



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

Trabajo de Graduación

**Evaluación de la Diversidad de Macroinvertebrados
del Suelo en Cinco Microcuencas del
Río Estelí y Río Viejo, Nicaragua.**

AUTOR:

Br. Yader Hernaldo Romero Rueda

ASESOR:

Lic. Miguel Ángel Garmendia Z.

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2012**

DEDICATORIA

Agradezco a Dios sobre todas las cosas, por prestarme vida y ayudarme a culminar mi carrera de Ingeniería forestal, el cual es un gran paso en mi vida.

Dedico el presente trabajo a mi padre ***Domingo Rigoberto Romero Espinoza*** (q.e.p.d), teniendo en cuenta que está muy orgulloso de su fruto en este caso mi persona. Por haber culminado mi carrera en la que él me encaminó junto a mi madre ***María Rueda Ramos***, quién ha sido un apoyo incondicional en las diferentes etapas de mi vida, siendo mi fortaleza, transmitiéndome sus valores, brindándome sus consejos y luchando a mi lado además de seguir adelante con la ayuda del Señor.

A mis hermanos ***Marisol Romero Rueda; Lester J. Romero R y Jairo Castañeda R.***, por ser parte de los formadores en mi vida.

Al resto de mis familiares en especial a mi primo Sergio Herradora por haberme apoyado de una u otra forma a lo largo de mi vida, con sus palabras de aliento, con sus consejos y los buenos momentos que hemos compartido.

A mis amigos (as) que han estado a mi lado en las buenas y en las malas, brindándome su apoyo incondicional, por ser los que me animan cada día a salir adelante y seguir luchando por alcanzar mis metas.

Br. Yader Hernaldo Romero Rueda

AGRADECIMIENTO

Al proyecto UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS por haber suministrados los recursos financieros que hicieron posible la realización de mi trabajo de tesis.

Al Lic. Miguel Garmendia asesor de trabajo de tesis, por enseñarme parte de sus conocimientos y así poder realizar el presente trabajo.

De manera muy especial a la Lic. Miriam Corrales Docente Bióloga de la UNAN León, a Jean Michael Maes Entomólogo del Museo en León y al padre Alberto López responsable del área de Malacología y Diversidad Animal UCA por haberme ayudado con la Identificación de los macroinvertebrados de suelo y así fuese posible este estudio ya que en el país no se encuentran antecedentes.

A cada uno de los propietarios de las fincas asociadas al proyecto, por abrirnos las puertas y tener la confianza de realizar el presente estudio.

A todas las personas que me ayudaron de una u otra manera, ***MUCHAS GRACIAS.***

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1 Número de monolitos por Microcuencas y partes de las mismas.	9
2 Comparación entre los parámetros de diversidad, partes de las microcuencas, distribución vertical, hábito alimenticio y usos de suelo.	16
3 Resultados del cálculo de porcentaje de similaridad entre la composición de familias entre estratos. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuena de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	30
4 Medias generales de las variables orgánicas (MO) y humedad (H) para los cuatro principales usos de suelo. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuena de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011).	35

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación de las cinco microcuencas de interés de estudio situadas en el departamento de Estelí, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR-2001.	4
2. Ilustración del procedimiento metodológico para la evolución de la diversidad de macroinvertebrados del suelo en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	7
3. Ilustración de monolitos extraídos con palin y en algunas ocasiones con barras; éstos a nivel de estratos del suelo, en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	8
4. Ilustración del diseño para el establecimiento de las unidades de muestreo por sitio de muestreo, Microcuenca El Coyote, Parte baja, municipio Condega, departamento de Estelí, Nicaragua, 2010.	11
5. Densidad (indiv/m ²) de macroinvertebrados en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	20
6. Familias más abundantes por microcuencas separadas por la parte alta, media y baja de cada Microcuenca. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	22
7. Número de familias de macroinvertebrados del suelo extraídos en la hojarasca, 1-10cm de profundidad y 10-25 cm. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	23
8. Dendrograma de agrupación, utilizando las riquezas de familias según el coeficiente de Jaccard mediante el método de Ward. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	24
9. Abundancia relativa de macroinvertebrados del suelo en dos microcuencas extraídos en la hojarasca, 1-10 cm de profundidad y 10-25 cm de profundidad. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	25

10	Número de familias de macroinvertebrados del suelo en dos microcuencas extraídos en la hojarasca, 1-10 cm de profundidad y 10-25 cm de profundidad. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	26
11	Tendencia lineal con logaritmo natural de la riqueza de familias y de la densidad, en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	27
12	Familias más abundantes por microcuencas extraídos en la hojarasca, 1-10 cm de profundidad y 10- 25 cm de profundidad. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	28
13	Biplot del análisis de correspondencia entre la distribución vertical y los hábitos alimenticios. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	29
14	Densidad (ind/ m ²) de macroinvertebrados del suelo por hábito alimenticio. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	31
15	Familias con mayores densidades en relación a sus hábitos alimenticios. A= depredadores, B= detritívoros, C= Detritívoro-Fitófago, D= Fitófago, E= Fungívoros, F= Hematófagos, G= Parasitoides y H= Xilófagos. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	32
16	Distribución porcentual del número de familias de macroinvertebrados del suelo por hábitos alimenticios. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	33
17	Densidad porcentual de macroinvertebrados del suelo por uso de tierra. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	37
18	Familias con mayores densidades por uso del suelo. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	38

- 19 Número de familias encontradas por uso de suelo. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuena de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010. 39
- 20 Conglomerado de los cuatro usos de suelo utilizando la riqueza de familias de macroinvertebrado por uso de suelo, según el coeficiente de Jaccard mediante el método de Ward, en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuena de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011). 40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1 Mapas del área de estudio.	47
2 Formulario de toma de datos de Macroinvertebrados del suelo en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.	50
3 Formulario de identificación de familias de macroinvertebrados usada en el Laboratorio.	51
4 Familias de macroinvertebrados ordenados por filum, y clase con la abundancia.	52
5 Descripción breve y general de algunas familias de macroinvertebrados más representativas en las cinco microcuencas	54
6 Características Biofísicas de las microcuencas.	57

RESUMEN

En investigación se determinó la densidad, número de familia y composición de familias de macroinvertebrados encontradas en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuena de la Subcuenca del Río Viejo. En el marco del proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010. Al mismo tiempo se realizó comparación de la densidad con respecto al uso de suelo. De igual manera, se determinó el cambio de macroinvertebrados en tres profundidades de muestreo (hojarasca, 1-10 cm y 10-25 cm) y se agruparon por sus hábitos alimenticios. Para la toma de datos se exploraron los macroinvertebrados en 171 monolitos de 20x20x25 cm repartidos en los sitios de acción del proyecto UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS de las microcuencas El Coyote, Las Chichiguas, La Pita, La Laguneta y Tomabú. Los 2,920 individuos identificados se determinaron en 52 familias, 22 órdenes, 7 clases y 4 filums. El número de familias y su composición no varió significativamente entre microcuencas ni entre sitios. Las familias que obtuvieron los mayores valores de abundancia en general fueron: Carabidae, Staphylinidae, Curculionidae, miembros de la clase Diplopoda-d, Formicidae y Scolopendridae. La densidad y el número de familias no variaron significativamente en las tres profundidades estudiadas, pero sí varió la composición de familias. Los individuos con hábitos alimenticios fitófagos y depredadores, además de estar entre los grupos con más individuos por m², junto a los fungívoros y xilófagos, tuvieron la mayor variedad de familias. Los usos de tierra en donde se reportaron los mayores números de individuos por m² fueron de manera descendente: café con sombra, bosque, granos básicos y pasto. El número de familias no varió significativamente entre los usos, sin embargo la composición de familia si varió.

Palabras Claves: microcuencas, usos de tierra, hábitos alimenticios, macroinvertebrados.

ABSTRACT

In this investigation it was determined the density, the family number and family composition of macroinvertebrates which were found in three watersheds of the subbasin of Río Estelí and two watersheds of the subbasin of Río Viejo, at the same time it was made a comparison of the density related with the use of soil. In addition, A change of macroinvertebrates decided in three depths of sampling (verbiage, 1-10 cm and 10-25 cm) and they gathered in crowds for their food habits. The macro invertebrates were explored in 171 monoliths of 20x20x25 cm distributed in the area of action of the project AN UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS of the micro basins El Coyote, The Wet-nurses, La Pita, La Laguneta and Tomabú. The 2,920 individuals were identified in 52 families, 22 orders, 7 classes and 4 filums. The number of families and its composition did not change significantly between the watersheds or between sites. The families that obtained the major values of relative abundance in general were: Carabidae, Staphylinidae, and Curculionidae, members of the class Diplopoda-d, Formicidae and Scolopendridae. The density and the number of families did not changed significantly between three depths of sampling, but yes it change the family composition. The individuals with food habits fitófagos and predators besides being between the groups with more individuals/m², together with the fungívoros and xilófagos, they had the major variety of families. The uses of land where there was it have the major numbers of individuals/m²were in a descending way: coffee with shade, forest, basic grains and pasture. The number of families didn't change significantly between the uses, but the family composition it changed.

Keywords: Micro basins, Land uses, Eating habits, Macroinvertebrates.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país en donde predomina la agricultura, y se considera privilegiado al poseer dos tipos de bosques como es de conífera y latifoliado, así como diversos ecosistemas, en los cuales habita un sinnúmero de macroinvertebrados del suelo, los que aún son muy poco conocidos. Éstos juegan un papel importante en la productividad de los ecosistemas, no sólo como plagas o vectores de patógenos, sino también como benefactores por su capacidad de modificar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas (Lavelle *et al.*, 1994).

Los macroinvertebrados están compuestos por individuos de diferente tamaño físico, poseen distintas estrategias de movilidad, tipo de alimentación, lo cual determina los procesos de fertilidad y estructura física del suelo, regulando así los nutrientes disponibles para las plantas y la vegetación (Gasse y Gassen, 1996).

Desde el punto de vista de la alimentación, se reconocen tres grupos funcionales: aquellas especies que se alimentan de la parte viva de las plantas (herbívoras), las que además en grandes cantidades son consideradas como plagas al causar daños a los cultivos, que de igual manera han representado enormes gastos anuales por parte de los agricultores para poder controlarlos o eliminarlos. Otras son las que consumen animales vivos (depredadores), consideradas benéficas o controladores biológicos, éstas a la vez reciben relativamente poca atención; y por último, las que se alimentan de materia orgánica muerta de origen animal o vegetal (detritívoros) (Brown *et al.*, 2001, Moore *et al.*, 2004).

Por tal razón este estudio se llevó a cabo en los sitios de influencia del proyecto UNA/CARE/MARENA-PIMCHAS, específicamente en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo, en las cuales aún no se han realizado estudios sobre diversidad de macroinvertebrados edáfica relacionado con el uso del suelo.

Debido a lo expresado anteriormente, los macroinvertebrados son útiles como indicadores del uso del suelo en su sentido positivo o negativo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad de macroinvertebrados del suelo en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo, realizando comparaciones de los parámetros ecológicos y de biodiversidad como es: Densidad, riqueza, composición de familias de macroinvertebrados entre microcuencas y partes de las microcuencas, distribución vertical, hábitos alimenticios y usos del suelo.

Con estos resultados quedo establecida una línea base para hacer comparaciones y se proyecten cambios temporales o espaciales de la diversidad biológica de la comunidad de macroinvertebrados del suelo relacionados con el uso de la tierra. Así mismo en esta primer etapa se evaluó la diversidad de macroinvertebrados del suelo mediante el análisis de la densidad, riqueza y composición de familias para compararlas entre las cinco microcuencas, entre transecto, la distribución vertical y el uso de tierra. Por otra parte, es necesario conocer la abundancia y densidad de hábitos alimenticios de estos organismos, las cuales han sido destacadas por su potencial como indicador biológico (Lavelle y Spain, 2001).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Contribuir al conocimiento de la diversidad de macroinvertebrados de suelo en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo, en los diferentes usos de suelo y distribución vertical ubicados en la parte alta, media y baja de cada una de las microcuencas.

2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar a nivel de familia de población de macroinvertebrados de suelo del área de estudio.
2. Determinar densidad, riqueza y composición de familias de macroinvertebrados del suelo.
3. Comparar la densidad, riqueza, composición de familias y hábitos alimenticios de macroinvertebrados del suelo entre: microcuencas, distribución vertical y para diferentes usos de la tierra.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación de los sitios de estudios

La presente investigación se llevó a cabo al Nor-oeste de Nicaragua, en las microcuencas La Laguneta, El Coyote, La Pita y Tomabú, las cuales se encuentran ubicadas en el departamento de Estelí y la microcuenca Las Chichiguas se encuentra ubicada en el departamento de Jinotega. Las microcuencas La Laguneta, El Coyote y La Pita pertenecen a la Sub-Cuenca del Río Estelí que dan a la Cuenca del Río Coco. Por otro lado, las microcuencas Las Chichiguas y Tomabú se encuentran en la Sub-Cuenca del río Viejo que da a la Cuenca 69 del Río San Juan (Figura 1).

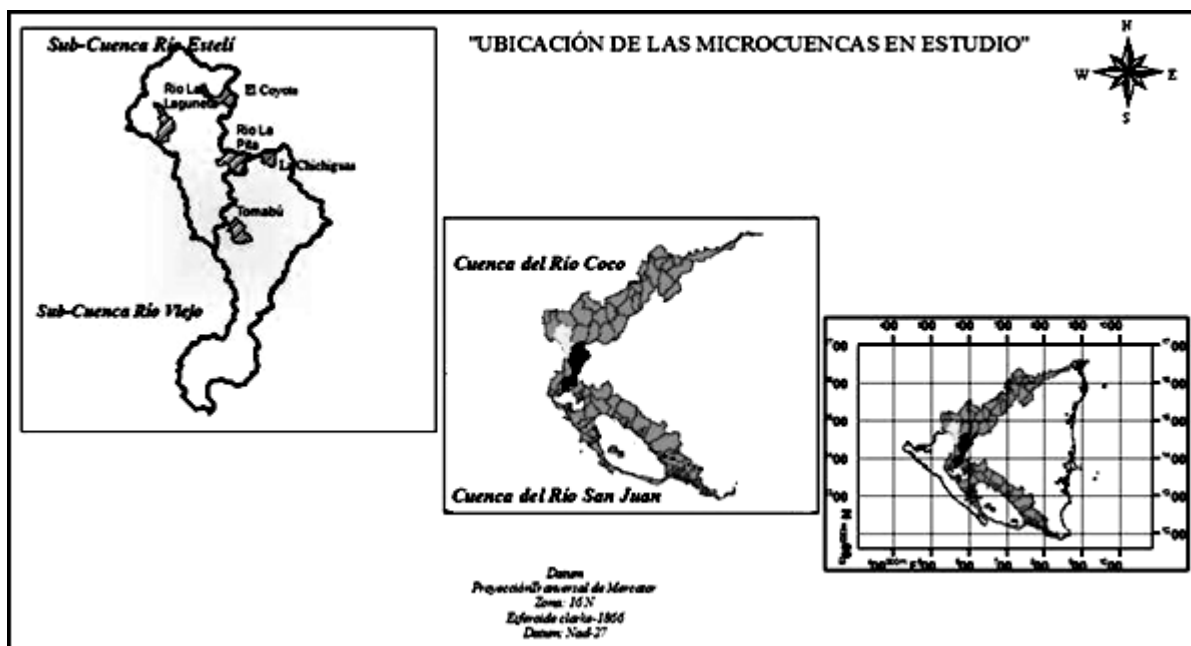


Figura 1. Ubicación de las cinco microcuencas de interés de estudio situadas en el departamento de Estelí y Jinotega, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR-2001.

