

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**“DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN SISTEMAS
AGROFORESTALES DEL CULTIVO DE *Plukenetia volubilis* L.”**
“SACHA INCHI” EN TINGO MARÍA

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

BRENDY MAYTHE CHANTA DIAZ

PROMOCIÓN 2007-I

Tingo María - Perú

2010



P34

Ch19

Chanta Díaz, Brendy M.

Diversidad de Macroinvertebrados en Sistemas Agroforestales del Cultivo de *Plukenetia volubilis* L. "Sacha Inchi" en Tingo María. Tingo María, 2010

101 h.; 23 cuadros; 19 fgrs.; 59 ref.; 30 cm.

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

1. PLUKENETIA VOLUBILIS L. 2. SISTEMA AGROFORESTAL 3. MACROFAUNA-SUELO 4. CULTIVO SACHA INCHI 5. CONSERVACION-SUELO 6. PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 29 de Diciembre de 2010, a horas 07:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN SISTEMAS AGROFORESTALES DEL CULTIVO DE *Plukenetia volubilis* L. “SACHA INCHI” EN TINGO MARÍA”

Presentado por la Bachiller: **BRENDY MAYTHE CHANTA DIAZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “BUENO”.

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

Tingo María, 20 de Julio de 2011

Blgo. **MARIELA MORILLO ALVA**
Presidente

Blgo. **MSc. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE**
Vocal

Ing. **JAIME TORRES GARCIA**
Vocal



Ing. **MSc. VICENTE S. POCOMUCHA POMA**
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento tan especial de mi vida.

A la memoria de mi bisabuela Rosa. A mi abuelita Rosina por su apoyo, consejos, enseñanzas, confianza, amor y que con mucho esfuerzo trabajó para mí.

A mi madre Graciela por darme la vida.

A mis hermanos Malu, Cynthia, José. A mi primas Lesly, Yoselin, Yesarela por compartir tantos momentos lindos junto a ustedes los quiero mucho.

A mis Tías: Teresa y Rosa, por el apoyo y confianza para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.

A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A mi Asesor al Ing. Msc. Vicente Pocomucha Poma por su apoyo y aportes en el desarrollo de esta tesis.

A mi Co Asesor al Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo por su apoyo y aportes en el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Dalia Linares Villavicencio, por su apoyo en el análisis de los resultados de la presente investigación.

Al Ing. Davy Hidalgo Chávez, por su enorme apoyo en la parte estadística de los resultados de la presente investigación.

Al Ing. Andy Williams Vela Zevallos, por su apoyo, durante el trabajo de campo y redacción del presente trabajo.

Al Técnico Manuel Linares y al técnico Ariza, por las facilidades brindadas durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A Iván Albornoz, Enzo Otárola y Gonzalo Ávila por el apoyo brindado en la realización de los planos.

Al Sr. Michel Abendaño por cedernos su terreno para la realización del presente trabajo de investigación.

A mi amiga Jenny León, de manera especial por su amistad, apoyo y confianza a lo largo de mi formación profesional.

A mis queridas amigas, Sally, Karina, Fiorella, Carolina, Gabriela, Viviana y a todos mis amigos con quienes pasamos buenos momentos en las aulas Universitarias.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Los sistemas agroforestales en la Amazonía	4
2.2. Efecto de las coberturas y cultivos en los suelos.....	5
2.2.1. <i>Arachis pintoi</i> "Maní forrajero"	8
2.2.2. <i>Pueraria phaseoloides</i> "Kudzu"	10
2.2.3. <i>Cajanus cajan</i> "Frejol de palo"	11
2.2.4. <i>Inga edulis</i> "Guaba"	12
2.3. La macrofauna del suelo.....	13
2.3.1. Actividad de los macroinvertebrados en el suelo	15
2.3.2. Antecedentes de investigaciones realizadas	20
2.4. Descripción de la especie <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	24
2.4.1. Importancia	24
2.4.2. Taxonomía	25
2.4.3. Descripción	26

