
Spirobolellidae	20	Tenebrionae	10
Lumbricidae	20	Megascolecidae	10
Familia sin determinar	20	Paradoxosamatidae	10
Afididae	10	Thripitidae	10
Trachelipidae	10	Staphylinae	10
Chrysomelidae	10	Carcinophoridae	10

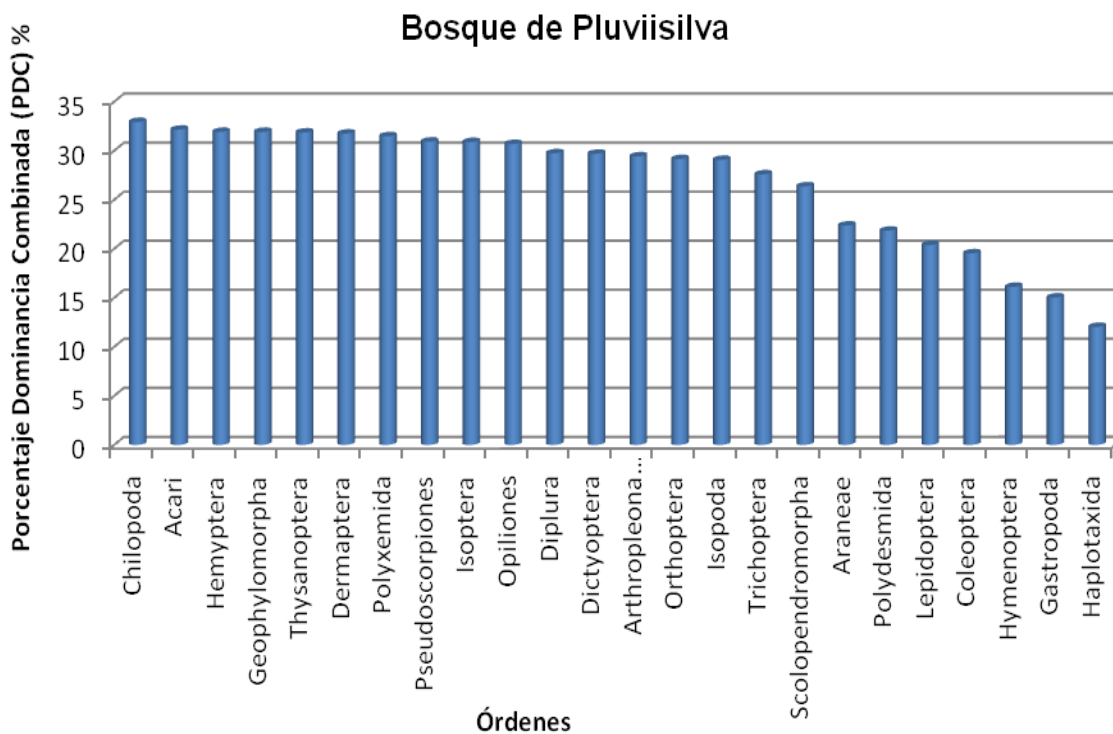
Aelothripidae	10		
Thripidae	10		
Hidrobiosidae	10		
Hydropsychidae	10		
Anthomyiidae	10		
Acerenfomidae	10		
Noctuidae	10		
Neobisiidae	10		
Carcinophoridae	10		
Forficulidae	10		
Geophilidae	10		
Glossoscolecidae	10		

### 4.3 Análisis del porcentaje de dominancia combinada.

Entre las formas o vías de análisis de dominancia de los diferentes grupos de la macrofauna y por ende de su importancia dentro del ecosistema, se sugiere también determinar el porcentaje de dominancia combinada (PDC) (figura 12 y 13), propuesto por (Jesús *et al.*, 1981).



**Figura 12.** Porcentaje de dominancia combinada (PDC) por unidades taxonómicas de la formación vegetal de Pinar.



**Figura 13.** Porcentaje de dominancia combinada (PDC) por unidades taxonómicas de la formación vegetal de Pluviisilva.

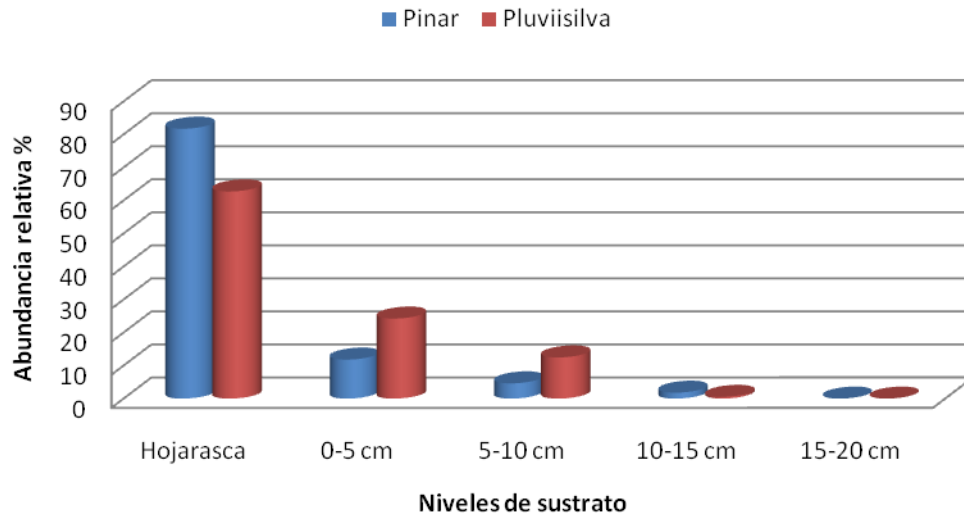
El cálculo del porcentaje de dominancia combinada (PDC) para este estudio arrojó que los órdenes de mayor dominancia dentro de los ecosistemas, se encontraron en el Pinar los órdenes (Platydesmida, Lepidoptera) con 33,21 % y 32,42 % respectivamente y los de menor importancia el orden Haplotaxida con 16,42 %. Para el bosque de Pluviisilva los de mayor dominancia fueron los órdenes (Chilopoda, Acari) con un 32,93 % y 32,14% respectivamente, aunque existen otros con valores muy cercano a estos. Por otro lado, el de menor dominancia es el orden Haplotaxida coincidiendo con el bosque de Pinar pero con un 12,03 % de dominancia.

La dominancia entre los diferentes grupos también fue reflejada por (Barros *et al.*, 2003) y (Walrdle *et al.*, 2006) cuando atribuyeron en su estudios que la mayor diversidad y dominancia de la macrofauna lo obtubieron los Artrópodos en los sistemas de bosques con relacion a pastos sistemas de cultivos en departamento de Rosaralda, Colombia.

#### **4.4. Influencia de las profundidades del suelo en las estructuras y composición de las comunidades.**

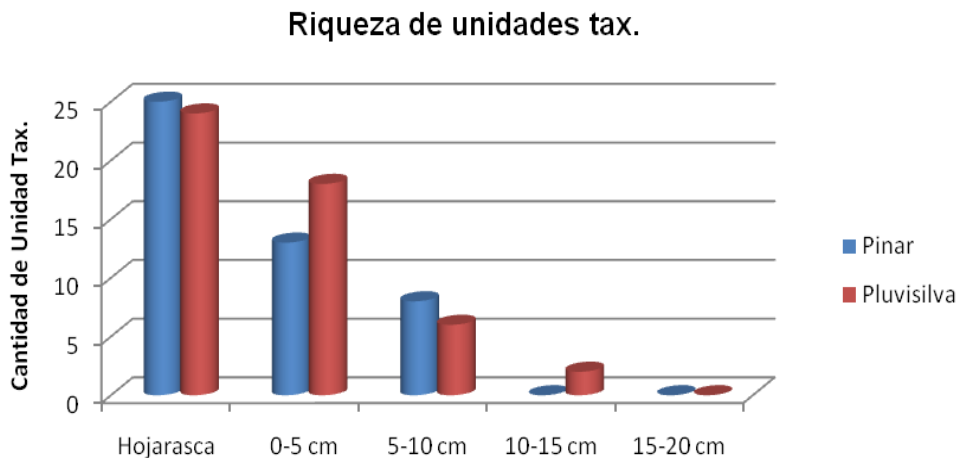
En cuanto a la abundancia relativa por sustrato se representa en la figura 14, solo en la hojarasca la macrofauna edáfica es calificada como muy abundante tanto en el Pinar como en el Pluvisilva al encontrarse al 81,74 % y 62,74% respectivamente de la población total, para el Pinar el estrato de 0-5 cm califica como abundante con 11,82 %, los estratos de 5-10 cm y de 10-15 cm con 4,63 % y 1,80 % como poco abundante, para el Pluvisilva califica como abundantes los estrato 0-5 cm y 5-10 cm, mientras que de 15-20 cm en ambas formaciones no se obtuvo ningún porcentaje por la ausencia de macroinvertebrados, destacándose las familias más representadas (Formicidae, Myrmecidae y Lycosidae).