3.2. Descripción de los sitios de estudio

A pesar de la relativa cercanía cada microcuenca cuenta con sus particularidades en cuanto a ubicación, clima y relieve, a continuación se describen de una forma general las características de las mismas.

3.3. Características biofísicas de las microcuencas de estudio

Microcuenca La Pita: Se encuentra a 28 kilómetros en el extremo nor-oeste del municipio de Estelí, con un área superficial de 49.25 km², entre las coordenadas UTM 571999 O, 1462307 N; 575869 O, 1466188 N; 583289 O, 1463762 N; 580511 O, 1457753 N, suelos por lo general son molisoles, ultisoles y vertisoles (Rodríguez, 2011), con una altitud que va de 800-1500 metros sobre el nivel del mar, presenta una fisiografía montañosa, su cobertura vegetal es de bosques mixtos, pendientes de 2-75%, temperaturas de 18° a 25° grados centígrados, precipitación de 1200 a 1600 milímetros por año (MARENA 2000-2004).

Microcuenca El Coyote: Ubicada a 15 km del municipio de Condega, departamento de Estelí, con un área superficial de 37.14 km², entre las coordenadas UTM 567843 O, 1486858 N; 574886 O, 1486971 N; 573761 O, 1480017 N; 567314 O, 1484664 N, suelos vertisoles, molisoles, y entisoles (Rodríguez, 2011); con altitudes que van de 676-1312 msnm; relieve muy accidentado, cuenta con una cobertura vegetal de cultivos anuales, bosque latifoliado y pino, pendientes de 2-50%, temperaturas de 22.6-24.62°C, precipitación de 798-900 mm la que se caracteriza como una zona seca (Calderón, 2001).

Microcuenca La Laguneta: Localizada a 4 km al sur del municipio de Pueblo Nuevo departamento de Estelí con un área superficial de 40.13 km², entre las coordenadas UTM 551220 O, 1482045 N; 558329 O, 1474700 N; 552522 O, 1468116 N; 552920 O, 1472964 N, suelos entisoles y molisoles (Rodríguez, 2011), altitudes que van de 600-900 msnm, relieve moderadamente o muy extremadamente escarpado, su cobertura vegetal es de usos agrícolas (granos básicos), forestal, café con sombra y pasto, presenta pendientes de 2-45%, temperaturas de 21.3-35.8°C, precipitación de 874 mm/año (INETER, 1995; Rodríguez, *et al.* 1995).

Microcuenca Las Chichiguas: Ubicada al occidente del municipio La Concordia a una distancia de 32 km de la cabecera departamental de Jinotega con un área superficial de 19.47 km², entre las coordenadas UTM 581492 O, 1465538 N; 593735 O, 1466426 N; 590580 O, 1449139 N, 579915 O, 1457761 N, suelos entisoles, inceptisoles y molisoles (Rodríguez, 2011), altitudes que van de 700-1500 msnm, relieve montañoso o fuertemente accidentado, cobertura vegetal de pasto, cultivos y en menor área bosque, pendientes que van de 15-95%, temperaturas de 19-25°C, precipitaciones de 800-1200 mm/año (MAGFOR, 2001; Ingeniería Sin Fronteras, 2010).

Microcuenca Tomabú: Ubicada a 6 km de la ciudad La Trinidad, departamento de Estelí con un área superficial de 36,76 km², entre las coordenadas UTM 575767 O, 1438952 N; 578208 O, 1443152 N; 583728 O, 1435543 N; 577438 O, 1434773 N, suelos Molisoles e inceptisoles (Rodríguez, 2011), altitudes que van de 674-1444 msnm, relieve ondulado a fuertemente escarpados, cobertura vegetal de pastos, bosques de pino, latifoliado y café con sombra, pendientes de 0-50%, temperaturas de 20-22°C, precipitaciones de 800-1200 mm/año (FIDER, 2008, MAGFOR, 2000; INETER, 2004).

3.4. Proceso metodológico

La investigación se realizó en cuatro etapas: Planificación, Toma de datos, Identificación y Análisis de los datos.

3.4.1. Etapa de planificación

Para llevar a cabo la planificación se realizó una reunión entre los docentes involucrados, los estudiantes y los productores beneficiados con el proyecto UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS (Universidad Nacional Agraria-Cooperativa para Envíos Americanos a Europa-Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales-Proyecto Integral de Manejo Hidrográfica Agua y Saneamiento) con el fin de obtener información general como: tipos de uso de suelo, ubicación de la finca, áreas disponibles para establecer las unidades de muestreo, etc.

3.4.2. Etapa de toma de datos

Para llevar a cabo la toma de datos se establecieron unidades de muestreo en transectos en ambos lados de la ladera pasando por el área riparia de la microcuenca donde se recolectaban los macroinvertebrados, una vez obtenidas las variables de interés (Anexo 2) se procedió a la identificación con ayuda de libros, revistas, consulta en la web, visita a museos entomológicos y de malacología además de consultas con especialistas, concluyendo con la etapa de análisis de los datos (Figura 2).

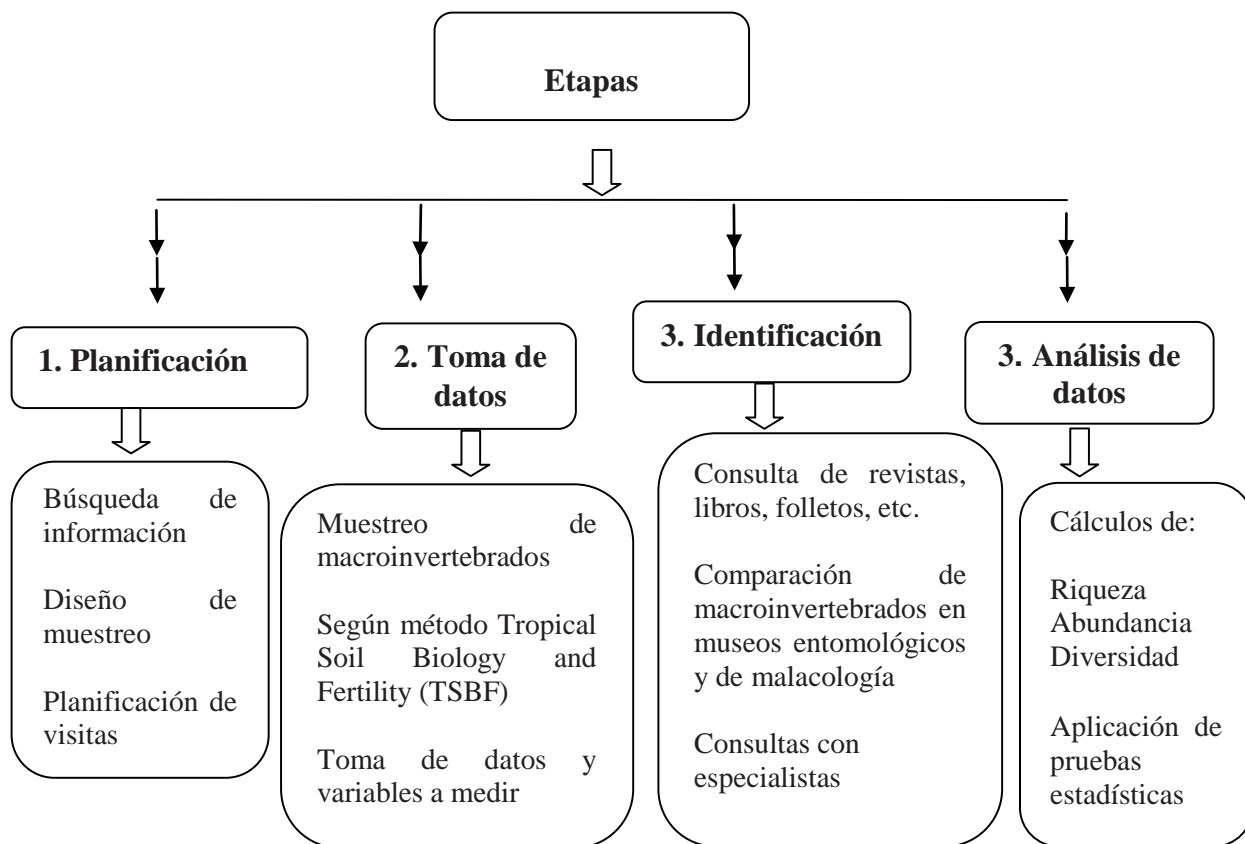


Figura 2. Ilustración del procedimiento metodológico para la evaluación de la diversidad de macroinvertebrados del suelo en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Muestra de estudio

La muestra de estudio esta representada por todos los macroinvertebrados del suelo dentro de las unidades de muestreo. Para efecto de esta investigación se consideraron macroinvertebrados a todos los organismos de los filums: Nematoda, Anélida, Molusca y Artrópoda mayores o iguales a 2 mm de longitud.

Unidad de muestreo

Como unidad de muestreo se utilizaron monolitos de suelo de 20 x 20 x 25 cm los que cubren un área de 0.04 m² y un volumen de 0.01 m³. La unidad de muestreo utilizada es la recomendada por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993).

Monolito

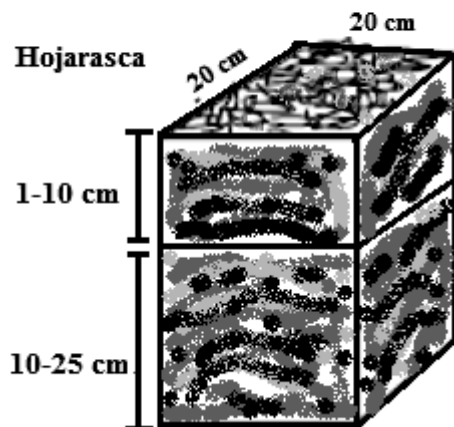


Figura 3. Ilustración de monolitos extraídos con palin y en algunas ocasiones con barras; éstos a nivel de estratos del suelo, en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuenca de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

En total se analizaron 171 monolitos donde se encontró como mínimo un macroinvertebrado en las diferentes microcuencas y partes de las mismas (Cuadro 1), la cantidad de monolito analizados varió entre microcuencas y entre sus partes debido a:

1. La longitud del transepto
2. Gradiente o inclinación del transepto
3. Número de colaboradores del proyecto UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS dentro del transepto.
4. Usos de la tierra (en algunos casos se realizaron réplicas de transeptos debido a que algunos monolitos se encontraban en un solo uso de suelo ya sea pasto o cultivo).

Cuadro 1. Número de monolitos por Microcuencas y partes de las mismas.

Microcuenca	Partes de la microcuenca			Total*Microcuenca
	Alta	Media	Baja	
El coyote	22	9	12	43
La Laguneta	16		11	27
Las Chichiguas	8	9	14	31
La Pita	23	14	10	47
Tomabú	15		8	23
TOTALES	84	51	36	171

Diseño de muestreo

El diseño fue elaborado por el proyecto UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS, el cual consistió en el establecimiento de un transepto que pasara en ambos lados de la ladera pasando por el área ripariana, esto para cada sitio o parte de las microcuencas, los sitios se establecieron en la parte alta, media y baja de cada microcuenca, en cada sitio se colocaron 12 puntos, de los cuales seis se establecieron a un lado y seis al otro extremo del área riparía siguiendo una línea base (Figura 4).

El muestreo de macroinvertebrados se realizaba en un monolito sin división en estrato, pero a medida que se colectaban las muestras se determinó por observación de campo que la comunidad de macroinvertebrados cambiaba con la estratificación del suelo, de tal forma que se decidió tomar datos estratificados para las microcuencas Las Chichiguas y Tomabú, con el fin de evaluar esa variabilidad.

A medida que se iba realizando el muestreo se observó la variabilidad de familias en los diferentes estratos del suelo, y se tomó la decisión que para las microcuencas Chichiguas y Tomabú de la Sub-Cuenca del Río Viejo ubicadas en la Cuenca del Río San Juan, los monolitos se dividirían en tres estratos para determinar la distribución vertical de los organismos, dichos estratos se analizaron por separados:

- a. Hojarasca: correspondiente a la capa de hojas secas depositadas sobre el suelo, también se tomó como hojarasca a la cobertura de plantas y pastizales secos y sobre el suelo;
- b. Profundidad de 1-10 cm;
- c. Profundidad de 10-25 cm.

Los criterios para el establecimiento de los sitios de muestreo fueron los siguientes:

- a. Se seleccionaron áreas sobre el área repararía de las microcuencas.
- b. Se priorizaron áreas de acción del proyecto UNA-CARE-MARENA-PIMCHAS.
- c. Los sitios a muestrear fueran propiedad de los productores favorecidos con el proyecto.
- d. Que los productores permitieran la realización de la investigación dentro de sus propiedades.

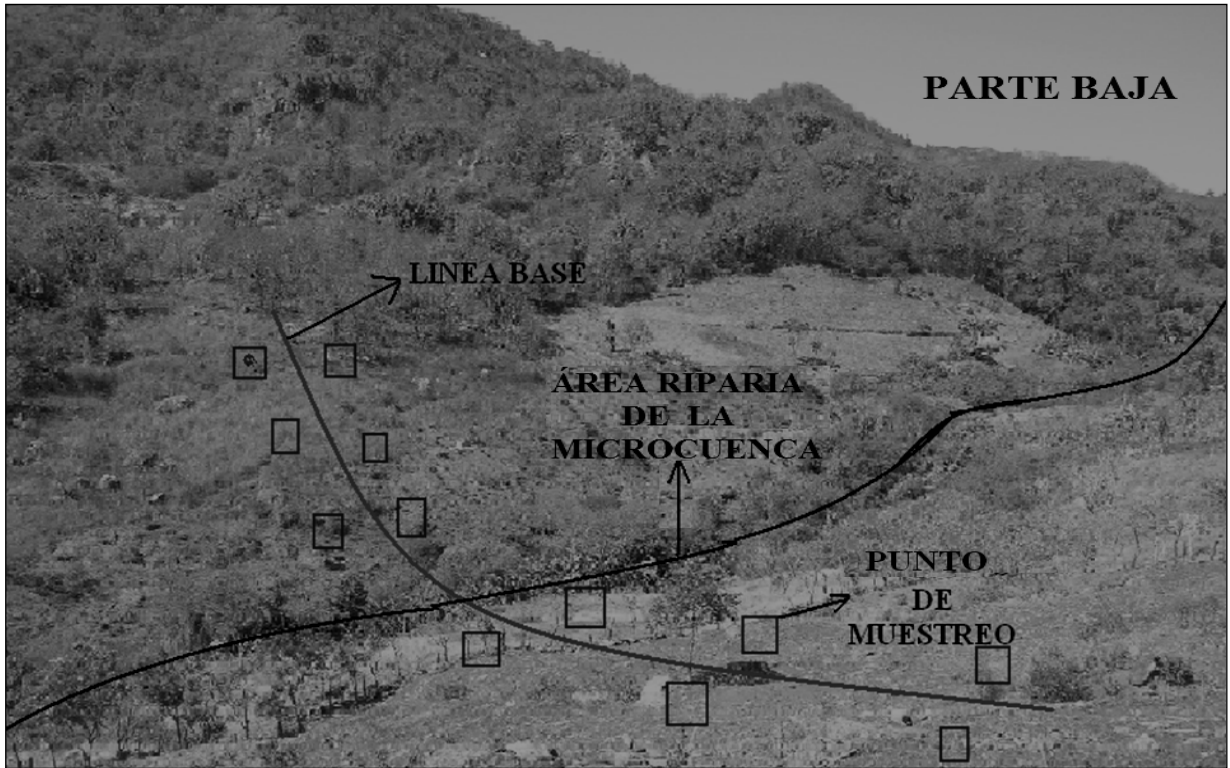


Figura 4. Ilustración del diseño para el establecimiento de las unidades de muestreo por sitio de muestreo, Microcuenca El Coyote, Parte baja, municipio Condega, departamento de Estelí, Nicaragua, 2010.