III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ubicación del lugar de estudio	29
3.1.1. Ubicación geográfica	29
3.1.2. Fisiografía	30
3.1.3. Suelos	31
3.1.4. Clima	32
3.1.5. Zona de vida	32
3.1.6. Vegetación	32
3.2. Materiales	34
3.2.1. Material biológico	34
3.2.2. Materiales de campo	35
3.2.3. Materiales de laboratorio	35
3.2.4. Equipos de campo y laboratorio	35
3.3. Metodología	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1. Reconocimiento del área experimental	35
3.3.2. Eliminación de malezas y delimitación del área experimental	36
3.3.3. Diseño experimental	38
3.3.4. Remoción del suelo del área experimental	39
3.3.5. Instalación de los cuatro sistemas	40

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1. Suelos.....	52
4.2. Macroinvertebrados en los sistemas agroforestales	53
4.2.1. Análisis de varianza de macroinvertebrados a nivel de hojarasca	53
4.2.2. Análisis de varianza de macroinvertebrados a nivel de 0 - 10 cm	63
4.3. Diversidad de especies macroinvertebrados	69
4.4. Densidad y biomasa de macroinvertebrados	79
V. CONCLUSIONES	87
VI. RECOMENDACIONES	88
VII. ABSTRACT	89
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Clasificación funcional de la macrofauna	15
2. Actividades de la fauna del suelo en los procesos de descomposición y la estructura del suelo.....	19
3. Coordenadas de ubicación del área de investigación.	29
4. Métodos realizados para el análisis de suelos del área de investigación.....	31
5. Datos meteorológicos correspondientes al periodo de investigación (2009 - 2010).....	33
6. Dimensiones de bloques y parcelas.....	37
7. Combinaciones evaluadas.	38
8. Número de muestras tomadas en la investigación.....	45
9. Análisis de variancia para la investigación.	49
10. Análisis de suelos del área de investigación.	52
11. Análisis de varianza de las familias encontradas en la evaluación de la etapa de siembra.....	53
12. Análisis de varianza de las familias encontradas en la vegetación original.....	55

13.	Análisis de varianza de las especies encontradas en la evaluación de la etapa de cosecha del sachá inchi a nivel de hojarasca.....	59
14.	Análisis de varianza de las familias encontrada en la evaluación de la etapa de siembra del sachá inchi.	63
15.	Análisis de varianza de las familias encontradas en la etapa de cosecha del sachá inchi a nivel de 0 – 10 cm de profundidad.	65
16.	Número de individuos en orden y familia encontradas en las etapas de evaluación.	69
17.	Valores de los índices de diversidad en cada una de las etapas de evaluación de los sistemas asociados al sachá inchi.....	70
18.	Valores de los índices de diversidad en cada una de los sistemas a nivel de hojarasca.	7474
19.	Valores de los índices de diversidad en cada uno de los sistemas a nivel de 0 – 10 cm.	777
20.	Valores de densidad y biomasa de macroinvertebrados según las etapas de evaluación del cultivo de sachá inchi.....	79
21.	Valores de densidad y biomasa de macroinvertebrados en los sistemas agroforestales evaluados por etapa.	80
22.	Valores de densidad y biomasa de macroinvertebrados en los sistemas agroforestales evaluados por niveles de muestreo.	83
23.	Análisis de suelos inicial y final del área experimental.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Ubicación del área de investigación.....	30
2. Material biológico utilizado en la investigación.....	34
3. Vista de la vegetación original compuesta de macorilla y rabo de zorro con periodo de 25 años (1987).	36
4. Eliminación y delimitación del área.....	37
5. Plano de distribución de las parcelas en el área de investigación.....	39
6. Remoción del suelo y limpieza de estolones de macorilla.	40
7. Sembrando especies en el área.....	42
8. Actividades de mantenimiento del área de investigación.....	43
9. Esquema del monolito y niveles de muestreo realizado (modificado de ANDERSON e INGRAM, 1993).	45
10. Extracción de monolitos. a) esquema de extracción de monolitos en la vegetación original. b) esquema de extracción de monolitos en los sistemas agroforestales.....	46
11. Muestreo según método TSBF.....	48