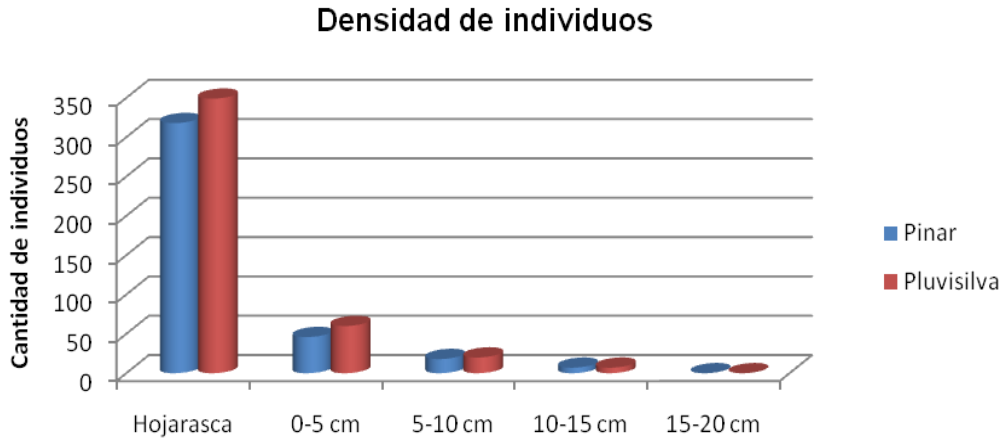
Es notable para ambas formaciones vegetales que la profundidad influye en la composición y riqueza de la macrofauna independientemente que intervienen otros factores.



**Figura 14.** Abundancia relativa de individuos por sustrato de las formaciones vegetales

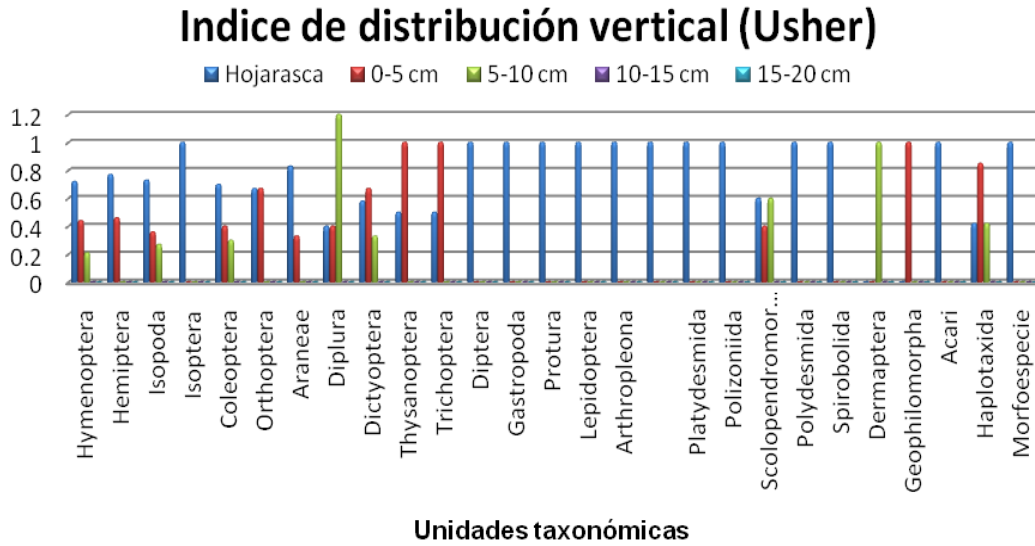
La comparación múltiple de medias no paramétrica (Kruskall-Wallis) y la prueba de Bonferroni (ajuste de la U de Mann-Whitney), demostró que entre las formaciones vegetales, el estrato hojarasca y 5-10 cm no difiere en cuanto a riqueza de unidades taxonómicas. En cuanto a la densidad de individuos se muestra que a medida que se profundiza, varía para ambas formaciones vegetales. Figuras 15 y 16.



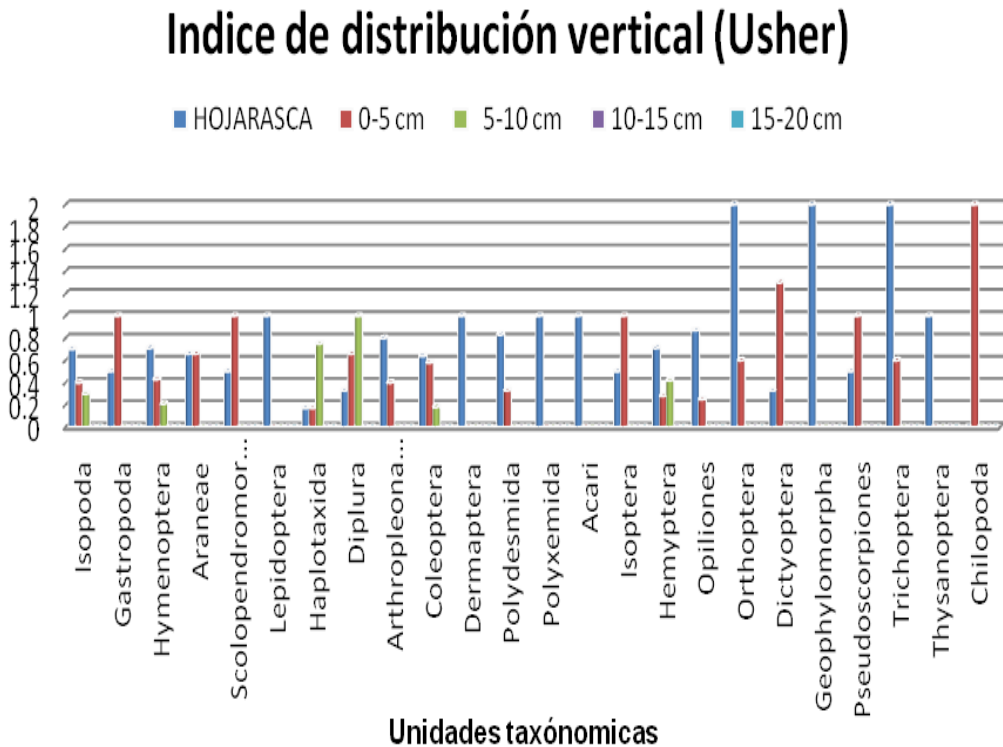


**Figuras 15 y 16.** Comparación de riqueza de unidades taxonómicas y cantidad de individuos entre los niveles de sustratos para cada uno de los ecosistemas.

La distribución dentro del perfil edáfico varía en función de los grupos. De manera general se observa un uso preferencial de la hojarasca en casi todos los grupos con excepción del orden Chilopoda. El índice de Usher (Fig.17 y 18) calculado denota que la distribución dentro del perfil edáfico varía ligeramente entre las formaciones vegetales. Los cambios más notables se observan en el orden Geophilomorpha, Hemiptera, Polidesmida, Dermatera, Isoptera y Thysanoptera.