Se establecieron tres sitios de muestreo por microcuenca a excepción de la Microcuenca La Laguneta y Tomabú en donde se establecieron dos, debido a que en esas comunidades no había muchos productores asociados al proyecto (Anexo 1).

3.4.3. Toma de datos y variables a evaluar

Toma de muestras en campo

Una vez extraído el monolito del suelo de 20 x 20 x 25 cm, éste se extendió en un plástico de 1 m² y se exploró la muestra para encontrar los organismos (muestra de estudio) con el apoyo de una lupa de mano y una pinza. Todos los macroinvertebrados extraídos de las muestras fueron depositados en viales de 12 ml con 3 ml de alcohol al 70%. Cada vial contenía los organismos de un solo monolito. En el caso de los monolitos que se dividieron en tres estratos (hojarasca, profundidad de 1–10 cm y profundidad de 10–25 cm) los organismos se colocaron en viales separados. Cada vial fue debidamente rotulado con un código único que incluía:

- a. Microcuenca
- b. Parte de la microcuenca
- c. Propietario del sitio donde se tomó la muestra
- d. Profundidad a la que se tomó la muestra

Identificación de las muestras

Los organismos preservados en alcohol fueron llevados al Laboratorio de Ciencias Biológicas de la FARENA-UNA donde fueron ordenados según sus códigos e identificados a familia de macroinvertebrados y se contó la cantidad de individuos por familia. Para ello se ocupó un estereoscopio marca Zeeis con lente de alcance 2 y 4 X, un plato Petri de 4 cm de radio, alcohol para limpiar las muestras, pinchos de disección y pinzas. También, se tomó fotografía a los individuos identificados con cámara Nikon Coolpix 8000.

Los datos tomados fueron de las variables: familia y número de individuos por familia. Las identificaciones se realizaron por dos vías:

- a. Uso de fuentes bibliográficas: se utilizaron guías ilustradas y claves taxonómicas de recursos como Maes (1998) y Bellmann (1994).
- b. Visitas y consultas: los organismos que no se lograron identificar con el paso anterior fueron llevados al:
 - Consulta con Oswaldo Rodríguez responsable del museo de entomológico de la UNA.
 - Consulta a la Lic. Miriam Corrales profesora de Entomología del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UNAN-León.
 - Museo Entomológico de León (MEL) con los especialistas de macroinvertebrados Dr. Jean-Michael Maes propietario del MEL.
 - Centro de Malacología y Diversidad Animal en la UCA con el Padre Adolfo López.

Las muestras de suelo fueron tomadas de cada monolito para ser analizadas con métodos de campos (infiltración, textura) y métodos de laboratorios (humedad, materia orgánica). Entre las variables medidas en campo se encuentran: usos de suelo, tipo de cobertura y dentro de las variables resultantes del análisis de laboratorio se encuentran: materia orgánica y humedad.

Otra variable adicional fue el hábito alimenticio de las familias el cual fue determinado mediante revisión bibliográfica y consulta a especialistas. Dado a que dentro de cada familia hay una variedad de especies y que éstas últimas pueden tener diferentes hábitos alimenticios, se tomó el hábito alimenticio que fuera más representativo para la mayoría de las especies encontradas dentro de la familia.

3.4.4. Análisis de datos

El análisis de datos consistió en el cálculo de los parámetros de diversidad biológica y la comparación de éstos entre los factores espaciales y ecológicos. Para ello se utilizaron pruebas estadísticas, con las cuales se identificaron las significancias de las comparaciones.

Calculo de la abundancia

Se define como el número o la cantidad de individuos (N) de una especie determinada o de biomasa en un área determinada (Pérez 2004). Su formula es:

$$\sum N = (\text{sumatoria total del número total de individuos})$$

Calculo de la densidad

La densidad de las especies carismáticas fue determinada utilizando la formula de Ojasti 2000 que consiste en el número de individuos entre el área de muestreo:

$$D = \# \text{ Indiv/ha}$$

Calculo de la riqueza

Es el número de especies en un área determinada (S), pero no refleja adecuadamente la densidad de estas mismas especies (Pérez, 2004).su formula es:

$$\sum S = (\text{sumatoria total del número de especies})$$

La riqueza es representada por la suma del número de especies presentes en los monolitos encontrado ya sea por parte o por Microcuenca.

Cálculos de la composición de familias

La composición de familias se evaluó con el uso del coeficiente de similitud de Jaccard (Moreno, 2001), éste último se utilizó en combinación con el análisis de conglomerado para determinar la similaridad del número y tipo de familia por sitio, microcuenca, distribución vertical, etc.

$$I_j = \frac{C}{a+b-c}$$

Donde:

a= Número de especies presentes en el sitio A

b= Número de especies presentes en el sitio B

c= Número de especies presentes en el sitio A y B

Tabla de comparaciones

A como se muestra en el cuadro 2 las comparaciones se realizaron entre los factores espaciales (microcuencas - partes de las microcuencas, distribución vertical y uso del suelo) y ecológico (hábito alimenticio) con los parámetros de diversidad biológica (densidad, riqueza y composición de familias). De tal forma que el texto en el punto de los análisis está organizado según la secuencia presentada en ese cuadro.

El objetivo de utilizar una tabla de comparación fue meramente organizativo y para llevar una secuencia lógica en el resto del documento.

Cuadro 2. Comparación entre los parámetros de diversidad, partes de las microcuencas, distribución vertical, hábito alimenticio y usos de suelo.

	Densidad	Riqueza	Composición de familias
1) Microcuenca / Partes de las microcuencas	Densidad por Microcuencas / partes	Riqueza por Microcuencas / partes	Composición por Microcuencas / partes
2) Distribución Vertical	Densidad por distribución vertical	Riqueza por distribución vertical	Composición por distribución vertical
3) Hábitos alimenticios	Densidad por hábitos alimenticios	Riqueza por hábitos alimenticios	Composición por hábitos alimenticios
4) Uso del suelo	Densidad por uso de suelo	Riqueza por uso de suelo	Composición por uso de suelo

Organización de los datos y programas de cómputo

La base de datos en la que se organizó la información estaba estructurada con las variables en las columnas (campos) y la secuencia de toma de datos en las filas (registros). Para ello se utilizó el programa Excel[®]2010 de Microsoft.

A partir de esa base principal se derivaron todas las bases secundarias para análisis específicos con el uso de la herramienta de Tablas Dinámicas de Excel[®]2010. Luego se utilizaron los programas PAST Versión 1.29 (Hammer & Harper, 2004) para los cálculos de diversidad e InfoStat Versión 2010 (Di Rienzo *et. al.*, 2010) para los análisis estadísticos.

Análisis estadísticos

Se aplicó estadística descriptiva y estadística de inferencia.

Estadística descriptiva: se utilizaron gráficos de barras y de pasteles en donde se representaron las frecuencias, totales y medias de los datos. Como medida de tendencia central se utilizó la media aritmética.

Como análisis descriptivos, también se emplearon análisis multivariados exploratorios como análisis de componentes principales y análisis de conglomerados (Di Rienzo, 2008).

Estadística de inferencia: las pruebas de inferencia se realizaron a un nivel de significancia de 0.05. Entre los análisis estadísticos empleados se encuentra la prueba para datos de frecuencia de X^2 , el análisis de varianza ANDEVA combinada con prueba de comparaciones múltiples de Duncan para comparar las medias de más de dos conjuntos de datos. Una última prueba aplicada fue la de correlación de Pearson para determinar significancias en las relaciones entre variables.

Para explorar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks. Los datos que no cumplían con el supuesto fueron normalizados con logaritmos neperianos (ln) o analizados con pruebas homólogas para datos no paramétricos.

Todas las pruebas están fundamentadas en la teoría de análisis bioestadísticas de referencia como: Di Rienzo (2008), Sokal & Rohlf (1981), Spiegel y Stephens (2002), y Steel y Torrie (1992), en donde se podrá encontrar más detalles sobre las pruebas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción taxonómica general de la comunidad de macroinvertebrados del suelo

En las 171 muestras colectadas se contaron 3,375 individuos, de los cuales 455 (13.48 %) no fueron identificados a familia. Los 2,920 individuos identificados están agrupados en 52 familias, 22 ordenes, siete clases y cuatro filums: Artrópoda, Anélida, Molusca y Nematoda. Los individuos no identificados a familias fueron determinadas a orden o clase, entre los determinados a ordenes están: Araneida, Coleóptera, Hemíptera, Pseudoscorpionida, Siphonophorida, Sulpugida y Thysanura; entre los determinados a clases se encontraron: Nematoda, miembros de la clase Diplopoda y Symphyla.

Las familias de mayor abundancia en base al número de individuos fueron: Formicidae (603 individuos), Curculionidae (504), Termitidae (440), Lumbricidae (248) y Carabidae (219), los que juntos suman el 59.67 % del total colectado. El resto de familias está representado por menos de 200 individuos.

Los órdenes más abundantes en base al número de familias fueron: Coleóptera (11 familias), Araneida (9) y Hemíptera (6). Las clases más abundantes basadas en el número de ordenes fueron: Insecta (13 ordenes), Araneida (4) y Quilópoda (3). Finalmente de los cuatro filums el más representado fue Artrópoda con seis clases: Arachnida, Chilopoda, Crustácea, miembros de la clase Diplopoda, Insecta y Symphyla.

Es importante recalcar que dos de las familias con mayor abundancia: Formicidae y Termitidae son grupos sociables que interactúan con otros grupos, viven en colonias y su abundancia depende del número de colonias, éstos junto a la familia Lumbricidae son llamados ingenieros ecológicos del suelo (Anderson 1995; Lavelle 1996, 1997) considerados como benéficas, ya que se distinguen por su capacidad de arar el suelo y producir una gran variedad de elementos órgano-mineral: deyecciones, nidos, montículos, galerías y macroporos ayudando a la aireación del suelo, además de la liberación de los gases del mismo.

La familia Curculionidae, también encontrada en abundancia, en su estadio de larvas de suelo es de hábitos alimenticios fitófagos, la cual en altas densidades podría considerarse problemática, ya que afecta las raíces, follaje, flores y frutos de muchas plantas, incluyendo cultivos, pastos o plantaciones forestales. Pero, éstos también tienen controladores biológicos en el mismo microambiente del suelo, dentro de los que se encontraron las familias Carabidae, Saltisidae, Scolopendridae, (la primera también se encontró abundantemente) entre otras, por sus hábitos alimenticios depredadores y esta dinámica e interrelación es la que hace interesante el estudio de los macroinvertebrados de suelo.

4.2. Densidad, riqueza y composición de las familias de macroinvertebrados entre microcuencas

Tres parámetros son sumamente esenciales para evaluar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados en el suelo, ya que éstos reflejan la estructura de familia de la comunidad comparable espacialmente, éstos son la densidad, la riqueza y la composición de familias.

4.2.1. Densidad de macroinvertebrados

En orden descendente la densidad total comparada por microcuenca fue la siguiente: Las Chichiguas (587 individuos/ m²), El Coyote (566), La Pita (477), La Laguneta (426) y Tomabú (340) (Figura 5), sin embargo las diferencias no fueron significativas ($F=0.74$, $p>0.56$).

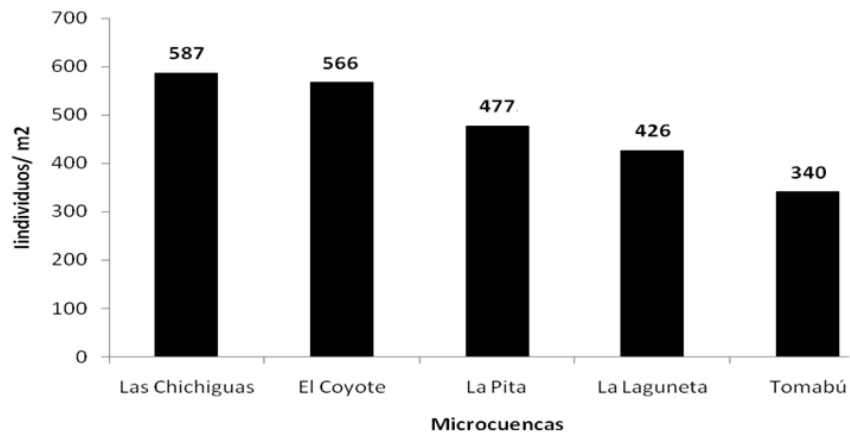


Figura 5. Densidad (indiv/m²) de macroinvertebrados en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Aunque la densidad de macroinvertebrados no varió significativamente entre microcuencas, es considerable apreciar que en Las Chichiguas y El Coyote las densidades generales resultaron ser mayores, esto se debió principalmente, a que en esta microcuencas predominan dos familias cuyas densidades fueron elevadas: Carabidae y Staphylinidae (Figura 5).

La alta densidad de estas familias posiblemente se debe a que las muestras en su mayoría se obtuvieron en áreas de cultivos donde había gran disponibilidad de alimento, además en este tipo de cobertura se concentra buen contenido de humedad, el estudio se realizó en los meses de Febrero-Abril (periodo seco) donde los productores ya han levantado sus cosechas de granos básicos, lo que tiempo atrás permitió la colonización de estas familias de hábito fitófago así como sus controladores.

Otra posible razón de la mayor densidad de familias en la parte alta de la microcuenca es que están menos contaminadas en cuanto a la aplicación de químicos a como se observaron los recipientes de fungicidas e insecticidas en el área el cual las lluvias arrastran el químico hacia las partes más bajas de la misma microcuenca, éstas al estar menos contaminadas favorecen la colonización de familias como los Carabidae de hábitos depredadores, esta familia es sensible a contaminación (Maes, 2010), al igual que la familia de los Curculionidae siendo un mal indicador, ya que la mayoría de especies encontradas en estado de larvas son de hábito alimenticio fitófago.

Las familias que fueron más densas de manera general fueron: Carabidae, Staphylinidae, Curculionidae, miembros de la clase Diplopoda, Formicidae y Scolopendridae, las primeras tres fueron las más representativas en tres de las cinco microcuencas (El Coyote, La Pita y Las Chichiguas). Estas familias más representativas se determinaron en la parte alta principalmente.

De manera más específica las familias con mayores densidades por microcuenca fueron: Carabidae (1750 individuos/ m²), Staphylinidae (950) y miembros de la clase Diplopoda (912) se determinaron con mayores densidades ($X^2= 95.66$, $p<1.37E-22$) en la microcuenca Las Chichiguas principalmente en la parte baja.

Las familias Staphylinidae (1,125 en la parte media), Curculionidae (831 en la parte alta), Carabidae (812 en la parte alta) fueron más densas ($X^2= 121.27$ $p<3.33E-28$) en El Coyote. La familia Curculionidae (1,225 en la parte alta) fue la que obtuvo los mayores valores ($X^2= 128.79$ $p<7.55E-30$) en la microcuenca La Pita. Formicidae (407 en la parte alta) son más densos ($X^2= 94.36$ $p<2.63E-22$) en La Laguneta y los Scolopendridae (562 en la parte alta) ($X^2= 55.26$ $p<1.05E-13$) en Tomabú (Figura 6).