12. Valores riqueza de especies e Índices de diversidad a nivel de hojarasca.....	72
13. Valores riqueza de especies e Índices de diversidad a nivel de 0-10 cm.	72
14. Valores encontrados en densidad y biomasa de macroinvertebrados. a) Densidad a nivel de hojarasca, b) Biomasa a nivel de hojarasca, c) Densidad a nivel de 0 – 10 cm, d) Biomasa a nivel de 0 – 10 cm.	86
15. Sistemas agroforestales y parcelas testigo instalados. a) Sistema maní forrajero guaba sachá inchi, b) sistema maní forrajero Frejol palo sachá inchi, c) sistema kudzu Frejol palo sachá inchi, d) sistema maní forrajero guaba sachá inchi, e) sachá inchi, f) macorrilla y rabo de zorro.....	102
16. Especies representantes de los diferentes grupos taxonómicos.....	103
17. Especies representantes de los diferentes grupos taxonómicos.....	104
18. Especies representantes de los diferentes grupos taxonómicos.....	105
19. Separando manualmente los macroinvertebrados de la muestra de suelo.....	106

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en el caserío Santa rosa con un área experimental de 1152 m², con el objetivo de evaluar la diversidad de especies macroinvertebrados en cuatro sistemas agroforestales asociados al cultivo de *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi" instalados en un suelo con degradación aparente, siendo los sistemas: *Pueraria phaseoloides* "Kudzu" *Inga edulis* "Guaba" *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", *Pueraria phaseoloides* "Kudzu" *Cajanus cajan* "Frejol palo" *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", *Arachis pintoi* "Maní forrajero" *Inga edulis* "Guaba" *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", *Arachis pintoi* "Maní forrajero" *Cajanus cajan* "Frejol palo" *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", además de la vegetación original compuesta de *Pteridium sp* "Macorilla" y *Andropogon bicornis* "rabo de zorro", y un cultivo puro de *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", como tratamientos testigos. Los macroinvertebrados fueron evaluados de acuerdo a la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) a nivel de hojarasca y 0- 10 cm, realizando el conteo e identificación de macroinvertebrados presentes en las etapas de siembra, fructificación y cosecha, además de una evaluación en la vegetación original como base comparativa.

Los resultados obtenidos muestran que los sistemas agroforestales y parcelas testigos no presentaron diferencias significativas en la cuantificación de individuos en las etapas de siembra, fructificación y cosecha en los niveles de hojarasca y 0 – 10 cm. Los macroinvertebrados fueron más diversos en la etapa de cosecha donde, el sistema Maní forrajero Frejol palo Sacha inchi con 13 especies 1.8 bits/ind. y 0.7 de equitatividad fue el más diverso y mejor distribuido a nivel de hojarasca, las parcelas testigo Macorilla rabo de zorro con 3 especies 1 bits/ind. 1 de equitatividad fue el más alto valor en diversidad y mejor distribuido a nivel de 0 – 10 cm. Los valores para densidad y biomasa fueron mayores en el sistema Maní forrajero Frejol palo Sacha inchi fueron 1456 ind.m⁻² y 15.28 g.m⁻² a nivel de hojarasca y mayor en el sistema Maní forrajero Guaba Sacha inchi con 1744 ind.m⁻² y 267.57 g.m⁻² a nivel de 0 -10 cm.

I. INTRODUCCIÓN

La extensiva instalación de cultivos como la hoja de coca así como la deforestación masiva de especies forestales de interés económico ha generado en la selva peruana y la amazonia en general un escenario de pobreza e infertilidad acentuada en los suelos de la región, ante ello se han planteado diversas soluciones, el cual incluye la práctica de sistemas agroforestales que por su composición e integración de diferentes especies en un solo lugar contribuyen rápidamente a mejorar el suelo.