**Figura 17.** Valoración del Índice de distribución vertical (Usher) de las unidades taxonómicas por profundidades para la formación vegetal de Pinar.



**Figura 18.** Valoración del Índice de distribución vertical (Usher) de las unidades taxonómicas por profundidades para la formación vegetal de PLuvisilva.

Varios autores plantean que la presencia de hojarasca mejora las condiciones edáficas para el desarrollo de los organismos, protegiendo el hábitat en contra del agua y la erosión del viento, las variaciones drásticas en humedad y temperatura, constituyen una fuente de nutrientes y energía de los organismos del suelo propiciando una mayor cantidad de organismos (Sánchez, 2015); (Gómez *et al*, 2016).

La disminución y/o ausencia de la macrofauna edáfica en la medida que se profundizó en los estratos, puede estar dada por las características físico-química de los suelos, sobre todo el contenido de materia orgánica y la presencia de metales que dificulten la presencia de estos. Es importante destacar que en la mayor parte de los monolitos evaluados a partir de los primeros 10 cm del suelo mostraba una estructura compacta y pedregosa que aumentaba según se profundizaba.

Por otra parte, según (Pardo *et al*, 2006), a medida que se profundiza en el perfil del suelo disminuye el contenido de oxígeno y de materia orgánica que proporciona el hábitat y alimento para el desarrollo de la macrofauna, lo que dificulta su presencia en otros niveles aparte de la hojarasca.

Al comparar las formaciones vegetales muestreadas y cada uno de los monolitos evaluados, se puede ver que el espesor de la capa de hojarasca constituye un factor importante que determina la preferencia por este estrato, en algunos casos se encontró menor abundancia y riqueza por la influencia de este factor. Por otro lado, las diferencias en cuanto a la abundancia del número de individuos y la riqueza entre los niveles de profundidad no son significativas entre ambas formaciones, sin embargo existe una tendencia a su disminución en el tercer estrato en cuanto a la riqueza de taxones.

La frecuencia de aparición de unidades taxonómicas por estrato, para ambas formaciones de bosques como se presenta en la tabla 5 y 6, en la hojarasca y de 0-5 cm se encontró una frecuencia de aparición según la escala de clasificación de muy frecuente, frecuente entre 5-10 cm y poco frecuente de 10-15 cm. Lo

que representa que en la medida que se profundizó la frecuencia de aparición fue disminuyendo hasta el punto que a los 15-20 cm de profundidad no se encontró ningún espécimen.

**Tabla 5.** Frecuencia de aparición de las unidades taxonómicas por niveles o estrato encontradas en los diferentes monolitos evaluados del bosque de Pinar

ORDENES	Niveles				
	Hojarasca	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Hymenoptera	x	x	x		
Hemiptera	X	X			
Isopoda	X	X	X		
Isoptera	X				
Coleoptera	x	x	x		
Orthoptera	x	x			
Araneae	x	x			
Diplura	x	x	x		
Dictyoptera	x	x	x		
Thysanoptera	x	x			
Neuroptera	x				
Diptera	x				
Gastropoda	x				
Protura	x				
Lepidoptera	x				
Arthropleona	x				
Pseudoescorpiones	x				
Platydesmida	x				
Polizoniida	x				
Scolopendromorpha	x	x	x		
Polydesmida	x				
Spirobolida	x				
Dermaptera			x		
Geophilomorpha		x			
Acari	x				
Haplotaxida	x	x	x		
No determinados	x				

**Tabla 6.** Frecuencia de aparición de las unidades taxonómicas por niveles o estrato encontradas en los diferentes monolitos evaluados del bosque de Pluvialva.

ORDENES	Niveles				
	Hojarasca	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Isopoda	x	x	x		
Gastropoda	X	X			
Hymenoptera	X	X	X	X	
Araneae	X	X			
Scolopendromorpha	x	x			
Lepidoptera	x				
Haplotaaxida	x	x	x		
Diplura	x	x	x		
Arthropleona (Entomobryomorpha)	x	x			
Coleoptera	x	x	x		
Dermaptera	x				
Polydesmida	x	x	x		
Polyxemida	x	x			
Acari	x				
Isoptera	x	x			
Hemiptera	x	x	x		
Opiliones	x	x			
Orthoptera	x	x			
Dictyoptera	x	x			
Geophylomorpha	x				
Pseudoscorpiones	x	x			
Trichoptera	x				
Thysanoptera	x	x			
Chilopoda		x			

Resultados similares obtuvo (Serrano, 2010), donde la abundancia y la frecuencia de aparición de los individuos es mayor en la hojarasca y el primer estrato de suelo (0-5 cm) en dos formaciones vegetales de Boca de Canasí.

Resultados de este evaluación donde se muestra una tendencia clara a la disminución de la densidad y riqueza de unidades taxonómicas con el aumento de la profundidad en el suelo, están respaldados por una amplia literatura que refiere esta disposición (Villalobos *et al*, 2000); (Fernández, 2001); (Martínez,

2002); (Tapia, 2004); (Rodríguez, 2004), donde los autores afirman que la mayor actividad biológica tiene lugar en los primeros 15 cm del suelo independientemente que existe un consenso general del empleo de las metodologías de muestreo y evaluación.

La alta frecuencia de que macrofauna busca establecerse en la hojarasca y los primeros 10 cm de suelo, se explica porque en estos estratos existe una mayor cantidad y calidad de los recursos y mejores condiciones de temperatura, energía y humedad. También en bosques de Cuba (Martínez y Rodríguez, 1991); (Martínez y Sánchez, 2008); (Rodríguez, 2000) y (Fernández, 2001) observaron un comportamiento similar con lo registrado en este estudio, donde los órdenes Haplotaxida, Hemiptera e Hymenoptera son los grupos más encontrados independientemente de la profundidad.

Entre la hojarasca el segundo 5-10cm y el tercer estrato edáfico 10-15 cm las tendencias generales de distribución de la biota son muy claras y dependen de varios factores del sitio de muestreo como el tipo de suelo, saturación y pedregosidad, el grado de cobertura vegetal y la acumulación de hojarasca.

Al comparar las formaciones vegetales muestreadas se puede ver que las diferencias en cuanto a la abundancia y el número de individuos entre la hojarasca y 0-5 cm de profundidad no son significativas, sin embargo, existe una tendencia a su disminución en el segundo estrato en ambas formaciones vegetales los grupos se ubican a la misma profundidad.

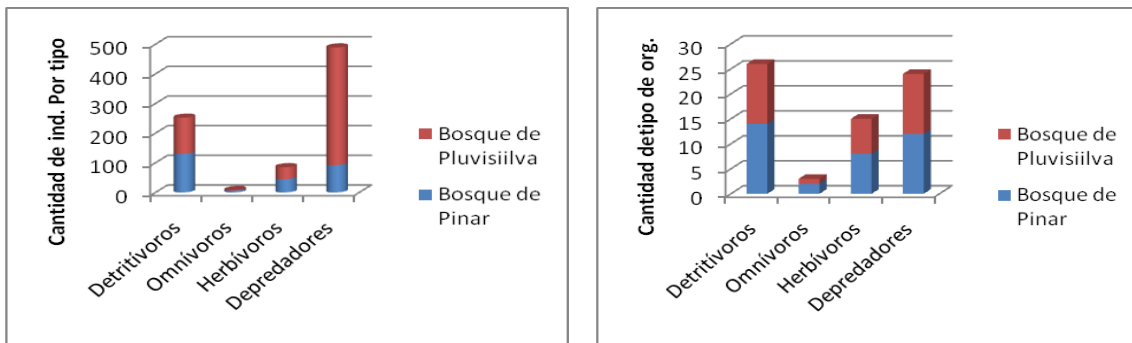
#### **4.5. Evaluación de influencia de la macrofauna en la calidad del suelo.**

La evaluación de la calidad del suelo a partir de la actividad de la macrofauna en el suelo que integra las formaciones vegetales de estudio en el departamento conservación Cupeyal del norte, se obtuvieron como resultados que la calidad es baja para ambas formaciones, independientemente de la importancia y funciones de cada grupo de taxones encontrados. En la tabla 7 se muestra el análisis de la cantidad de tipos de organismos de la macrofauna del suelo y cantidad de individuos por tipo de organismo, por tipos de bosques.