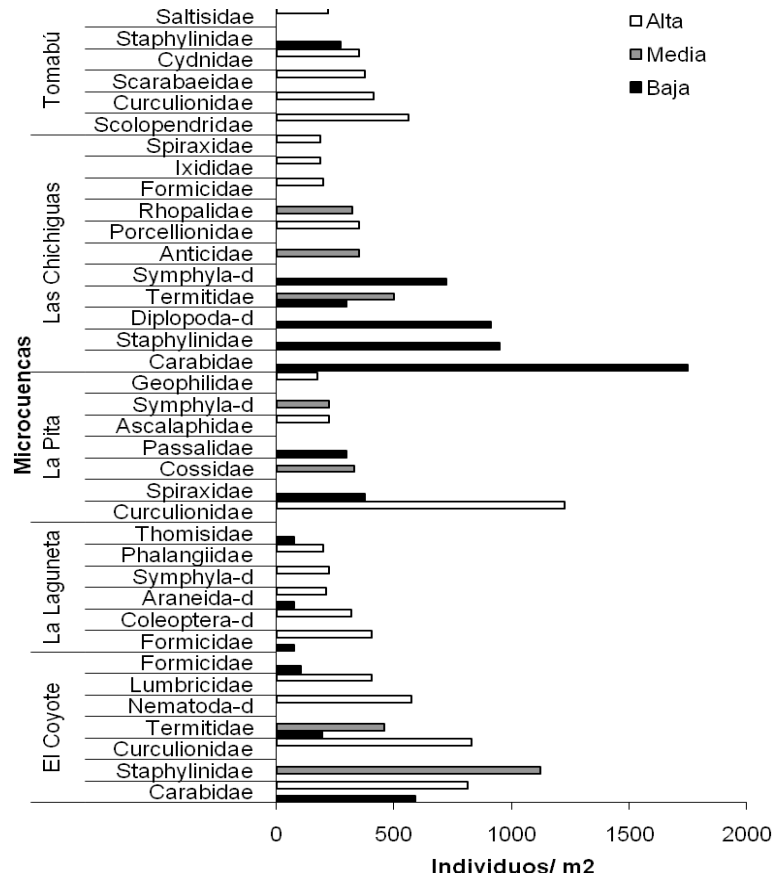


Figura 6. Familias con mayor densidad por microcuencas separadas por la parte alta, media y baja de cada Microcuencas. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Aparentemente no hay un patrón fijo de distribución de las familias con mayor densidad, éstas varían de una microcuencas a otra, lo que nos sugiere que los ambientes cambiantes de cada microcuencas pueden beneficiar a unas familias y a otras no, en dependencia de la vocación del suelo o del uso actual, la topografía, los regímenes físicos y químicos del propio suelo o algo que es aún más difícil de comprender la interrelación entre los mismos invertebrados. Sin embargo, las familias con mayor densidad analizadas junto con la composición de familia por microcuencas determinan una similitud en cuanto a estos dos parámetros (Figura 7).

4.2.2. Riqueza y composición de familias

En las microcuencas La Pita y El Coyote se obtuvo las mayores cantidades de familias de macroinvertebrados del suelo, principalmente en la parte alta de estas, sin embargo el número de familias encontradas fue semejante entre las microcuencas ($X^2= 0.6$, $p>0.44$) y entre los sitio de cada microcuenca ($X^2= 2.69$, $p>0.1$), determinándose en promedio 23 familias por microcuenca y sitio.

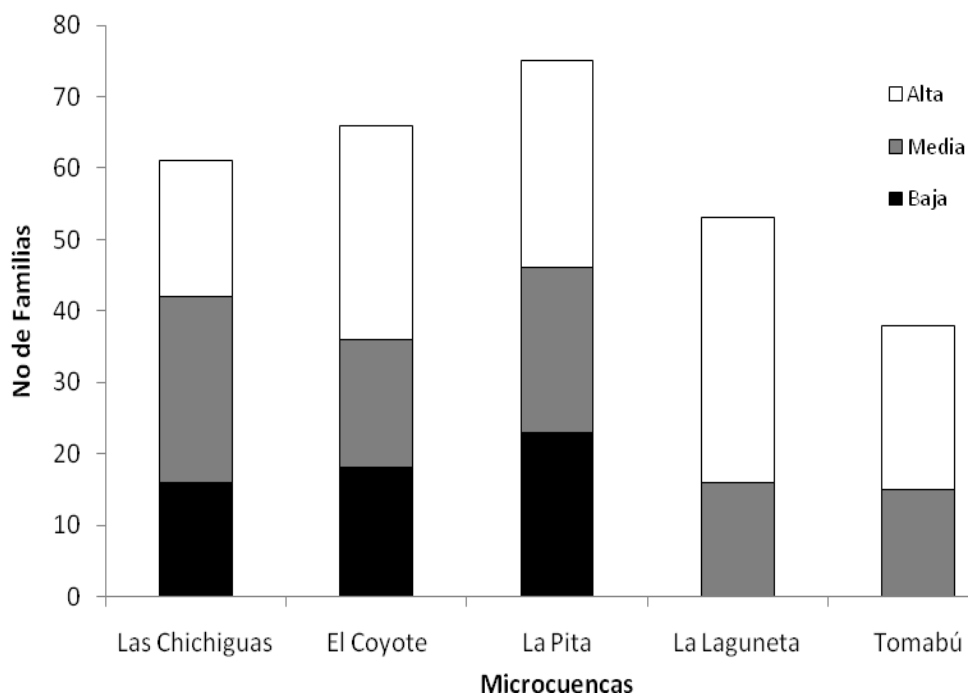


Figura 7. Número de familias de macroinvertebrados del suelo extraídos en la hojarasca, 1-10 cm de profundidad y 10-25 cm. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuenca de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Aunque ni la densidad, ni la riqueza varían al ser comparadas entre microcuencas, la composición de familias sí mostró diferencias. Las microcuencas Las Chichiguas, La Pita y El Coyote tienen familias de macroinvertebrados que fueron casi 0% similares a las familias encontradas en las microcuencas La Laguneta y Tomabú, incluso éstas dos últimas microcuencas tienen familias diferentes entre sí un poco más del 50% según el coeficiente de Jaccard (Figura 8).

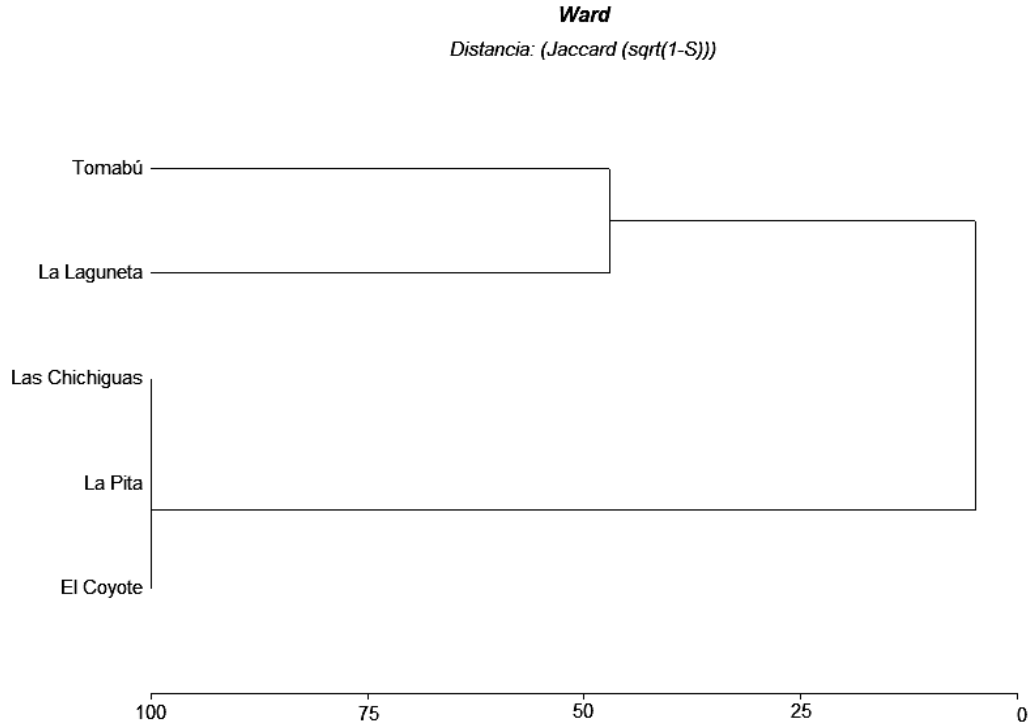


Figura 8. Dendrograma de agrupación, utilizando las riquezas de familias según el coeficiente de Jaccard mediante el método de Ward. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Relacionando el punto de las familias más abundantes discutido anteriormente con estos resultados, se determinó que tres de las familias más abundantes Carabidae, Staphylinidae, Curculionidae se repiten (como las más abundantes) en las microcuencas Las Chichiguas, La Pita y El Coyote, y que las otras dos microcuencas restantes tienen como familias abundantes a Formicidae, y Scalopendridae. De tal forma, el ambiente diferenciado por microcuenca se ha resumido en dos: El del Grupo Las Chichiguas, La Pita y El Coyote y el del grupo La Laguneta y Tomabú.

El hecho de que las microcuencas en cada una de sus respectivas agrupaciones compartan su composición de familias generaron ciertas hipótesis relacionadas entre sí, entre ellas: puede que las condiciones ambientales, período en que se realizó el muestreo y los usos del suelo sean similares o puede que el manejo de las áreas agrícolas y ganaderas sean similar.

Pero, la diferencia en categoría de usos de suelo no fue la razón, ya que las muestras fueron tomadas en tres usos de suelos que fueron los mismos para todas las microcuencas: bosque, pasto y granos básicos, y para La Laguneta y Las Chichiguas se suma el café con sombra. En este sentido podemos señalar que las condiciones ambientales (luz, temperatura y humedad) en los microhábitats que utilizan los macroinvertebrados y el manejo agropecuario muy particular de cada productor en las microcuencas fueron las causas de las agrupaciones, caso que sería recomendado abordar en otra investigación.

4.3. Densidad, riqueza y composición de familias de macroinvertebrados por distribución vertical.

Para la microcuenca Las Chichiguas la mayor abundancia de macroinvertebrados se determinó en la hojarasca con 975 individuos/ m², seguido de 10-25 cm con 404 y 1-10 cm se determinaron 238. En el caso de la comunidad Tomabú la mayor densidad de individuos se determinó en la hojarasca con 483 individuos/ m², seguido de 1-10 cm con 201, y de 10-25 cm con 170 (Figura 9) aunque las diferencias no son significativas ni para Las Chichiguas (F=1.70, p>0.1933), ni para Tomabú (F=1.97, p>0.1552).

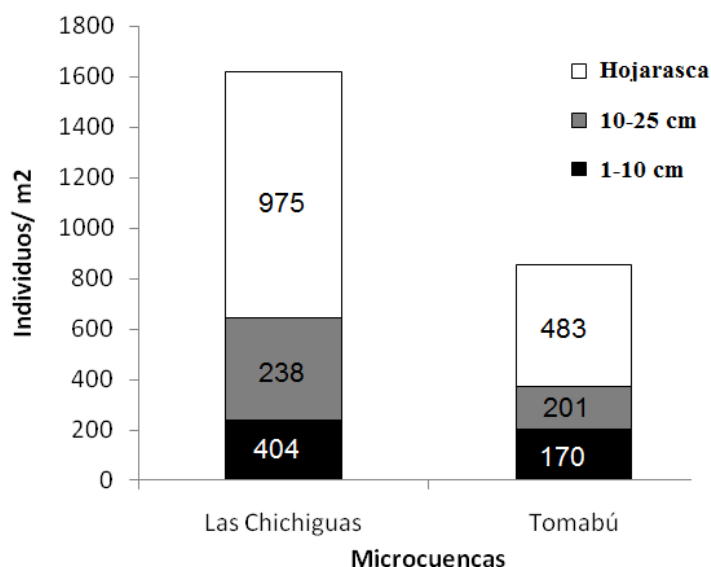


Figura 9. Abundancia relativa de macroinvertebrados del suelo en dos microcuencas extraídos en la hojarasca, de 1-10 cm de profundidad y de 10-25 cm de profundidad. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

En las microcuencas Las Chichiguas y Tomabú se determinaron 34 y 31 familias en total respectivamente. En Las Chichiguas el mayor número de familias se encontró de 10- 25 cm de profundidad con 30 familias (88.24 %), 1-10 cm con 19 (55.88 %) y en la hojarasca 5 (14.71 %). En Tomabú la mayor cantidad de familias se encontró de 1-10 cm de profundidad determinándose 23 familias (74.19 %), de 10-25 cm 13 (41.94 %) y en la hojarasca 10 (32.26 %) (Figura 10) las diferencias no fueron significativas ($X^2= 0.67$ $p>0.41$).

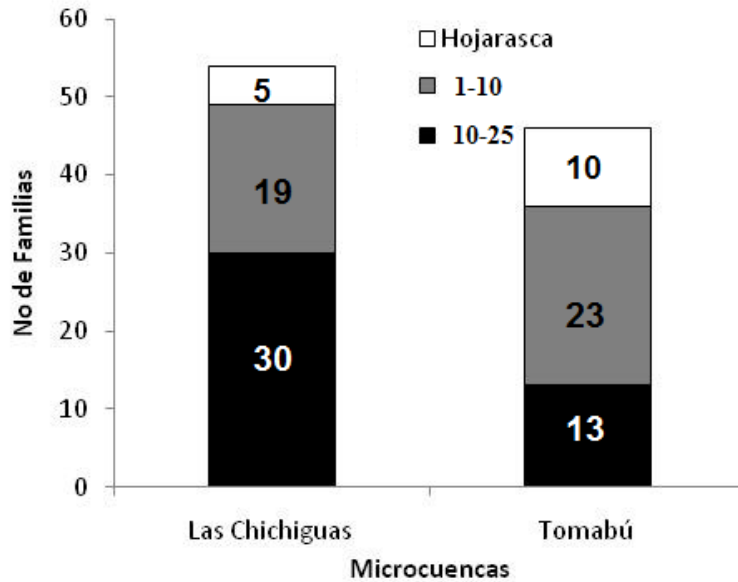


Figura 10. Número de familias de macroinvertebrados del suelo en dos microcuencas extraídos en la hojarasca, 1-10 cm de profundidad y a los 10-25 cm de profundidad. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Aunque entre los tres estratos las diferencias no hayan sido significativas ni para la densidad ni para el número de familias, existe una tendencia de esos dos parámetros en las tres profundidades, y la tendencia es que la densidad (N° indiv/ m^2) se reduce de la superficie en este caso de la hojarasca hacia la profundidad del suelo o sea a los 10-25 cm de profundidad, y que la riqueza de familias aumenta de la superficie hacia la profundidad del suelo (Figura 11).