Los sistemas agroforestales por característica proveen abundante materia orgánica que a su vez permiten el desarrollo de diversos microorganismos muy ligados a la productividad del suelo, cuya ausencia de los mismos especialmente la pérdida de especies únicas, generan efectos catastróficos, de degradación a largo plazo del suelo y la pérdida de la capacidad productiva agrícola (PEÑA y ARIAS, 2001), por lo que se considera que la provisión de materia orgánica en áreas degradadas modifican la estructura y abundancia de las comunidades de microorganismos ya que son muy sensibles a las modificaciones de la cobertura vegetal del suelo (LAVELLE *et al.*, 1992).

La utilización de áreas degradadas para cultivos agrícolas es una necesidad actualmente, por la escasez de áreas productivas y por el auge que vienen teniendo algunos cultivos como *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", especie con mucha demanda por sus propiedades medicinales, gastronómicas y por su adaptabilidad en áreas de escasa fertilidad, características que motivaron la presente investigación, con la idea primordial de recuperar suelos degradados instalando cultivos asociados, conociendo que esta se logra con la participación activa de distintas especies de macroinvertebrados que aparecen conforme las plantas van incorporando materia orgánica al suelo; el sistema agroforestal se planteó bajo combinaciones teniendo como cultivo principal a *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi", asociado a especies como *Inga edulis* "guaba", *Cajanus cajan* "Frejol", como cobertura a *Pueraria phaseoloides* "Kudzu" y *Arachis pintoi* "maní forrajero", determinándose que las distintas asociaciones presentan similitudes en cuanto a las especies de invertebrados encontradas, notándose además que el número de especies se incrementa de acuerdo a la edad del cultivo y por ende a la cantidad de materia orgánica provista, resultados alentadores, que permitieron cumplir los objetivos trazados, los cuales fueron.

Hipótesis La diversidad de macroinvertebrados de suelos degradados en sistemas agroforestales de cultivo de "Sacha inchi" *Plukenetia volubilis* L. es diferente.

Los objetivos trazados, para el presente estudio fueron:

- Determinar la riqueza de especies y abundancia de macroinvertebrados en hojarasca y suelo.

- Determinar la densidad y biomasa de macroinvertebrados en hojarasca y suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los sistemas agroforestales en la Amazonía

La Amazonía peruana es sin duda una de las más ricas en todas las formas de flora y fauna en el mundo; desafortunadamente, esa biodiversidad está siendo destruida rápidamente; y esto se debe en gran medida a la tradicional “agricultura migratoria” que hace una ocupación territorial atomizada, arbitraria y desordenada que depreda los recursos naturales y no asegura, en modo alguno, el progreso económico y una mejora en calidad de vida de las familias (PNUD, 1985; citado por PROAMAZONIA, 2003).

El avance acelerado de la deforestación como consecuencia a ocasionado un elevado deterioro ambiental, haciendo que el hombre busque alternativas para contrarrestar estos problemas ambientales, y desde el punto de vista social busque incorporar el componente arbóreo, como elemento indispensable dentro de los sistemas de producción, contribuyendo a la recuperación, conservación y aprovechamiento sustentable de todos los recursos naturales existentes (MONTAGNINI, 1992).

Las numerosas alternativas de prácticas agroforestales que se han establecido en diferentes zonas y regiones del país y bajo condiciones ecológicas, económicas y sociales muy diversas, han contribuido a realizar un adecuado uso racional de los recursos. La asociación del árbol con cultivos agrícolas proporcionan beneficios, ya que estos interactúan entre sí obteniéndose como forrajes, frutos, maderas, leña, entre otros protegiendo y elevando la fertilidad de los suelos, trayendo como resultado una productividad de manera continuada y sostenible de todos los recursos involucrados en el sistema establecido (MEFOP, 1998).