**Tabla 7.** Número de tipos de organismos de la macrofauna del suelo y número de individuos por tipo de organismo, por tipos de bosques.

Organismos de la macrofauna (Orden*, Familia**)	Bosque de Pinar		Bosque de Pluviisilva	
	No. De tipos de organismos	No. De individuos por tipo	No. De tipos de organismos	No. De individuos por tipo
Haplotaxida*		32		18
Isoptera*		12		8
Isopoda*		24		48
Platydesmida*		5		2
Polydesmida*		2		7
PoLyxenida*		2		1
Spirobolida*		1		-
Arthopleona*		8		29
Diplura*, Parajapydae**		10		4
Gastropoda*, Subulinidae**		4		2
Dictyoptera*, Blattidae**		26		2
Dermaptera*, Forficulidae**		2		1
Diptera*, Anthomyiidae**		1		-
Coleoptera*, Tenebrionidae**		-		1
Plotura*		1		-
<b>Total de Detritívoros</b>	<b>14</b>	<b>130</b>	<b>12</b>	<b>122</b>
Dictyoptera*, Blaberidae**		3		-
Hymenoptera*, Vespidae**		3		2
<b>Total de Omnívoros</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Coleoptera*, Elateridae**		2		8
Coleoptera*, Chrysomelidae**		1		-
Coleoptera*, Scarabaeidae**		3		14
Coleoptera*, Coccinellidae**		3		5
Thysanoptera*		3		1
Hemiptera*		24		9
Orthoptera*		8		2
Lepidoptera*		1		1
<b>Total de Herbívoros</b>	<b>8</b>	<b>45</b>	<b>7</b>	<b>40</b>

Coleoptera*, Staphylinidae**		5		1
Araneae*		64		92
Opiliones*		5		16
Pseudoscorpionida*		2		2
Scolopendromorpha*		11		7
Geophilomorpha*		1		2
Acari*		1		2
Trichoptera*		3		2
Dermatera*, Carcinophoridae**		1		-
Hymenoptera*, Formicidae**		43		139
Hymenoptera*, Myrmecidae**		70		133
Hymenoptera*, Braconidae**		3		1
<b>Total de Depredadores</b>	<b>12</b>	<b>92</b>	<b>12</b>	<b>397</b>



**Figura. 19 y 20.** Análisis relativo entre Número de tipos de organismos de la macrofauna del suelo y número de individuos por tipo de organismo, por tipos de bosques.

Según la relaciones del análisis o determinación de indicadores prácticos número de individuos de organismos Detritívoros/número de individuos de organismos no Detritívoros y la relación número de individuos de Lombrices de tierra/número de individuos de Hormigas, para el Pinar arroyo 0,90 y 0,26 y para la Pluvial 0,27 y 0,06 respectivamente, quedando como establece el diagnostico por debajo de 1 que es el rango de esta calidad.

El patrón de las comunidades de lombrices de estas formaciones vegetales coincidió con lo señalado por (Fragoso *et al.*, 1999) para otras comunidades, “cuando la selva natural y las sabanas son convertidas en agroecosistemas, éstas cambian en abundancia, biomasa, número de especies, categorías ecológicas y composición de especies”.

Los sistemas montañosos del departamento de conservación Cupeyal del Norte se caracterizaron por su fragilidad y susceptibilidad a la degradación antropogénica, sin embargo, en algunas regiones quedaron ambientes propicios para la conservación de la biodiversidad, recolonización y multiplicación natural de las especies, además, han permitido la formación y recuperación de áreas biogeográficas o refugios, que hacen necesario comprender los diferentes modelos surgidos a partir de la transformación del paisaje.

Los factores que han permitido la colonización, evolución, distribución y establecimiento de los diferentes grupos de taxones de la macrofauna no son claros, pero hay que tener en cuenta que el equilibrio y desarrollo de estas formaciones vegetales, dependen en gran medida de los grupos taxonómicos y las categorías funcionales que contribuirán a la construcción de indicadores de la calidad – salud del suelo, más confiables y dinámicos, complementando el papel que en el pasado se confió a las propiedades físicas y químicas según estudios de (Doran *et al.*, 1996).

Feijoo *et al.*, (2004) encontró que existe especialización por las especies de macrofauna entre las diversas zonas del suelo, y que además prefieren condiciones de texturas franca, con buena aeración, humedad y bajo porcentaje de compactación del suelo. Esto explica la baja abundancia y riqueza de especies que determinan la baja calidad del suelo en estas formaciones estudiadas, si se tiene en cuenta que las características del suelo que la integran tienen condiciones adversas a lo planteado.

Rodríguez *et al.*, (2002) al estudiar la biomasa y diversidad de macrofauna en distintos tipos de suelos, encontró que los mayores resultados se encontraron para los suelos húmicos y pardos cálcicos, los valores más bajo para los ferralíticos y ferríticos coincidiendo con los resultados obtenidos para este tipo de suelo de la evaluación y que a su vez tiene incidencia en la baja calidad del suelo.

Velásquez *et al.*, (2004) plantea que la macrofauna constituye un indicador viable para determinar la calidad del suelo, ya que puede dar conocimiento acerca del funcionamiento integral del ecosistema avalado por estudios que la macrofauna es muy sensibles y precisa para reflejar el estado de la calidad de los suelos. Por lo general la macrofauna edáfica es muy sensible a las modificaciones ambientales y de esta manera puede afectarse o modificarse la calidad del suelo.

Por otra parte, es notable que el grupo de los Hymenopteros, se encuentran en mayor número y distribuidos en todos los monolitos evaluados, coincidiendo con (Velasquez *et al.*, 2007) y (Serrano, 2012) que independientemente de las funciones de en los ecosistemas ellas se adaptan a cualquier tipo de ecosistemas sin tener en cuenta las perturbaciones que pueden ocasionar cambios a cualquier grupo taxonómico.

Teniendo en cuenta todo este análisis anterior también fueron evaluados otros indicadores que pudieran incidir en la influencia de la macrofauna en la calidad del suelo de las áreas de estudios y que entrarían a formar parte de los indicadores de análisis de la baja calidad del suelo de ambas formaciones vegetales.

#### 4.5.1 Determinaciones de la composición físico-química del suelo presente en las formaciones vegetales.

**Tabla 8.** Resultado del análisis de las muestras de suelo tomada en las formaciones vegetales.

Formación vegetal	pH KCl	Evaluación	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	Evaluación	MO %	Evaluación
Pinar	3,23	Ácido	8,79	Muy bajo	8,12	Alta
Pluvisilva	3,88	Ácido	9,16	Muy bajo	7,38	Alta

Se puede observar en la tabla que para ambas formaciones vegetales el suelo (*Fersialítico Pardo Rojizo (ferromagnesiales)*) se comporta con las mismas características, el PH es ácido, pero con un alto contenido de materia orgánica estableciéndose una relación muy estrecha a nuestro juicio, entre los residuos orgánicos de la vegetación.

Los valores obtenidos muestran diferencia de lo registrado por (Villalobos *et al.*, 2000) los cuales encontraron valores de pH mayores a profundidades intermedias del perfil edáfico y atribuyeron estos resultados al régimen hídrico a que estaba sometido el suelo. Para este caso encontramos en el Pinar que se registran valores de pH ligeramente inferiores a los encontrados en el bosque de Pluvisilva, probablemente como resultado de la descomposición de la hojarasca de la agujas de Pino.