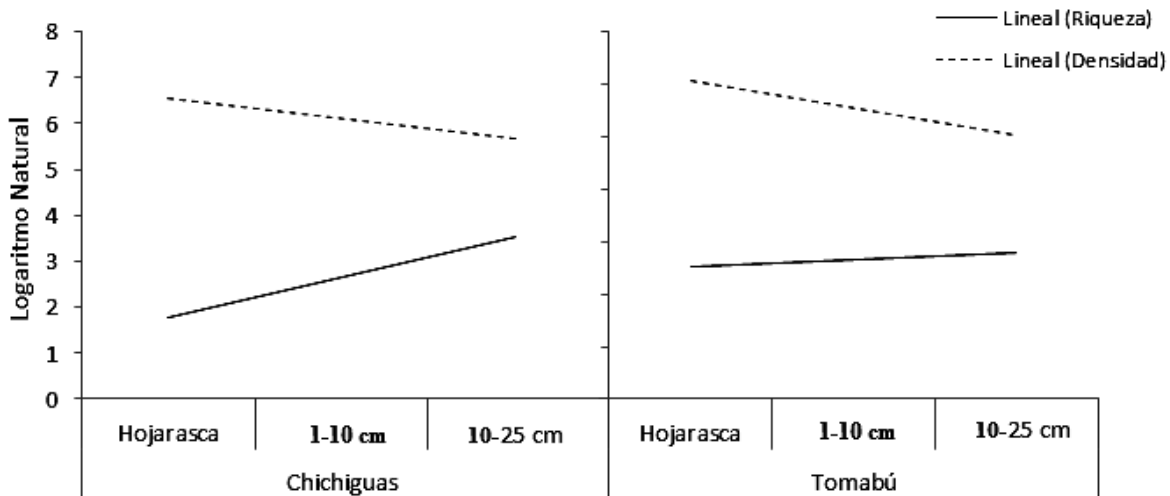


Figura 11. Tendencia lineal con logaritmo natural de la riqueza de familias y de la densidad, en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Lo que demuestra que en la hojarasca y en los primeros centímetros del suelo hay una dominancia de unas cuantas familias, se constató que las familias con mayor densidad ($X^2= 51$ $p<9.24E-13$) en la hojarasca fueron: Carabidae (1,150 individuos/ m^2 en Las Chichiguas) y Saltisidae (362 en Tomabú), dos grupos de importantes depredadores. Mientras más profundidad del suelo la presión de las familias depredadoras dominantes superficiales se reduce y permite un incremento de la riqueza del resto de familias, pero en cantidades menores.

En el estrato de 1-10 cm de profundidad se determinaron mayormente: Scolopendridae (950 en Tomabú) y Cydnidae (350 en Tomabú) ($X^2= 73.93$ $p<8.09E-18$); y en el estrato de 10-25 cm de profundidad se determinaron principalmente: Diplopodos (625 en Las Chichiguas) y Curculionidae (387.5 en Tomabú) ($X^2= 43.78$ $p<3.67E-11$), entre los principales (Figura 12). Es importante mencionar que tanto Cydnidae como Curculionidae son familias formadas por miembros fitófagos que en cantidades considerables se pueden volver plagas en cultivos esto por su hábito alimenticio.

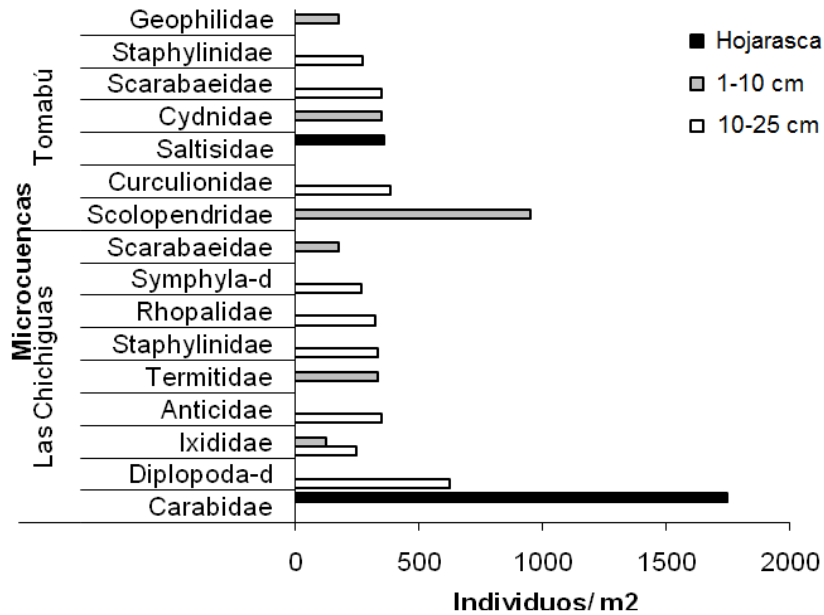


Figura 12. Familias más abundantes por microcuencas extraídos de la hojarasca, de 1-10 cm de profundidad y de 10-25 cm de profundidad. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Analizando las asociaciones entre la distribución vertical y los hábitos alimenticios mediante un análisis de correspondencia se confirma que los depredadores tuvieron mayor frecuencia de observación entre la hojarasca y de 1-10 cm, principalmente acercándose a la hojarasca, de 1-10 cm fueron los xilófagos como las termitas los que se asociaron más, posiblemente por mantenerse a esa profundidad haciendo galerías en el suelo y abasteciéndose de troncos semi-enterrados; y de 10-25 cm casi exclusivamente fitófagos y detritívoros ya que están recluidos a mayor profundidad en búsqueda de humedad, de la cual son dependientes y debido a que el muestreo se realizó en época seca.

La humedad es un factor limitante en los estratos más superficiales, principalmente para las Lumbricidae y todos los que comparten nichos semejantes (Figura 13) toda esa relación es significativa ($X^2 = 3.76$, $p < 0.0001$).

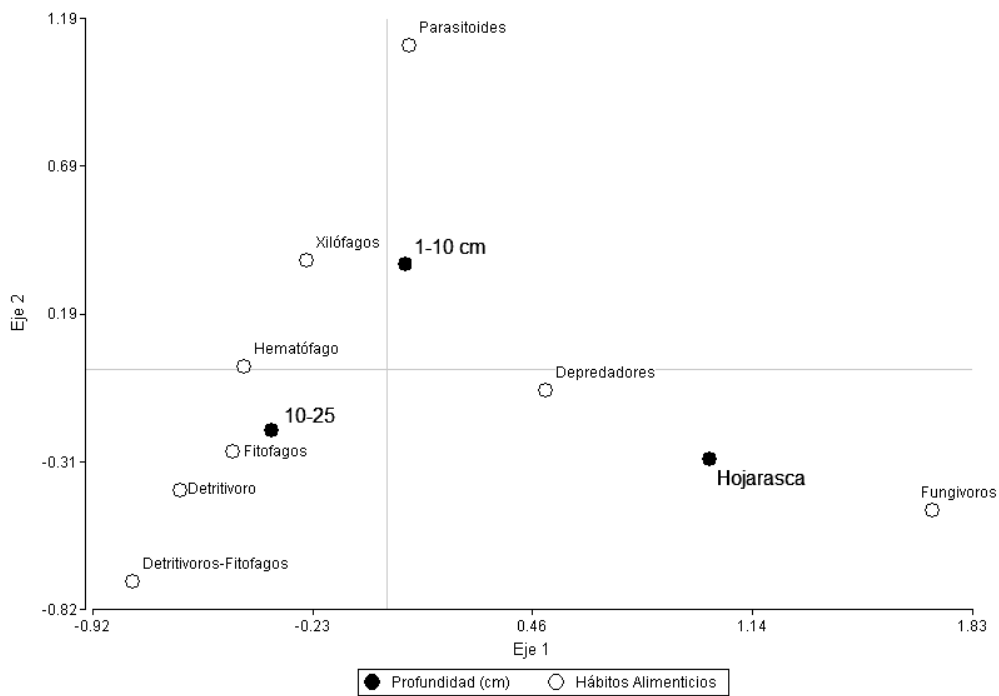


Figura 13. Biplot del análisis de correspondencia entre la distribución vertical y los hábitos alimenticios. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

4.4. Riqueza y composición de familias

Comparando la composición de familias en los tres estratos mediante el coeficiente de Similaridad de Jaccard, los estratos 1-10 cm y 10-25 cm son más similares entre sí (58.5%) que entre 1-10 cm y la hojarasca (25.7%) y entre los 10-25 cm y la hojarasca (27.02%), lo que revela que entre la hojarasca y el suelo de 1-25 cm de profundidad la composición es diferente indicando que familias que están en la hojarasca no están en el suelo y las familias que están en el suelo no están en la hojarasca (Cuadro 3).

	Hojarasca	1-10 cm	10-25 cm
Hojarasca	0	25.7%	27.02%
1-10 cm		0	58.56%
10-20 cm			0

Cuadro 3. Resultados del cálculo de porcentaje de similitud entre la composición de familias entre estratos. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Esto se debe a que en la hojarasca la mayoría de las familias de macroinvertebrados estaban representadas por arácnidos y otros individuos depredadores que utilizan la cobertura de la hojarasca para esconderse y acechar a sus presas, por lo que estos no requieren internarse dentro del suelo. Por otra parte las familias de macroinvertebrados encontradas entre 1-25 cm son individuos en estado larval u otros organismos vermiformes que necesitan las condiciones que les brinda el interior del suelo y en su mayoría son de hábito alimenticio fitófagos, xilófagos y detritívoros.

4.5. Densidad, riqueza y composición de familias de macroinvertebrados por hábitos alimenticios.

4.5.1. Densidad de macroinvertebrados

Se determinaron ocho hábitos alimenticios de los macroinvertebrados colectados: depredadores, detritívoros, detritívoros-fitófagos, fitófagos, fungívoros, hematófago, parasitoides y xilófagos.

El gremio alimenticio que involucró a la mayor densidad de individuos fueron: fitófagos que se alimentan de la savia de las raíces (observados en mayores densidades de 10-25 cm de profundidad), fungívoros que cortan hojas para producir hongos el cual le sirve de alimento, y se encontraban en las diferentes profundidades, depredadores donde están los cazadores de otros macroinvertebrados, éstos se encontraron en su mayoría en la hojarasca y xilófagos o animales que se alimentan de madera en descomposición 1-10 cm de profundidad (Figura 14) con diferencias significativas ($F=3.24$, $p<0.0024$).

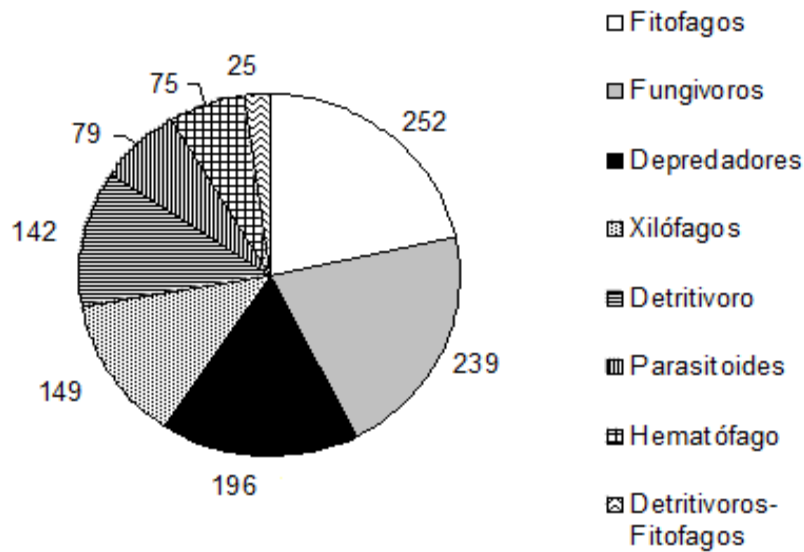


Figura 14. Densidad (ind/ m²) de macroinvertebrados del suelo por hábito alimenticio. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Las familias con mayores densidades de macroinvertebrados del suelo por cada hábito alimenticio fueron para depredadores: Carabidae (421 individuos/ m²) ($X^2= 5.86$, $p<0.015$); para los detritívoros: Lumbricidae (163) y Passalidae (133) ($X^2= 3.33$, $p<0.068$); para los detritívoros-fitófagos solamente se determinó: Grillidae (25); para los fitófagos: Curculionidae (406), Nematodos (391) y Rhopalidae (325) ($X^2= 30.84$, $p<2.89E-8$); para los fungívoros se caracterizaron solamente los formícidos, principalmente del género Ata (239).

En cuanto a los hematófagos más abundantes se determinaron únicamente: Ixididae (75), como parasitoides se determinó: Cydnidae (90) y Chalcididae (25) y entre los principales Xilófagos se destacaron únicamente: Termitidae (148) y Kalotermitidae (112) (Figura 15).

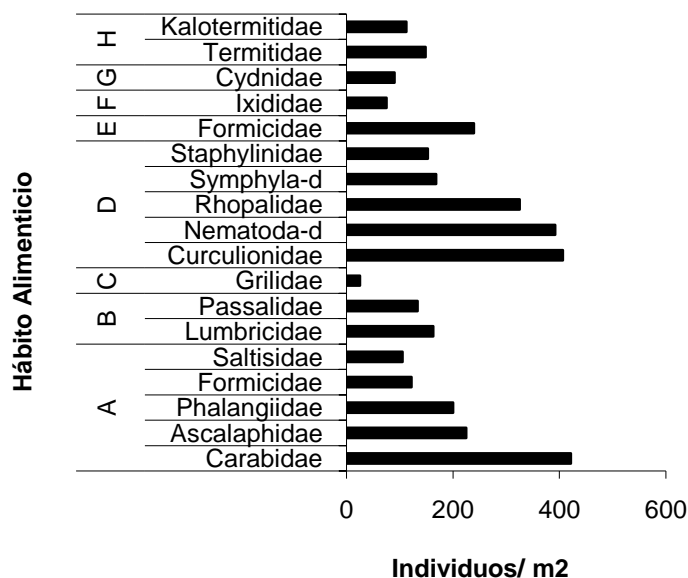


Figura 15. Familias con mayores densidades en relación a sus hábitos alimenticios. A= depredadores, B= detritívoros, C= Detritívoro-Fitófago, D= Fitófago, E= Fungívoro, F= Hematófagos, G= Parasitoides y H= Xilófagos. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

4.5.2. Riqueza y composición de familias

La mayor cantidad de familias resultaron ser de hábito alimenticio fitófago (25 familias), lo que demuestra diversidad en cuanto a los organismos que se alimentan de la savia de las raíces de plantas herbáceas, arbustos, árboles, cultivos y pastos. Es posible que parte de estas familias sean controladas de una forma natural por los depredadores (22 familias) presentes en el suelo, que es el segundo grupo con mayor riqueza de familias, aunque esta hipótesis debería de ser comprobada en otros estudios.

Un punto importante sería determinar qué tipos de presas prefieren los depredadores para aprovechar la eficiencia del gremio de los depredadores en esta microcadena alimenticia. Este tema quedará recomendado para futuras investigaciones ya que en el presente trabajo no se contemplan dichos objetivos. El resto de los gremios alimenticios contienen entre 1 y 2 familias (exceptuando los detritívoros que tienen 6), las diferencias son significativas ($X^2 = 12$, $p < 5.3E-4$) (Figura 16).

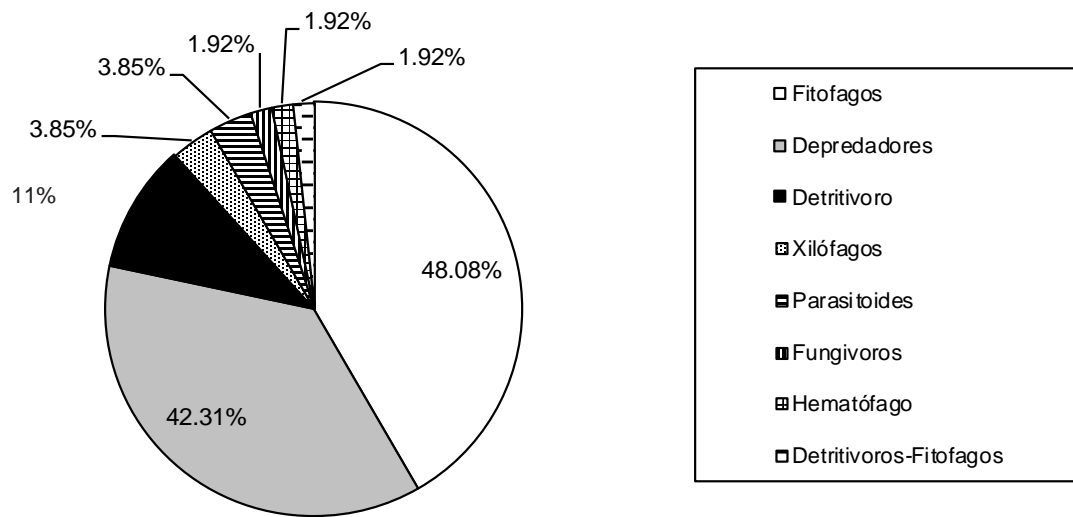


Figura 16. Distribución porcentual del número de familias de macroinvertebrados del suelo por hábitos alimenticios. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Proyecto UNA/CARE/MARENA/PIMCHAS, 2010.