La acidez es un indicador que limita las poblaciones de macrofauna en general, aunque existen grupos claves en los ecosistemas edáficos como las lombrices de tierra que el efecto es mayor y se deprime las tasas de descomposición de la materia orgánica, lo que facilita capas de hojarasca más gruesas que traen consigo la proliferación de los artrópodos (Lavelle *et al.*, 1995).

Los efectos de la mayoría de los factores físicos son variables, indirectos e interdependientes. El efecto acumulativo o combinado de varios factores climáticos y edáficos más que su influencia individual, es el responsable del cambio en el tamaño de las poblaciones. Por tanto, son muy difíciles de detectar correlaciones estadísticamente significativas sobre todo cuando se trabaja a escalas de grandes grupos taxonómicos, ya que la respuesta a los factores abióticos son características de las especies (Lavelle y Spain, 2001); (Decaëns, 2010).

Factores físicos como la compactación se muestra en este tipo de suelo que aumenta según se profundiza, a partir de los 10 cm de profundidad en la mayoría de los monolitos se encontraron fragmento de rocas acompañado de partículas de hierro, corroborado con el análisis de suelos del parque para este tipo (Plan de manejo PNAH). Aunque no se pudo realizar un análisis profundo del suelo de todos los elementos podemos afirmar que este factor incide indirectamente en la distribución y riqueza de la macrofauna y por ende incide en gran por ciento en la calidad del suelo.

## *V. Conclusiones*

- La macrofauna edáfica asociada a las dos formaciones vegetales evaluadas en el Departamento de Conservación Cupeyal del Norte está representada por 55 familias, 28 órdenes pertenecientes a tres subphylum (Crustacea, Cheliceriformes y Myriapoda) y los phylum Annelida y Arthropoda.
- Los órdenes más frecuentes y abundantes fueron Hymenoptera y Araneae, mientras que los taxones más dominantes fueron en el Pinar los órdenes (Platydesmida, Lepidoptera) y en la Pluvisilva los taxones (Chilopoda, Acari).
- El análisis de la influencia de las profundidades del suelo en las estructuras y composición de las comunidades, demostró la afinidad por la hojarasca en ambas formaciones vegetales y la disminución gradual de las especies según se profundiza.
- La correlación entre la macrofauna encontrada influye negativamente en la calidad del suelo de ambas formaciones vegetales del Departamento de Conservación del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

## *VI. Recomendaciones*

- Continuar los muestreos en esta localidad de forma regular, donde se evalúen otros criterios con el fin de esclarecer la relación más clara existente entre la comunidad de macroinvertebrados del suelo y el bosque.
- Extender el estudio a formaciones vegetales similares, en igual y diferente estado de conservación con el objetivo de profundizar en la posible función bioindicadora de las comunidades edáficas.

## *VII. Bibliografía.*

1. Álvarez y Mercadet, (2011) El sector forestal cubano y el cambio climático. La Habana. Cuba.
2. Anderson, J. M. y Ingran J. S. I (1993). Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. CAB International. Reino Unido. p. 221.
3. Arequipa, A. (2017). Bioindicadores para la determinación de la calidad del suelo en la microcuenca de La Quebrada. Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera: Ingeniería Agronómica. 70pp.
4. Aubrift, L. (2010). Macrofauna invertebrada edáfica em pastagem com pastoreio rotativo sob diferentes preparos orgânicos em condições subtropicais no sul do Brasil.
5. Barrantes, G.; Chaves H.; Vinuesa. M. (2001). El bosque en el Ecuador. Una visión transformada para el desarrollo y la conservación. Institutos de políticas para la sustentabilidad, GTZ y Comafors. Quioto, 79 pp.
6. Barros, E.,A. Neves, E. Blanchart, C. M. Fernández y P. Lavelle (2003) Developmen of the soil Macrofauna community under silvopastoral and agrosivicultural sisten in Amazonia. Pedobiologia 47: 273- 280.
7. Berazaín, R. (2011). Flora y Vegetación Cubana.
8. Berovides, V.; Gerhartz, L. J. (2009). Divulgación Científica. Diversidad de la Vida y su conservación. Ed. Científico – Técnica, 99p.
9. Blakemore, R. J. (2005). Introductory key to revised earthworm families of the world. En: A Series of Searchable Texts on Earthworm Biodiversity, Ecology and Systematics from Various Regions of the World (N. Kaneko y M.T. Ito, Eds.).

10. Brown, G. G.; Pasini, A.; Benito, N. P.; De Aquino, A. M. y Fernández, M. E. (2001a): Diversity and functional role of soil macrofauna communities in brazilian no-tillage agroecosystem: a preliminary analysis. International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. Montreal, Canada. Embrapa (Ed.). 20pp.
11. Brown, G. G.; Rojas, P.; De Aquino, A. M. (2001b): Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zool. Mex. (ns). Número especial 1: 79-110.
12. Brown, G.; Fragoso, C.; Barois, I.; Rojas, P.; Patrón, J.; Bueno, J.; Moreno, A.; Lavelle, P.; Ordaz, V. y Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos.
13. Cabrera Dávila, G. y Hernández, A. (2008). Conocimiento actual del orden Isoptera (Insecta) en Cuba. Cocuyo 17: 16-25.
14. Cabrera -Dávila, G.; Rodríguez, C. y Martínez, M. A. (2007). La macrofauna del suelo en sistemas agroecológicos en Cuba. Brenesia, 67: 45-57.
15. Cabrera Dávila, G.; Socarrás, A.; Gutiérrez, E.; Tcherva, T.; Martínez, C. y Lozada, A. (2017). Fauna del suelo. Pp. 254-283. En: Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas (C. A. Mancina y D. D. Cruz, Eds.). Editorial AMA, La Habana, 502 pp.
16. Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Rev. Pastos y Forrajes, Vol. 35, No. 4, octubre-diciembre, 349-364.
17. Cabrera, G.; Robaina, N. y Ponce de León, D. (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. Rev. Pastos y Forrajes, Vol. 34, No. 3, julio-septiembre, 313-330.

18. Cabrera-Dávila, G. (2014). Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba.
19. Capote, R. y Berazaín, R. 1984. Clasificación de las Formaciones Vegetales de Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 5 (2): 26-37.
20. Cenbio. (1997). Estudio de la Diversidad Biológica de Cuba; Centro Nacional de Biodiversidad del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana.
21. Chocobar, E. (2010). Edafofauna como indicador de calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis de Maestría. 76pp.
22. Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo, un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo, España, 416.
23. CTMA. (2010). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
24. De la Rosa, I. Y S. Negrete. (2012). Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 201-215.
25. De Matos, M. (2009). Aplicación y selección de indicadores de calidad ecológica en la utilización de fertilizantes orgánicos para la producción de forraje. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Biología Celular y Ecología. 200pp.
26. Decaëns, T. (2010): Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*. 19: 287–302
27. Delfín, M. (2014). Estructura y diversidad de la flora leñosa en un bosque pluvisilva de baja altitud, Área de Manejo Majagual, Parque Nacional Alejandro de Humboldt. En opción al Título de Ingeniero Forestal. 71pp.
28. Delgado, G.; Burbano, A. y Silva, P. A. (2011). Evaluation of the macrofauna of the soil associated to different systems with coffee *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas Volumen XXVIII No.1* Pags.

- 91-106. desarrollo de la actividad de aprovechamiento forestal en Cuba. *Revista Forestal Baracoa*. Vol. 1(1) 2004. ISSN: 0138 – 6441.
29. Diaz, S.; Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16 (11): 646-655.
30. Diaz, S.; Fargione, J.; Chapin, F.; Tilman, D. (2006). Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. *Plos Biology* 4 (8):1300-1305.
31. Diaz, S.; Lavorel, S.; Chapin III, F.; Tecco, P.; Gurvich, D.; Grigulis, K. (2007). Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. En *Terrestrial ecosystems in a changing world* (eds. Canadell, J.; Pitelka, L. F. y Pataki, D.). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 81-91 p.
32. Doran J. W. y T. B. Parkin (1996): Defining and assessing soil quality. EN: J. W., Doran, D.C. Coleman B. A. Stewart. Defining soil quality for a sustainable environment. PP 3-21 Soil Science Society of America, Publication 35. Madison, Wisconsin.
33. Escobar, A.; Bartolomé, J. y González, N. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*. Año 6 | N° 22 | Abril-junio.
34. FAO. (2011). Situación de los bosques del mundo. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Roma, Italia. 157p
35. Feijoo, A.; M. Zúñiga; H. Quintero Y P. Lavelle. (2007). Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 30 (2): 235-249.
36. Feijoo, M. A., H. Quintero, C. Frago y A. G. Moreno, (2004): Patrón de distribución y listado de especies de Lombrices de tierra (Annelida y Oligochaeta) en Colombia. *Acta Zool. México* 20(2): 197-220

37. Fernández, R. (2001): Lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de un bosque secundario: Composición taxonómica y evaluación ecológica. Tesis de Diploma. Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba. 48pp
38. Fong, G. A.; Maceira, D. F.; Alverson, W. S. y Shopland J. M.; eds. (2005). Cuba: Siboney – Juticí. Rapaid Biological Inventories Report 10. The Field Museum, Chicago, 2005.
39. Fragoso, C. y Rojas-Fernández, P. (1994). Earthworms from Southeastern Mexico. New Acanthodrilina genera and species (Megascolecidae, Oligochaeta). *Megadrilogica* 6: 1-12.
40. Fragoso, C.; Lavelle, P.; Rojas-Fernández, P. (1999): Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. En: P. Lavelle, L. Brussaard, P. F. Hendrix (Eds). *Earthworm management in tropical agroecosystems*. CAB International, Wallingford, UK. 27-55.
41. Galindo-Leal, C.; Jacobsen, T.; Langhammer, R.; y Ollivri, S. (2003). State of hotspots: the dynamics of biodiversity loss. En C. Galindo-Leal e I. Gusmao Camara (Eds.), *The Atlantic forest of South America. Biodiversity status, threats, and outlook*, (pp.12-23). Center for Applied Biodiversity Science at Conservation International. Washington-Covelo-London: Island Press.
42. García, L. (2015). Orden Isopoda: Suborden Oniscidea. *Rev. IDE@ - SEA*, nº 78: 1–12.
43. Gelvez, I. (2008). Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de la hojarasca y grupos funcionales microbianos (Cuenca del Río La Vieja, Quindío). Trabajo de Grado. Presentado como requisito parcial para optar el título de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria. 79pp.
44. Gómez, D.; Godoy, M. y Coronel, J. (2016). Macrofauna edáfica en ecosistemas naturales y agroecosistemas de la eco-región Esteros del

- Iberá (Corrientes, Argentina). Cienc. suelo vol.34 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
45. González, R. y López, R. (1987). La macrofauna de la hojarasca y del suelo de algunos ecosistemas forestales de Cuba. Reporte de Investigación, Instituto de Zoología. 46:1.
  46. González, R., y A. Herrera (1984): Composición de la macrofauna que habita en la hojarasca de una plantación de majagua (*Hibiscus elatus* SW.) en Cuba. Poeyana. 268:1-18.
  47. Gutiérrez, D. (2016). Efecto de labranzas y mejorador orgánico en la cuantificación y abundancia de la mesofauna en un suelo franco arcilloso. Presentada como requisito parcial para obtener el título de: Ingeniero.
  48. Hopper, D. U; Chapin, F. S; Ewel, J. J; Hector, A; Inchausti, P; Lavorel, S; Lawton, J. H; Lodge, D. M; Loreau, M; Naeem, S; Schmid, B; Setälä, H; Symstad, A. J; Vandermeer, J; Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs 75(1):335. [http://www.biom.unifreiburg.de/Aktuelles/Eroeffentlichungen/Downloads/valor de importancia.pdf](http://www.biom.unifreiburg.de/Aktuelles/Eroeffentlichungen/Downloads/valor%20de%20importancia.pdf) consultado el 22/05/2012.
  49. Ibañez, J. (2007). Funciones de los organismos del suelo. Obtenido 07 25 2015 de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/25/62254>.
  50. IBOY. International Biodiversity Observation Year. 2001-2002 (active june 2005). Print vs. The internet: Project Soil Macrofauna: Endangered resource in a changing world. <http://www.bondy.ird.fr/lest/IBOY>.
  51. Ingeniería Departamento de Maquinaria Agrícola. 46pp.
  52. INICA. (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología. Jornada de Puertas Abiertas. Tacuarembó, 19 Pp.
  53. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (2001): Los suelos: Estabilidad, productividad y degradación. En: Pablo

- Leiva (eds), El medio ambiente en Colombia. Santafé de Bogotá. 229-277pp.
54. Jesús, J.B., A.G. Moreno, y D. J. Díaz Cosín (1981): Lombrices de tierra de la Vega de Aranjuez (España). I Asociaciones. Rev. Ecol. Biol. Sol., 18 (4):507-519.
55. Jones, C. G.; Lawton J. H. y Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69:373–386.
56. Jozineudo, F.; Miranda, C.; Silva, J.; Fernandes, M. y Cascon, P. (2014). Caracterização da macrofauna edáfica na interface solo-serapilheira em uma área de Caatinga do nordeste brasileiro. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.10, n.19; p. 2964.
57. Kaimowitz, D. (2002). Las causas subyacentes de la deforestación en el trópico. En M.R. Guariguata, y G.H. Kattan (Eds.), *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales* (pp.597). Libro universitario regional. San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
58. Koleff, P.; Gaston, K.J. y Lennon, J.J. (2003). Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*. 72: 367-382.
59. Labrada, O. (2014). Acciones para el manejo de especies leñosas en un bosque pluvisilva de baja altitud, área de manejo Majagual. En opción al Título de Ingeniero Forestal. 67pp.
60. Lambert, N. (2012). Propuesta de manejo de especies leñosas en un bosque pluvisilva submontano, en el Sector Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH). En opción al Título de Ingeniero Forestal. 60pp.
61. Larramendi y G. Begue, (2013). Edición Polymita Parque Nacional Alejandro de Humboldt. La naturaleza y el hombre. PP 40.
62. Lavelle, P. (1997). Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24: 93-132.

63. Lavelle, P. (2000). Ecological challenges for soil science. *Soil Sciences*. 165:73.
64. Lavelle, P. y Spain, A. V. (2001): *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Boston. 654pp.
65. Lavelle, P.; Bignell, D.; Lepage, M.; Wolters, V.; Roger, P.; Ineson, P.; Heal, O. W. and Dhillon, S. (1997). Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33, 159–193.
66. Lavelle, P.; Blanchart, E.; Martin, A.; Spain A. V.; y Martin, S. (1992). Impact of soil fauna on the properties of soil in the humid tropics. En: S. Segoe (eds), *Myths and science in soil of the tropics*. Special publication. Soil Science Society of America (SSSA), Madison, Wi, Estados Unidos. 157-185.
67. Lee, K. E. y Foster, R. C. (1991): Soil fauna and soil structure. *Aust. J. Soil Res.* 29:745.
68. Lema, N. (2016). "Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelo en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug". trabajo de titulación. Presentada como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniera Agrónoma. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. 163pp.
69. Ley 85, Ley Forestal 1998, De los Incentivos a la Actividad. Forestal – Medioambiente. Disponible: <http://www.medioambiente.cu/legislacion/L-85.htm>. Consultado 20/abril/2015.
70. Linden, D.; Hendrix, P.; Coleman, D. and Van Vliet, P. (1994). Faunal indicators of soil quality. *Soil Science Society of America*. Special publication. J. 35, 91-110.
71. Lobry de Bruyn, L. A. y Conacher, A. J. (1990): The role of termites and ants in soil modification. *Aust. J. Soil Res.* 28:55-93.