Una de las posibles razones que explicarían la predominancia de los fitófagos con respecto a los otros grupos funcionales, es que ante una menor presencia de depredadores, no tuvieron una presión de consumo intensa que limitara la colonización en esos usos de suelo (Siemann, 1998).

La presencia de los fitófagos puede tener un impacto el cual está determinado que bajos niveles poblacionales aumentan la eficiencia del sistema radicular, beneficiando a las plantas; por el contrario cuando las poblaciones son abundantes, causan generalmente la muerte de la planta (Masters, 2004).

4.6. Densidad y composición de familias de macroinvertebrados por uso de suelo

4.6.1. Densidad de macroinvertebrados

Se determinaron cuatro usos del suelo: café con sombra, pasto, cultivo de granos básicos y bosque. El uso que predominó en las cinco microcuencas fue el cultivo de granos básicos, los pastos y las áreas forestales. Las microcuencas con mayores combinación de uso del suelo fueron: La Laguneta y Las Chichiguas, en donde se identificaron las 4 actividades.

El rubro de granos básicos seguido de la ganadería predominan en todas las microcuencas, debido a que son las principales actividades económicas en esas zona, mientras que en las microcuencas Laguneta y las Chichiguas presentan mayor diversidad de actividades, debido a mayor influencia de proyectos y condiciones ambientales (luz, temperatura y humedad) de estas área y en algunos casos porque las muestras se establecieron en áreas donde productores que están asociados al proyecto PIMCHAS.

Las mayores densidades de macroinvertebrados se obtuvieron en los usos café con sombra (Figura 17), con cantidades significativamente mayores ($F=2.95$, $p<0.0090$), se reportaron 694 individuos/ m^2 con 38 familias. Esto se debe exclusivamente a que el café con sombra reúne las condiciones necesarias para la proliferación de macroinvertebrados del suelo posiblemente se deba a la diversidad y disponibilidad de alimentos que presenta el uso de suelo al componerse de asociaciones de plantas la cual diversifica la materia organica en la superficie del suelo ademas de conserva mayor humedad.

Los resultados del presente trabajo guardan cierta relación con el estudio de Linares *et. al.* (s.f.) que muestreo diferentes sistemas de uso de suelo en Huanuco Perú; donde también encontró una mayor densidad de macroinvertebrados en sistemas agroforestales de café con sombra, al igual que otro estudio de Tapia-Coral *et al* (2004) que muestreo diferentes sistemas de uso de suelo en Jenaro Herrera (Loreto) donde de igual manera reportó una mayor densidad de macroinvertebrados en los sistemas agroforestales en la Amazonia Peruana.

El uso de suelo que tiene significativamente mayor cantidad de materia orgánica ($F= 96.60$, $p<0.0001$) fue el café con sombra con un 6.48 %, dado a la cantidad de rastrojo y material vegetal descompuesto que son usados como abono orgánico y además, este mismo uso se encuentra entre los usos con mayor porcentaje de humedad ($F=11.80$, $p<0.0001$) determinándose 21.41 %, la combinación de altas cantidades de materia orgánica y alto porcentaje de humedad seguramente promovió la proliferación de macroinvertebrados en ese uso (Cuadro 3).

Es necesario señalar que el muestreo para la toma de datos se realizó en estación seca, donde la humedad es un factor limitante en la comunidad de macroinvertebrados (Luizao *et al.*, 2002), por lo tanto, estos organismos preferían sitios con mucha sombra, con humedad y por supuesto con materia orgánica, hábitat que les concede el café con sombra.

Cuadro 4. Medias generales de las variables materia orgánica (MO) y Humedad (H) para los cuatro principales usos del suelo en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011).

Uso del suelo	MO (%)	H (%)
Bosque	3.60 ^a	17.20 ^a
Granos Básicos	3.92 ^b	17.36 ^a
Pasto	3.79 ^{ab}	20.24 ^{b***}
Café con Sombra	6.48 ^{c***}	21.41 ^{b***}

*** Los valores son altamente significativos

Los valores promedios de materia orgánica para el resto de los usos fue menor (Cuadro 3), y en el caso del pasto, tiene tanta humedad como café con sombra, pero tiene menos materia orgánica.

En el caso exclusivo del uso bosque, sus valores de humedad fueron bajos, porque en su mayoría era bosque caducifolio y el sol penetraba directamente al suelo; en cuanto a materia orgánica, como los bosques por lo general estaban en sitios escarpados, es probable que las la erosión eólica e hídrica haya producido efecto de arrastrar la materia orgánica hacia el área riparia de la microcuenca quedando descubierta la capa superficial del suelo, esta última afirmación debería ser probada por otros estudios. Pese a lo anterior, el uso de suelo bosque es el segundo en tener mayor abundancia de macroinvertebrados (551 individuos/m²).

Comúnmente se esperaría encontrar mayor cantidad de macroinvertebrados en estos bosques donde no hay intervención del hombre, pero en la realidad no es así. El dilema está en ¿Por qué el bosque no tuvo tanta densidad de macroinvertebrados como el café con sombra?, una posible respuesta es que el café con sombra es manipulado a beneficio de la producción de café por parte de los productores.

Por lo que ellos intervienen en sus plantaciones, proveyéndolas con mayor cantidad de materia orgánica y sembrando árboles perennifolios que le aporten mayor sombra lo que proporciona mayor humedad. Esta condición de manejo no la tienen los bosques, simplemente la materia orgánica del suelo de este uso es proveída por las hojas y ramas secas.

Este argumento es apropiado para evitar decir que el café con sombra es más importante que el bosque desde el punto de vista de conservación de la biodiversidad de macroinvertebrados e inducir a malas interpretaciones que conlleven a la afirmación de sustituir al bosque por café con sombra, ya que los bosques constituyen la cobertura principal y fuente de alimento fundamental para una gran variedad de animales vertebrados (Ojasti, 2001) que también tienen importancia económica y ecológica ya que en la mayoría de los casos son susceptibles a los efectos antropogénicos.

En orden descendentes los usos con mayor densidad de macroinvertebrados después del uso café con sombra y bosque fueron: granos básicos y pasto.

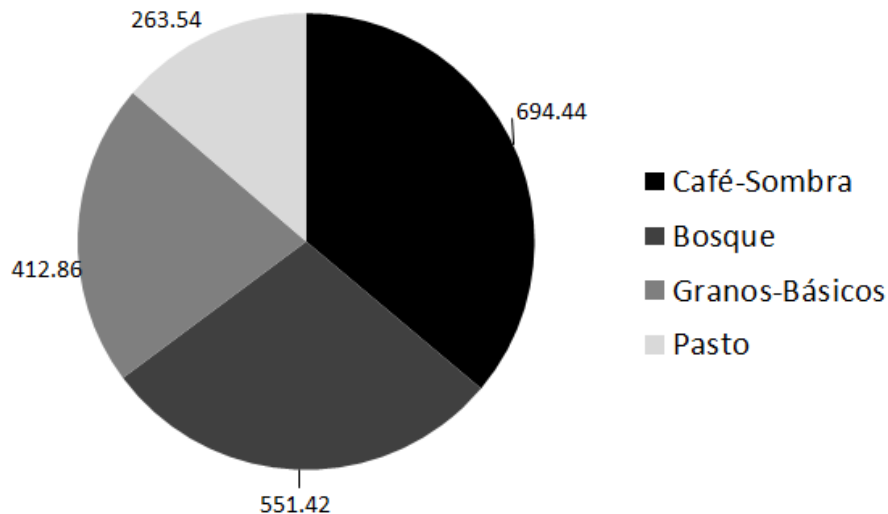


Figura 17. Densidad porcentual de macroinvertebrados del suelo por uso de tierra. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011).

En el uso bosque, las familias con mayores densidades ($X^2 = 42$ $p < 9.13E-11$) resultaron ser: Curculionidae (640 individuos/ m^2) con hábitos alimenticios fitófagos que afectan principalmente las raíces de los árboles y principalmente arbustos, malezas y cultivos, Carabidae (456) y Passalidae (300); en el café con sombra fueron ($X^2 = 65.60$ $p < 5.54E-16$): Formicidae (502) ellos hacen galerías en el suelo favoreciendo en las emisiones de gases del suelo e infiltración de las aguas por medio de sus galerías y larvas no identificadas de coleópteros (408).

En los granos básicos se destacaron ($X^2 = 78.36$ $p < 8.57E-19$): Cárabidae (775) cuyos miembros son individuos depredadores y curculionidae (730) los cuales son fitófagos por naturaleza y en grandes cantidades o colonizaciones se consideran plagas y en el pasto se determinaron altas cantidades ($X^2 = 57.79$ $p < 2.92E-14$) de Nematodos (1,125) ya que presenta habitats apropiadas para los mismos al estar relacionado con el ganado (Figura 18).

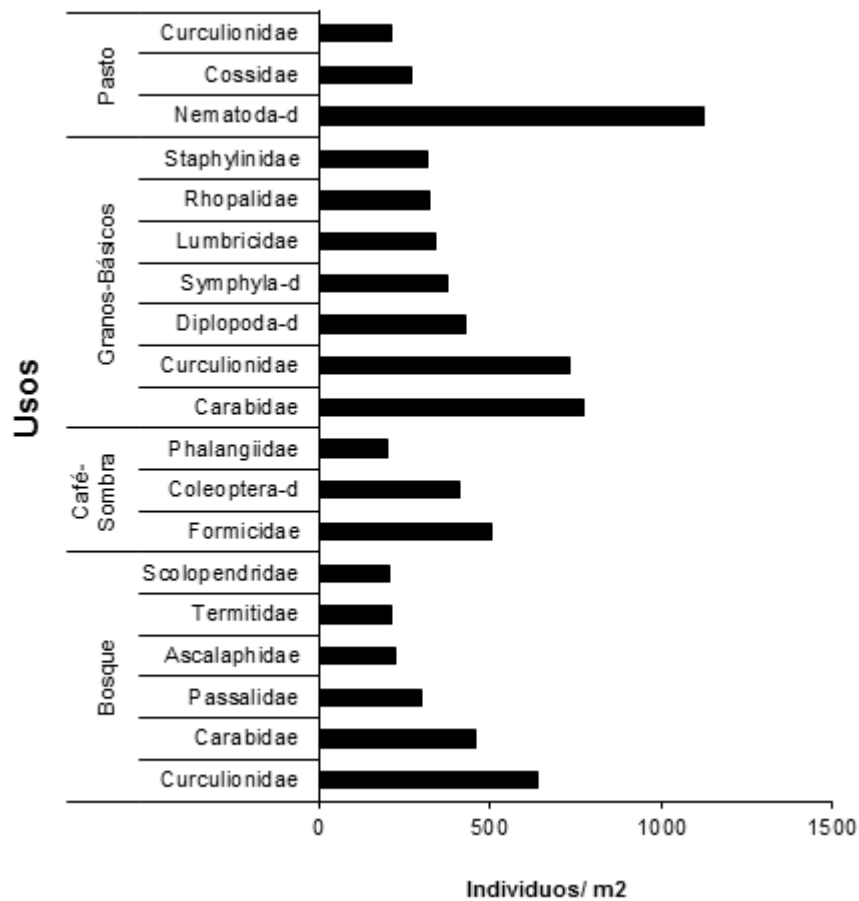


Figura 18. Familias con mayores densidades por uso del suelo. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011).

El uso de suelo bosque y el uso de suelo granos básicos tienen en común dos familias que son de las más abundantes como es Carabidae y Curculionidae. Café con sombra y el pasto no comparten familias abundantes (Figura 18).

4.6.2. Riqueza y composición de familias

De las 52 familias determinadas en todo el estudio los mayores porcentajes del número de familias fueron los usos granos básicos con 44 familias, bosque y café con sombra (Figura 19) aunque las diferencias resultaron no ser estadísticamente significativas ($X^2 = 0.43$, $p > 0.51$) con lo que se puede afirmar, que la riqueza de familias es semejante para los cuatro usos de suelo.

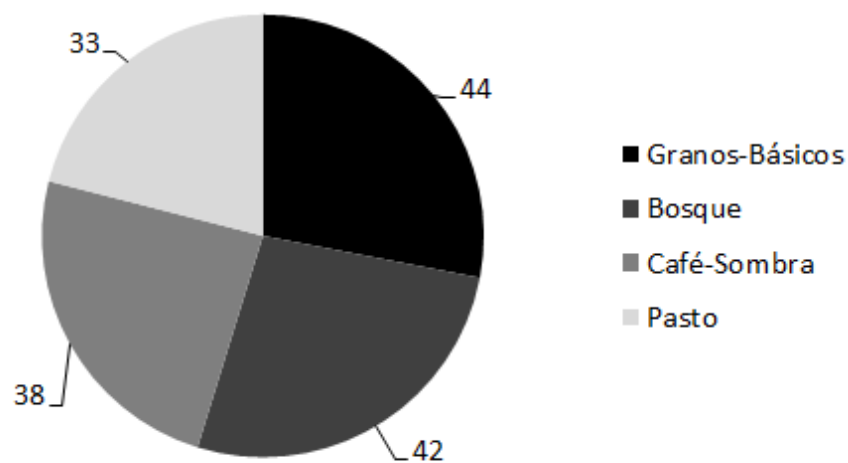


Figura 19. Número de familias encontradas por uso de suelo. En tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011).

La composición de familia presentó un fenómeno interesante, los usos de suelo pasto y café con sombra no comparten las mismas familias de macroinvertebrados con el uso de suelo granos básicos ni bosque, por otro lado las familias que están en granos básicos son las mismas que están en bosque con una similaridad del 100%; y las familias que están en café con sombra son las mismas que las de pasto en un 32% (Figura 20).

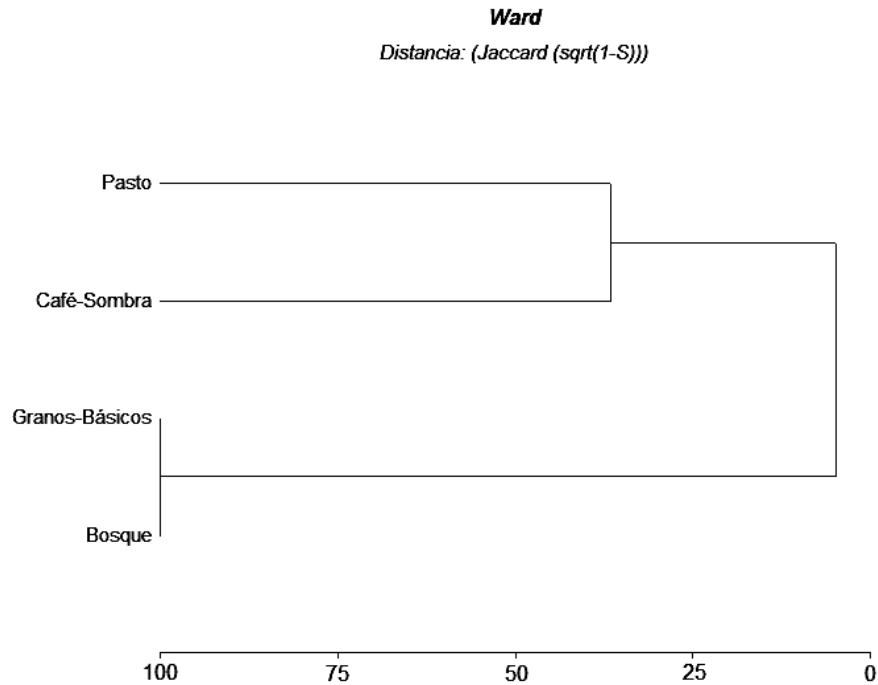


Figura 20. Conglomerado de los cuatro usos de suelo utilizando los totales de las riquezas de familias por uso de suelo, según el coeficiente de Jaccard mediante el método de Ward, en tres microcuencas de la Subcuenca del Río Estelí y dos microcuencas de la Subcuenca del Río Viejo. Datos tomados de Corrales (2011).

En el dendrograma se dilucidan dos grupos diferentes en cuanto a composición de familias: bosque - granos básicos y café con sombra - pastos, esas diferencias se podrían deber a la disponibilidad de humedad. En café con sombra - pastos se registraron los mayores valores de humedad, mientras que en bosque - granos básicos, los menores valores (Cuadro 3), de tal forma que las familias que requieren mayor humedad se asociarán a los usos café con sombra – pastos y las familias que no requieren tanta humedad pueden habitar en los usos granos básicos - bosque.

En este sentido el uso de suelo Café - Sombra tenía la sombra de árboles perennes, a como se mencionó anteriormente y el pasto por su cobertura vegetal lo que posiblemente les provee un ambiente adecuado para las familias con demanda de humedad como Nematoda-d, Cossidae Formicidae, Coleoptera-d y Phalangiidae; mientras que el uso de suelo de granos básicos cuando se realizó el estudio (Febrero-Abril periodo seco) se encontraba sin cobertura y expuesta al sol, al igual que el bosque en ese momento la mayoría de los árboles habían botado sus hojas, por ello el contenido de humedad fue menor.

Es probable que las familias asociadas a los usos granos básicos y bosque coincidan por tener la capacidad de poder resistir al estrés por poca humedad y alta temperatura, las familias que tenían dicha capacidad solo proliferaban en donde hubiera mayor humedad. Por otro lado, dos de las familias más abundantes (Carabidae y Curculionidae) se encuentran en los bosques y granos básicos.

V. CONCLUSIONES

La comunidad de macroinvertebrados edáfica en el área de estudio está compuesta por: 52 familias, 22 órdenes, siete clases y cuatro filums.

La densidad, número de familias y composición no varió significativamente entre microcuencas ni entre sitios a diferencia de la composición en la cual las familias de las microcuencas Tomabú y Laguneta son diferentes a las microcuencas Las Chichiguas, La Pita y El Coyote.

Las familias que obtuvieron los mayores valores de densidad de manera general fueron: Formicidae, Curculionidae, Termitidae, Lumbricidae y Carabidae.

La densidad y el número de familias no variaron significativamente entre las tres profundidades de muestreo. Pero, sí varió la composición de familias, de tal forma que las familias encontradas en la parte superficial del suelo son diferentes a las que se encuentran dentro del mismo.

Aunque la densidad y la riqueza de familia no variaron significativamente se determinó una tendencia a que la densidad disminuya desde la superficie hacia el interior del suelo y a que la riqueza de familias aumente desde la superficie hacia el interior del suelo.

Las familias de hábitos alimenticios fitófagos y depredadores presentaron mayor número de individuos/ m², seguido de los fungívoros y xilófagos, además tuvieron mayor riqueza de familias.

Los usos de tierra en donde se reportaron los mayores números de individuos/ m² fueron principalmente: café con sombra y bosque.

El número de familias no varió significativamente entre los usos, pero la composición de familia si varió, siendo el uso bosque y granos básicos similares en composición y por otro lado café con sombra y pasto.

VI. RECOMENDACIONES

- Comparar las poblaciones de macroinvertebrados en los períodos seco y lluvioso.
- Realizar estudios sobre dinámica de la comunidad de macroinvertebrados de suelo.
- En próximos estudios considerar variables como: Infiltración y densidad aparente y dentro de las variables resultantes del análisis de laboratorio: pH, nitrógeno y fosforo, para conocer a que variables están más allegados los macroinvertebrados.
- Valorar el manejo agronómico en dichas áreas de estudio, en el manejo de los suelos..
- Valorar las condiciones biofísicas como elevación, precipitación y temperatura en los próximos estudios.
- Elaborar una colección de macroinvertebrados que sirva de referencia para información general.

VII. LITERATURAS CITADAS

Anderson, J. M., and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2nd ed. CAB International. Wallingford, UK. Commonwealth Agriculture Bureau. 256 p.

Bellmann, H.; 1994. Guías de Naturaleza, Blume: Arácnidos, Crustaceos y Miriápodos. Primera edición española, Barcelona, 320 p.

Brown, G. G.; Pasini, A.; Benito, N. P.; De Aquino, A. M.; Correia, M. E. F. 2001. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Report presented in the “International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems” Montreal, Canadá, 8-10 November, 2001. 20p.

Calderón, A. 2001. Análisis de riesgos naturales y propuesta de plan municipal de reducción de desastres.

Corrales, M. 2010. Identificación de macrofauna edáfica y clasificación según hábito alimenticio (Consulta). Museo entomológico. León, Nicaragua.

Corrales, M. 2011. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y la calidad de suelo en cinco microcuencas del río Estelí y Jinotega. (Tesis no impresa).

FIDER (Fundación de investigación y desarrollo rural). 2008. Fortalecimiento de capacidades de hombres y mujeres para el manejo de recursos naturales de la micro cuenca Tomabú, en la parte media sub cuenca Río Viejo. Estelí, NI. 35p.

Gassen, D. N.; Gassen, F. R. 1996. Plantío directo o caminho do future. Passo Fundo, Aldeia Sul. 207 p.

INETER, 1995. Fotografías aéreas (21) escala 1:25000, año 1998.

INETER (Instituto de estudios territoriales) 2004. Informe de la Descripción taxonómica de los suelos a nivel orden a nivel nacional. Departamento de suelos y catastro. Agencia española de Cooperación Internacional (AECI). Managua, Nicaragua. 12p.

Ingeniería sin Fronteras, 2010; Planificación de Fincas y Niveles de ordenanza en los municipios Yalí, San Rafael y La Concordia, Jinotega-Nicaragua, Documento, 68 p.

Jiménez, JJ.; Decenas, T.; R J, T.; y Lavelle, P. s.f. La macrofauna del suelo: un Recurso Natural Aprovechable Pero Poco Conocido. (En línea). Colombia. Consultado el 6 de septiembre del año 2009. Disponible en: http://www.ciat.cgiar.org/tsbf_institute/pdf/arado_natural_cap1.pdf

Lavelle, P.; Dangerfield, M.; Fragoso, C. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Swift, M.J.; Wooster, P. (Eds). *Tropical Soil Biology and Fertility*. Jhon Wiley Sayce. New York. Pp. 137-169.

Lavelle, P.; & Spain A.V. 2001. *Soil Ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. Amsterdam, the Netherlands. 654 p.

Linares Villavicencio, D. E.; Tapia-Coral, SC.; Gambras Torres, O.; Torres García, J. s.f. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, 2002, HUANUCO PE. (En línea). Consultado el 30 de agosto del año 2009. Disponible en:
http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Poster_Dalia L.pdf

López A. 2010. Identificación de Moluscos (Consulta). Centro de Malacología y Diversidad Animal de la Universidad Centro Americana, Managua, Nicaragua.

Luizao, R. C. C.; Barros, E.; Luizao, F. J.; Alfaia, S. S. 2002. Soilbiotaand nutrient dynamics through litterfall in agroforestry system in Rondonia, Amazonia, Brasil. In International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystem for Sustainable Agriculture. Londrina, Embrapa Soja. FAO. Documentos/ Embrapa Soja. No. 182. 93-97 p.

Maes.; J.M.1998. 3 Vol Ilus.; 140 ref. / V1 Insecta 1-485 p.; V2 Coleóptera 487-1169.; V3 Megaloptera; León. Nic. 1170-1898 p.

Maes.; J.M. 2010. Identificación de macrofauna edáfica y clasificación según hábito alimenticio (Consulta). Museo entomológico. León, Nicaragua.

MARENA 2000 (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales), PANIF (Programa Ambiental Nicaragua-Finlandia). 2000. Plan del área Miraflor-Moropotente, Estelí. 25p.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 p.

Moore, J. C.; Berlow, E. L.; Coleman, D. C.; Ruitter, P. C.; Dong, Q.; Hastings, A.; Johnson, N. C.; Mccann, K. S.; Melville, K.; Morin .P. J.; Nadelhoffer, K.; Rosemond, A. D.; Post, D. M.; Sabo, J. L.; Scow, K. M.; Vanni, M. J.; Wall, D. H.; 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters* 7:584-600.

MAGFOR (Ministerio agropecuario y forestal) 2000. Base de datos biofísica SIG del Departamento de Estelí. Nicaragua.

MAGFOR (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Forestal). 2001. Estudio de ordenamiento de cuencas hidrográficas en la región norte y central de Nicaragua. Managua, NI. 22p.

Masters, G.J. 2004. Belowground herbivores and ecosystem processes. *Ecological Studies*. 173:93-112.

Ojasti, J. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB Series #5 Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C. US. 290 p.

Pérez, M. 2004. Aspectos Conceptuales, Análisis numérico, Monitoreo y Publicación de datos. Sobre Biodiversidad. MARENA. Centro de Malacología/Diversidad Animal UCA. 1 ed. Managua Nicaragua. 331 p.

Rodríguez, I. 2011. Comunicación personal. Departamento de Manejo de Cuenca, UNA, Sede Managua.

Rodríguez, I.; Martínez, C.; Acuña, E. 1995. Estudio de reconocimiento y caracterización de los recursos hídricos, edáficos y forestales del municipio de Pueblo Nuevo, Estelí-Nicaragua; Edición preliminar. 77 p.

Siemann, E. 1998. Experimental test of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity, *Ecology* 79:2057-2070.

Tapia C., S.C.; Pashanasi, B.; Luzao, F.; Barros, E.; Delgado, C.; Castillo, D del. s.f. Caracterización de los macroinvertebrados del suelo en diferentes sistemas de manejo en la Amazonia Peruana. (En línea). Perú. Consultado 31 de agosto del 2009. Disponible en: http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Painel3_TapiaS.pdf

Tapia C., S.C.; Luizao, F.; Barros, E.; Pashanasi, B.; del Castillo, D. 2002. Macrofauna do Solo em sistemas agroflorestais na amazonia peruana.

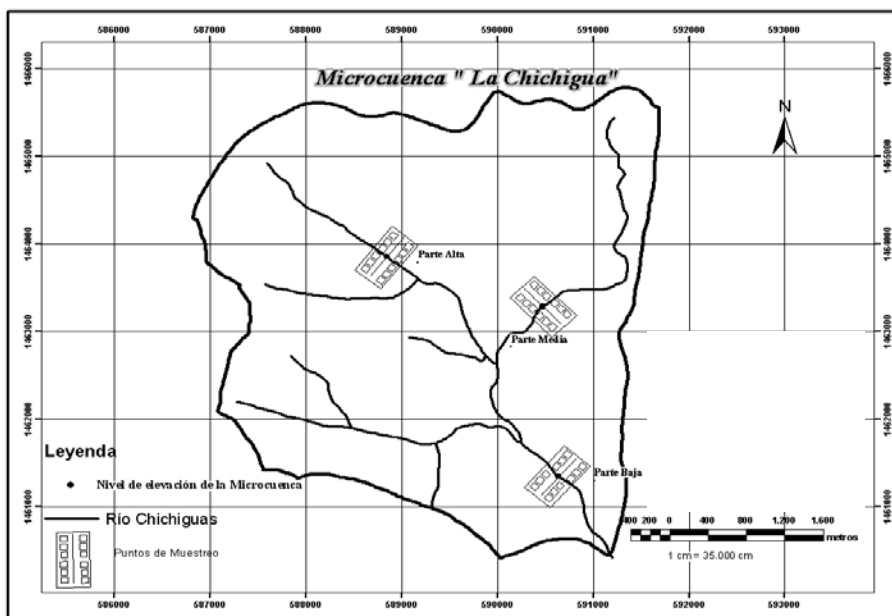
UNA/CARE-MARENA-PIMCHAS. 2011. Informe Técnico Ejecutivo del Proyecto Monitoreo y Evaluación del Impacto del Proyecto CARE-MARENA-PIMCHAS Atreves de los Indicadores de Infiltración de Agua, Materia Orgánica, Erosión, Calidad de Agua, Escorrentía y Sedimentos en Cinco Microcuencas de las Subcuencas de los Ríos Viejo y Estelí.

Zervio, S.; Altier, N.; Maron, A.; y Rodríguez, C. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. (En línea). Colonia, UY. Consultado el 30 de agosto del año 2009. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/VOL12/1/Pages%20from%2044-55.pdf>

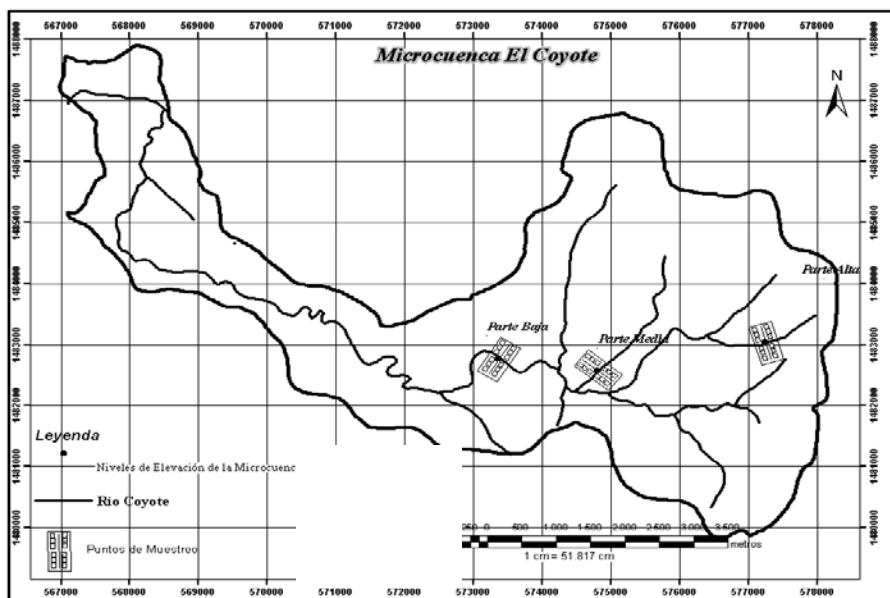
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Mapas de las áreas de estudio

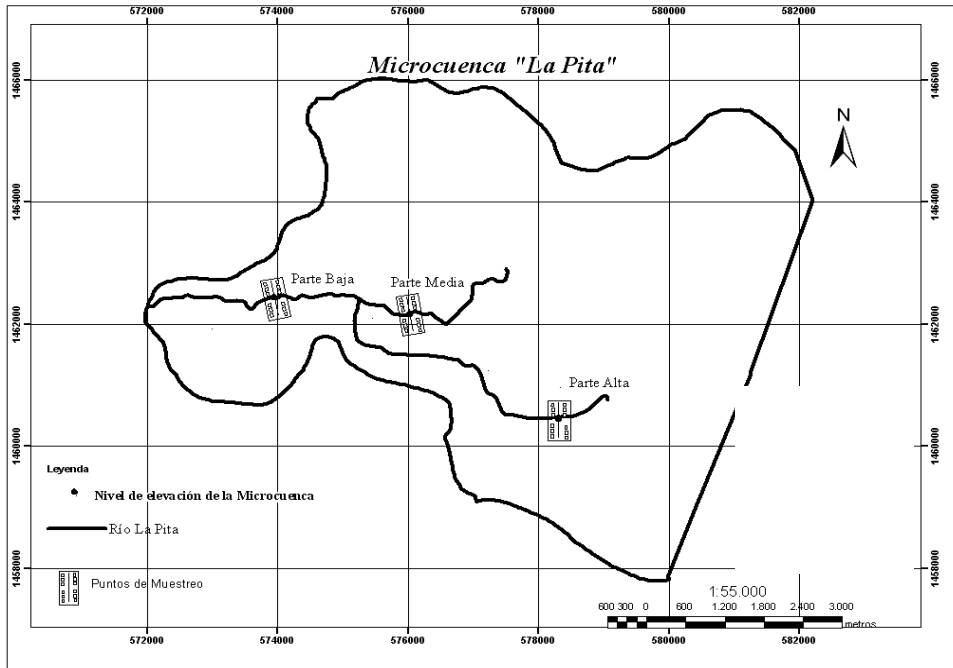
Puntos de muestreo en la microcuenca Las Chichiguas ubicada al accidente del municipio la Concordia, Jinotega, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR-2001.