72. López, A. (2014). Diversidad florística de especies leñosas en un bosque pluvisilva de baja altitud (estudio de caso), Área de Manejo Majagual, Departamento Conservación Cupeyal del Norte. En opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Holguín. "Oscar Lucero Moya". 76pp.
73. Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. p. 179.
74. Manet, I. (2013). Caracterización de la biodiversidad de especies florísticas en bosques naturales en la Reserva Ecológica Hatibonico.
75. Marrero, L. A. (2006). Entomofauna asociada a variedades de soya (*Glicini max L*): Nocividad, fluctuación poblacional y Enemigos naturales de los complejos fitófagos de mayor interés agrícola. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícola. UNAH.
76. Martín, J.; González, J.; Díaz, S.; Castro, I.; García, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: El papel de la diversidad funcional. Asociación Española de Ecología Terrestre. Ecosistemas 16 (3):69-80.
77. Martínez, M.A. (2002): Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba. [inédito]. Tesis de doctorado, Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Ciudad de la Habana, Cuba.
78. Masson, A. y Bryssnt, S. (1974). The Structure and diversity of the animal communities in broats lands reeds warp. J Zool; 179: p. 289-302.
63. Melic, A. (2015). Introducción a la Clase Diplopoda. Órdenes Polyxenida, Polyzoniida, Platydesmida y Siphonocryptida. Rev. IDE@-SEA, nº 23: 1- 18.
79. Mateos, E. (1992): Colémbolos (Collembola: Insecta) edáficos de encinares de la Serra de l´Ova y de la Serra de Prades (Sierra prelitoral catalana). Efecto de los incendios forestales sobre estos artrópodos. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de

- Biología.Mecánico Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
80. Melic, F. V; Brown, G. G; Constantino, R; Louzada, J. N. C; Luizão, F. J; Morais, J. W; Zanetti, R. A. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. Boletim Informativo da SBCS, jan- abr. (2015) Disponível em <http://sbcs.solos.ufv.br/solos/boletins/biologia%20macrofauna.pdf>.> Acesso em: 15.
81. MINAG, (2009) Comportamiento del área cubierta de bosques. Dirección Nacional Forestal. Departamento de Ordenación Forestal.
82. Morales, E.; Miguel, R.; Vásquez, A.; Barrientos, M.; Gutiérrez, D.; y Altamirano, C. (2014). Análisis de la diversidad de la macrofauna edáfica por estratos en dos usos de suelo en San Lorenzo Ometepc, Puebla. Entomología Mexicana, 1: 514– 518.
83. Morán, J. y Alfaro, F. (2015). Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de Moringa oleifera Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA. Trabajo de graduación para optar al Título de Ingeniero Forestal. 46pp.
84. ONE, (2014). Anuario estadístico de cuba y sus territorios. La Habana. Versión digital.
85. Osorio, Y. (2013). Estructura y diversidad de la flora leñosa en un bosque pluvisilva submontano, Sector Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH). Tesis de Maestría. Universidad de Pinar del Río. “Hermanos Saíz Montes de Oca”. 63pp
86. Pardo, L.; Claudia, P.; Vélez, F. y Sevilla, E. (2006). Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los andes colombianos. Universidad del Valle, Investigación desarrollada con la orden de trabajo 5102 del Grupo Empresarial Sostenible CVC. Editado para publicación en el marco de la disertación doctoral en Biología, pp12.

87. Pérez, C. A.; y Laurance, W. F. (2006). Synergistic effects of simultaneous environmental changes. En W. F. Laurance y C. A. Pérez (Eds.), *Emerging threats to tropical forests* (pp.81-86). Chicago, London: The University of Chicago Press.
88. Pérez, Y. (2017). La entomofauna asociada a un bosque de *Pinus cubensis* G. en áreas del departamento de conservación Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro Humboldt. En opción al Título de Ingeniero Forestal.
89. Petckey, O. L; Gaston, K. J. (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9:741-758. 74. Prieto, D. y Rodríguez, C. (1996). Índices de agregación de los invertebrados de la hojarasca en un bosque siempre-verde de la Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rosario, P. Río, Cuba. Análisis comparativo. *Revista Biología* 10: 27-35.
90. Prieto, D., C. Rodríguez y M. M. Vázquez (1997) La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y sus recursos faunísticos del suelo. *AvaCient.* 7(20):13-17.
91. Reyes, O. J. y Acosta, F, (2005). *Rapid biological inventories*, vol 14. Vegetación, 54pp.
92. Righi, G. (1995). Colombian earthworms, *Studies on Tropical Andean Ecosystems* 4: 485-607.
93. Rodríguez, C. (1999). Lombrices de tierra (Oligochaeta: Moniligastrida y Haplotaxida) de Cuba. [Inédito]. Tesis doctoral. Dpto. de Biología Animal y Humana. Facultad de Biología. Universidad de La Habana, La Habana, 90 pp. Rodríguez, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Revista Biología* 14(2): 147-155.
94. Rodríguez, C. (2000): Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Biología.* 14(2):147-155.

95. Rodríguez, C., y M.A Martínez (2001): Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) del desagüe de una vaquería en áreas de pastizales en Cuba. *Biología*. 15(1):37-44.
96. Rodríguez, I. (2004): Insectos asociados al suelo en un transecto geográfico del Bosque municipal de Mariquita (Tolima). Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 53pp.
97. Rodríguez, I.; Crespo, G.; Morales, A.; Calero, B.; y Fraga, S. (2011). Comportamiento de los indicadores biológicos del suelo en unidades lecheras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 45, Número 2.
98. Rodríguez, I.; G. Crespo; V. Torres; S. Fraga; A.A, Socarras; M. Rodríguez; S. Sánchez Y M. Milera. (2008): La biota del suelo y su papel en la sostenibilidad de los sistemas. Parte III. Reciclaje de nutrimentos y papel de la fauna asociada. En: M. Milera (Ed.). Andrés Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. La Habana. Cuba. p. 281-315.
99. Rodríguez, I.; Morales, A.; Calero, B. (2002). Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con *Leucaena* para la ceba de toros. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 36 (2):181.
100. Romero, D. (2017). "Evaluación de la macrofauna en el suelo de las chacras familiares en la comunidad Fakcha Llakta". Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Artículo Científico.
101. Romero, O. (2011). Estructura y diversidad de la flora leñosa en un bosque pluvisilva de baja altitud, Área de Manejo Majagual, Parque Nacional Alejandro de Humboldt. En opción al Título de Ingeniero Forestal. 71pp.
102. Rousseau, L.; S. J. Fonte; O. Tellez; R. Vander Hoeky P. Lavelle. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27: 71-82.

103. Ruiz, D. (2007). Comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso de la tierra en la parte media de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). Tesis en opción al grado de master en Zoología y Ecología Animal. Universidad de la Habana. Facultad de Biología. 95pp.
104. Ruiz, N. (2004): Mise au point d'un systeme de bioindication de la qualite du sol base sur l'etude des peuplements de macroinvertebres. Paris. Tesis de doctorado Universite Pierre Et Marie Curie. 289 pp.
105. Ruiz, N.; J. Mateu ; L. Celini ; C. Rollardt ; G. Hommay ; E. Lorio Y P. Lavelle. 2011. IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. Soil Biology & Biochemistry, 43: 2032-2045.
106. Sablón, A. M. (1986). Dendrología. La Habana: Cuba
107. Sánchez, J. (2015). Biología del suelo. Obtenida 08 10 2015 de Microfauna del suelo: <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/microbiología/microfauna-y-mesofauna-del-suelo>.
108. Sánchez, S. y Reinés, M. (2001). Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. Rev. Pastos y Forrajes Vol. 24, No. 3.
109. Sánchez, S. y Reyes, F. (2003). Estudio de la macrofauna edáfica en una asociación de Morus alba y leguminosas arbóreas. Pastos y Forrajes. 26:315.
110. Sánchez, S.; M. Milera; M. Hernández; G. Crespo Y L. Simón,(2008). La macrofauna y su importancia en los sistemas de producción ganaderos. Parte III. Reciclaje de nutrientes y papel de la fauna asociada. En: M. Milera (Ed.). Andrés Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. La Habana. Cuba. p. 316-348.
111. Scherr, S. (2003). Hambre, Pobreza y Biodiversidad en Países en Vías de Desarrollo. Documento presentado en la Cumbre de Acción de México, México. D.F., 2-3 de junio de 2003.