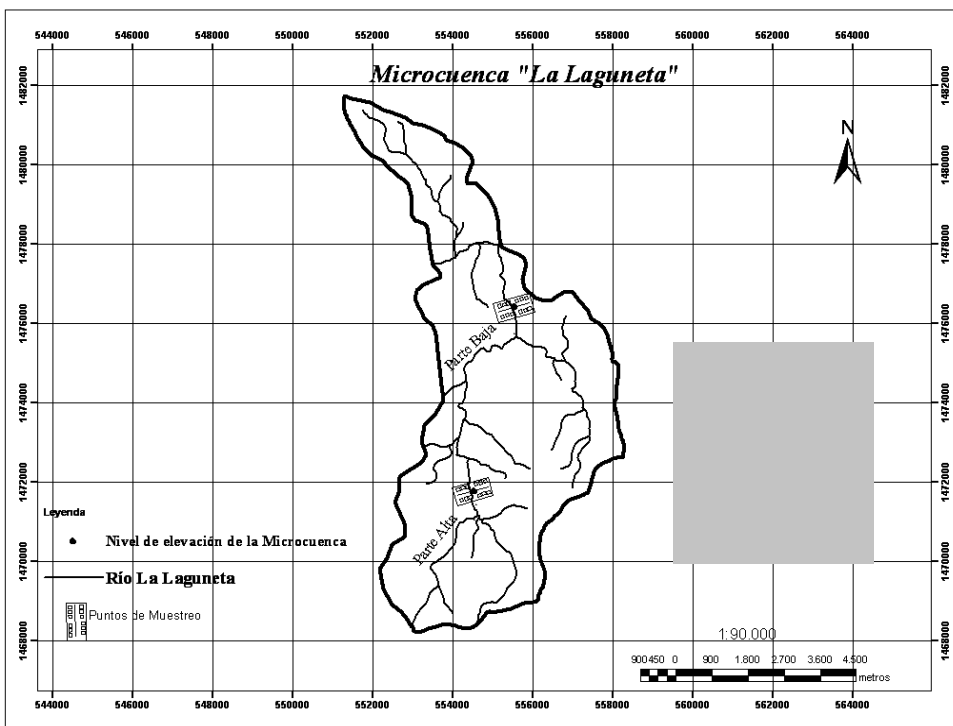
Puntos de muestreo en la microcuenca El Coyote ubicada en el municipio de Condega, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR-2001.



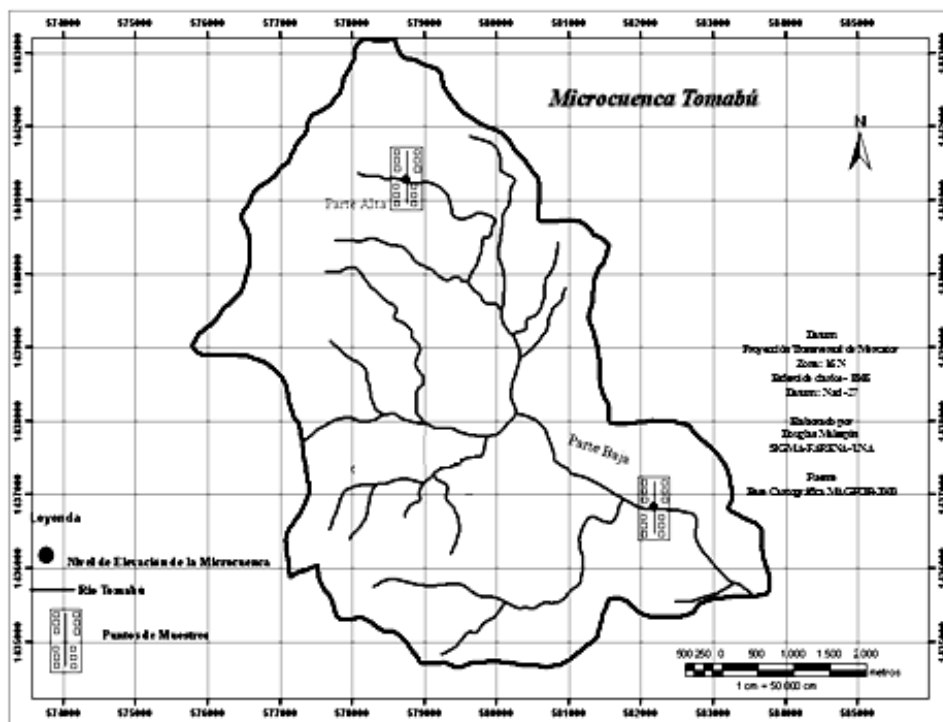
Puntos de muestreo en la microcuenca La Pita ubicada en el extremo noreste del municipio de Estelí, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR-2001.



Puntos de muestreo en la microcuenca La Laguneta ubicada en el municipio de Pueblo Nuevo departamento de Estelí, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR-2001.



Puntos de muestreo en la microcuenca Tomabu ubicada ubicada en el municipio La Trinidad, departamento de Estelí, Nicaragua 2010. Base cartográfica MAGFOR 2001.



Anexo 2. Formulario de toma de datos de Macroinvertebrados del suelo en cinco Microcuencas de los Ríos Estelí y Viejo, Nicaragua.

Microcuenca: _____ Parte: _____ Fecha: _____

Propietario: _____ Nombre del sitio (Comunidad): _____

Nº	Nombre Temporal (MORFOESPECIE)	Profundidad	Punto	Uso del suelo	Nº de individuos

Observaciones:

Anexo 4. Taxonomía de las familias determinadas en las cinco microcuencas y su abundancia.

Filum	Clase	Familia	Abundancia
Anélida	Oligochaeta	Lumbricidae	248
Artrópoda	Arachnida	Araneida-d	137
		Daesiidae	2
		Gnaphosidae	12
		Ixididae	21
		Lycosidae	18
		Migidae	17
		Phalangiidae	8
		Pseudoscorpionida-d	11
		Saltisidae	42
		Scytolidae	1
		Sulpugida-d	2
		Theriidae	2
		Thomisidae	10
		Chilopoda	Geophilidae
	Scolopendridae		58
	Siphonophorida-d		2
	Crustacea	Porcellionidae	45
	Miembros de la clase Diplopoda	Miembros de la clase Diplopoda-d	82
		Julidae	5
	Insecta	Acrididae	9
		Anticidae	25
		Ascalaphidae	9
		Asilidae	11
		Blatellidae	15
		Bruchidae	1
		Carabidae	219
		Chalcididae	1
Chrysomelidae		1	
Cicadellidae		1	
Cicadide		11	
Coleoptera-d		59	
Corydalidae		2	
Cossidae		106	
Cucujidae		1	
Curculionidae		504	

Filum	Clase	Familia	Abundancia
		Cydnidae	18
		Elateridae	27
		Forficulidae	2
		Formicidae	603
		Grillidae	3
		Hemiptera-d	1
		Kalotermitidae	9
		Lygaedae	21
		Miridae	3
		Navidae	1
		Noctuidae	1
		Passalidae	16
		Pentatomidae	1
		Reduvidae	14
		Rhopalidae	13
		Scarabaeidae	35
		Staphylinidae	116
		Tenebrionidae	28
		Termitidae	440
		Thysanura-d	13
	Symphyla	Symphyla-d	101
Molluscas	Gasteropoda	Orthalicidae	2
		Polygyridae	16
		Spiraxidae	93
Nemathelminthes	Nematoda	Nematoda-d	47

-d taxón que no fue identificado a familia.

Anexo 5. Descripción breve y general de algunas familias de macroinvertebrados del suelo más representativas en las cinco microcuencas.



Depredadoras Carabidae:

Las especies son muy variables en tamaño, formas y color. La mayoría tiene matiz oscuro a negro brillante, son algo aplanadas y con élitros estirados. Son muy comunes en el suelo, son de hábito nocturnos, por el día se esconden debajo de diferentes objetos. Son depredadores de otros insectos y son de importancia económica cuando las especies que frecuentan los cultivos depredan a las especies plagas en estado de huevo o larvas principalmente, hay especies que son fitófagas.

En estos insectos la cabeza, es prognata es menos ancha que el pronoto. Las mandíbulas son desarrolladas, las antenas son delgadas de 11 segmentos, con los últimos seis pubescentes, están insertadas en la base de las mandíbulas filosas que también son de tamaño grande.



Fitófago/Depredador Staphylinidae:

Las especies son insectos delgados y alargados, fácilmente reconocibles porque tienen los élitros cortos y ligeramente más largos que anchos por lo que el abdomen queda descubierto después del ápice de los élitros; hay de seis a siete externitos visibles; las alas posteriores son bien desarrolladas, en reposo se plegan debajo de los élitros. Son insectos activos de vuelo rápido, cuando corren elevan el extremo del abdomen tal como lo hace el escorpión al atacar.

Tiene las mandíbulas largas y afiladas, el tamaño es de menos de 5 a 25 mm, son de color negro a café, son nocturnos. Habitan lugares como material en descomposición, usualmente las larvas y los adultos son depredadores.



Fitófago Coccidae/Cossidae:

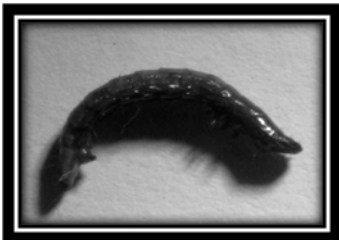
Esta escama típica, las hembras son alargadas ovaes convexas, aplanadas, están cubiertas de cera, tienen patas cortas antenas muy reducidas, tienen hendiduras anales y un par de placas anales. Los machos pueden tener o no alas.



Fitófago Curculionidae:

Son insectos muy variables en tamaño, forma del cuerpo y del pico. Se caracterizan porque presentan una prolongación anterior de la cabeza que puede ser corta o gruesa o alargada, en la mayoría de los casos ligeramente curvada, con un canal o surco a los lados cerca de la parte proximal; las antenas se originan a media distancia a los lados del pico, es de tipo acodada, el escapo es un segmento alargado y se aloja en el surco lateral del pico, los últimos tres segmentos son engrosados; es un tipo de antena acodada.

Los trocánteres son muy pequeños y triangulares y los fémures se originan lateralmente. Las especies son fitófagas, algunas de ellas son plagas severas de plantas de cultivos, pueden causar daño a las raíces, follaje, flores y frutos.



Fitófago Elateridae:

Son los escarabajos klik. Las especies tienen el cuerpo alargado de lados paralelos, son más o menos redondeados en los extremos, tienen los ángulos lateros posteriores en forma de espina, las antenas son usualmente de tipo serradas, algunas veces pectinadas.

La unión entre el protórax es muy característica; por la disposición de estar en unión solo permite escasos movimientos verticales. Ventralmente pueden observarse que una espina prosternal está alojada en una cavidad del mesosterno entre los que existe una unión flexible que permite al insecto recuperar la posición correcta cuando está volteado al hacer que el cuerpo vibre como resorte.

La larva se desarrolla en el suelo, es cilíndrica de cuerpo duro y liso con matiz café, se alimenta de las raíces de las plantas o les puede causar la muerte. Una cantidad de diez larvas por metro cuadrado o de tres larvas por metro por surco, es una densidad que puede causar daños.



Parasitoides Cydnidae:

Las especies de esta familia se han adaptado al hábitat subterráneo, son de forma oval, tamaño pequeño, de menos de ocho mm, son de color negro a rojizo, la cabeza es corta semicircular, las antenas son de cinco segmentos, presentan ocelos. Tienen setas en la cabeza y en los márgenes convexos del pronoto tienen espinas en las tibias; las patas anteriores son cavadoras; estos insectos se alimentan de la savia de las raíces del arroz, maní, frijol y maíz.



Detritívoro Passalidae:

Son insectos de cuerpo aplanado con el pronoto cuadrado y un surco medio en el dorso; las antenas son lameladas y tienen segmentos expandidos y separados. Son de color negro, tienen un cuerno típico en la cabeza, ambas formas de vida habitan en la madera en descomposición.

Anexo 6. Características Biofísicas de las microcuencas.

Datos biofísicos	Microcuencas				
	La Pita	El Coyote	La Laguneta	Las Chichiguas	Tomabú
Distancia	28 km en el extremo Nor-oeste del municipio de Estelí	Ubicada a 15 km de Condega	A 4 km al sur del municipio de pueblo Nuevo Departamento de Estelí,	Ubicada al occidente del municipio la Concordia a una distancia de 32 km de la cabecera departamental Jinotega.	Ubicada a 6 km de la ciudad de la trinidad
Suelos	Molisoles, Ultisoles y vertisoles	Vertisoles, Molisoles y Entisoles	Entisoles y Molisoles	Entisoles, Inceptisoles y Molisoles	Molisoles, Inceptisoles
Coordenadas UTM	571999, 1462307; 575869, 1466188; 583289, 1463762; 580511, 1457753	567843, 1486858; 574886, 1486971; 573761, 1480017; 567314, 1484664	551220, 1482045; 558329, 1474700; 552522, 1468116; 552920, 1472964	581492, 1465538; 593735, 1466426; 590580, 1449139, 579915, 1457761	575767, 1438952; 578208, 1443152; 583728, 1435543; 577438, 1434773
Altitud	800-1500 msnm	-----	600-900 msnm	700-1500 msnm	674-1444 msnm
Fisiografía-Relieve	Montañoso	Muy accidentado	Moderadamente o muy extremadamente escarpado	Montañoso, fuertemente accidentado	Ondulado a fuertemente escarpados
Cobertura vegetal	Bosques Mixtos	Cultivos anuales, Bosques latifoliados y de pino	Agrícola, forestales, café con sombra y pasto	Pastos, cultivos y en menor área bosque	Pastos, bosque de pino, latifoliado, café con sombra
Pendiente	2-75%	2-50%	2-45%	15-95%	0-50%
Temperatura	18° y 25° C	22.6-24.62 C°	21.3-35.8°C	19-25°C	20-22°C
Precipitación	1200 y 1600 mm/año	798-900 mm se caracteriza como una zona seca	874 mm/año	800-1200 mm/año	800-1200mm/año

Referencia	MARENA 2000-2004	Calderón, 2001	INETER, 1995 Rodríguez, et al. 1995	MAGFOR, 2001 Ingeniería Sin Fronteras, 2010	FIDER, 2008 MAGFOR, 2000 INETER (2004).
Tesista	Harold Javier Maradiaga Vásquez	Mayra Lissette Ruiz Herrera	Elvin Santiago Díaz Rivera	Joel Blandón	Zeyda Amparo Talavera Flores