112. Serrano, A. (2010). Estructura y dinámica de la comunidad de macroinvertebrados edáficos en dos formaciones vegetales de Boca de Canasí, La Habana, Cuba. Tesis en opción al Título Académico de Master en Zoología y Ecología Animal. 75pp.
113. Silicuana, N. (2017). Evaluación de la fertilidad del suelo en parcelas con sistemas agroforestales en zona semiárida en la provincia Tapacari- Cochabamba. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica. 122pp.
114. Suárez, J.; Duran, E. y Rosas, G. (2015). Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana. Rev. Acta Agron. 64 (3) p 214-220.
115. Swift, M. J.; Heal, W. y Anderson, J. M. (1979): Decomposition in terrestrial ecosystems. University of California Press, Berkeley, USA.
116. Tapia, S. (2004). Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia peruana. Manaus. Tesis de doctorado. Instituto nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)-Universidad Federal do Amazonas (UFAM).135pp.
117. Tavares, T. (2015). Estudo da diversidade da macrofauna edáfica em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Corumbataí do Sul – PR.
118. Usher, M.B. (1975): Some properties of the aggregation of soil arthropods: Cryptostigmata. Pedobiologia.15:355-374.
119. Velásquez, E. (2004): Bioindicadores de calidad del suelo basado en las poblaciones de Macrofauna y sus características funcionales del suelo. Palmira. Tesis doctoral Universidad Nacional de Colombia. 183 pp.
120. Velásquez, E; Lavelle, P; y Andrade, M. 2007. GIQS: a multifunctional indicator of soil quality. Soil Biol. Biochem. 39:3066 - 3080.

121. Vidal, A. (2004). Consideraciones acerca del estado actual perspectivo del desarrollo de la actividad de aprovechamiento forestal en Cuba. Revista Forestal Baracoa. Vol. 1(1) 2004. ISSN: 0138 – 6441.
122. Villalobos, F. *et al.* (2000): Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea mais* durante la fase postcosecha en “La Mancha”, Veracruz, Mexico. Acta Zool. Mex (n.s.) 80:167-183.
123. Wallwork, J. A. (1970). Ecology of Soil Animals. McGraw-Hill Publishing Company Ltd. (Ed). 283pp.
124. Wordle, D. A. Yeates, G. Barker, K. Bonner, (2006): The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity. Soil Biol. And Biochemistry 38: 1052-1062.
125. Zerbino, S; Altieri, N; Morón, A; y Rodríguez, C. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. Agrociencia 12:(1)44 - 55.

## VIII. Anexos.

**ANEXO. 1** Resultados encontrados de cantidad de unidades taxonómicas y cantidad de individuos en el levantamiento de parcelas o monolitos bosque de Pinos.

<b>Ordenes</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>Total</b>
Hymenoptera	16	8	8	8	21	8	8	19	15	7	<b>118</b>
Hemiptera	3	3	5	1	1	5	3	2	0	1	<b>24</b>
Isopoda	6	5	3	1	2	2	1	0	0	4	<b>24</b>
Isoptera	0	7	0	5		0	0	0	0	0	<b>12</b>
Coleoptera	0	0	2	1	2	1	3	2	1	2	<b>14</b>
Orthoptera	0	0	3	1	0	0	1	3	0	0	<b>8</b>
Araneae	4	11	5	3	8	8	2	9	2	11	<b>63</b>
Diplura	1	4	0	0	0	0	2	0	3	0	<b>10</b>
Dictyoptera	5	4	0	2	4	1	5	3	1	4	<b>29</b>



Isoptera	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	<b>8</b>
Hemiptera	0	0	2	1	1	2	2	1	0	0	<b>9</b>
Opiliones	0	0	2	1	4	3	2	4	0	0	<b>16</b>
Orthoptera	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	<b>2</b>
Dictyoptera	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	<b>2</b>
Geophylomorpha	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	<b>2</b>
Pseudoscorpiones	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	<b>2</b>
Trichoptera	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	<b>4</b>
Thysanoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
Chilopoda	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	<b>2</b>



Forficulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Geophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Megascolecidae	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
Glossoscolecidae	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
Lumbricidae	0	0	20	0	0	0	3	0	0	0	23
Morfoespecie	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	5

**ANEXO. 4** Relación de cantidad familias encontradas en el bosque de Pluvisilva.

<b>Familias</b>	Pt 1	Pt 2	Pt 3	Pt 4	Pt 5	Pt 6	Pt 7	Pt 8	Pt 9	Pt 10	Total
Trachelipidae	3	18	2	0	4	4	7	0	10	0	48
Subulinidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Braconidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lycosidae	1	18	14	4	6	11	10	3	2	4	73
Scolopocryptopidae	2	1	1	0	2	0	0	1	0	0	7
Formicidae	96	4	2	3	0	7	4	12	11	3	142
Glossoscolecidae	3	3	3	2	0	1	1	1	0	0	14
Lumbricidae	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	6
Parajapydae	1	1	0	0	2	3	0	0	0	1	8
Myrmecidae	0	2	9	3	8	45	6	0	58	4	135
Cosmetidae	2	0	2	1	4	3	2	4	0	0	18
Entomobryidae	0	12	1	2	0	0	0	3	10	0	28
Scarabaeidae	0	1	0	0	1	5	2	1	2	1	13
Coccillinidae	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	4
Platyrhacidae	0	1	0	1	1	1	0	2	0	1	7
Siphonotidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Prostigmata	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Elateridae	0	1	0	1	1	3	0	0	1	0	7
Kalotermitidae	0	0	2	0	6	0	0	0	0	0	8
Antocoridae	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	5
Grillidae	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
Blattidae	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
Pericoridae	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	4
Chethoniidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Phylopotamidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Vespidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Afididae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Noctuidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Tenebrionae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Geophilidae	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Megascolecidae	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
Paradoxosamatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2

Thripitidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Staphylinae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Carcinophoridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**ANEXO. 5** Clasificación de unidades taxonómicas de las formaciones vegetales.

<b>Ordenes</b>	<b>Familias</b>					
Hymenoptera	Formicinae	Myrmecinae	Braconidae	Vespidae		
Hemiptera	Antocoridae	Cydnidae	Coreidea	Cicadidae	Afididae	Pericoidae
Isopoda	Oniscidae	Trachelipidae				
Isoptera	Kalotermitidae					
Coleoptera	Coccinellidae	Scarabaeidae	Elateridae	Chrysomelidae	Staphiliniidae	Tenebrionae
Orthoptera	Gryllidae					
Opiliones	Cosmetidae					
Araneae	Lycosidae					
Diplura	Campodeidea	Parajapydae				
Dictyoptera	Blattidae	Blaberidae				
Thysanoptera	Aelothripidae	Thripidae				
Trichoptera	Hydrobiosidae	Hydropsychidae	Phylopotamidae			
Diptera	Anthomyiidae					
Gastropoda	Subulinidae					
Protura	Acerenfomidae					
Lepidoptera	Noctuidae					
Arthropleona	Isotomidae	Entomobryidae				
Pseudoescorpiones	Neobisiidae	Chethoniidae				
Platydesmida	Paradoxosomatidae					
Poyxemida	Siphonotidae					
Scolopendromorpha	Scolopocryptopidae	Scolopendriidae				
Polydesmida	Sphaerodesmidae	Platyrrhacidae				
Spirobolida	Spirobolellidae					
Dermaptera	Carcinophoridae	Forficulidae				
Geophilomorpha	Ballophilidae	Geophilidae				
Acari	Prostigmata					
Hexapoda	Megascolecidae	Glossoscolecidae	Lumbricidae			
Morfoespecie	no identificada					