Los sistemas agroforestales constituyen asociaciones diversas de árboles, arbustos, cultivos agrícolas, pastos y animales. Se fundamenta en principios y formas de cultivar la tierra basado en mecanismos variables y flexibles en concordancia con objetivos y planificaciones propuestos, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos, obteniendo en forma asociativa madera, leña, frutos, plantas medicinales, forrajes y otros productos agrícolas (FAO, 1995).

2.2. Efecto de las coberturas y cultivos en los suelos

La forma más adecuada de comenzar a recuperar un suelo es sembrando una cobertura que lo proteja del afecto directo del sol y las lluvias, que provea suficiente materia orgánica y atraiga microorganismos que la transformen en nutrientes (PEÑA *et al.*, 2001).

Las coberturas del suelo constituyen un método efectivo en términos de costos para reducir la pérdida de la capa arable, la subsiguiente degradación de la fertilidad y estructura del suelo y disminución de la productividad de las plantaciones (FISHER *et al.*, 1995).

Los cultivos de cobertura son especies que se introducen en las rotaciones de cultivos para proporcionar servicios beneficiosos para el agrosistema. Algunos de los más importantes servicios ambientales proporcionados por los cultivos de cobertura incluyen la protección del suelo contra la erosión, la captura y la prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, la fijación del nitrógeno por parte de las leguminosas, el incremento del carbono del suelo y mejoramientos asociados a sus características físicas y químicas, la disminución de la temperatura del suelo, el incremento de la diversidad biológica incluyendo organismos benéficos y la supresión de las malezas y las plagas (TEASDALE *et al.*, 2000).

Se determinó que las coberturas leguminosas aportan verdaderos beneficios a la salud del suelo, contribuyendo a la fertilidad del mismo por medio de la materia orgánica producida, la cual puede facilitar la disponibilidad de nutrientes. Estas coberturas además reducen la erosión, escorrentía y germinación de malezas. El uso de coberturas vivas de leguminosas como *Arachis pintoi*, *Centrosema molle*, *pueraria phaseoloides*, *Desmodium ovalifolium* o *Flemingia macrophylla*, representan amplios beneficios en aspectos físicos, químicos y biológicos, para la salud del suelo en comparación

con un suelo en condiciones de *barbecho* natural o de manejo convencional (ZWART *et al.*, 2005).

Durante la fase inicial de establecimiento de plantaciones perennes, los cultivos de cobertura pueden reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo, absorbiendo los nutrientes disponibles, los mismos que no son aun accesibles al sistema radicular parcialmente desarrollado de los perennes (SANTIESTEBAN, 2009); Así mismo ZERBINO (1997) manifiesta que, con la evolución y crecimiento de la siembra directa hay una tímida revalorización económica y ecológica de la fauna del suelo, inclusive de aquellos grupos que en determinadas condiciones pueden alcanzar el nivel de plaga.

Cultivos como las leguminosas son necesarios por sus características de fijación de nitrógeno y por su calidad de materia orgánica, menestras, crotalaria (abono verde), centrosema (cobertura y barbecho) y árboles como pacay y guaba (*Inga sp*) para reciclaje de nutrientes en sistemas de cacao, agroforestería, etc. (PROAMAZONIA, 2003). Así mismo PANKHURST *et al.* (1997) reportan que, la materia orgánica sirve como fuente de energía tanto para organismos de macro y microfauna. Lombrices y otros organismos de la fauna están fuertemente influenciados por la cantidad de residuos vegetales retornados al suelo.

ZERBINO (1997) manifiesta que, la diversidad de las poblaciones de macroinvertebrados existentes en sistemas de siembra directa o laboreo convencional es afectada por varios factores tales como, cobertura del suelo,

cultivo anterior, el uso de fertilizantes, etc. que en muchos casos determinan la composición de la fauna. Algo que también corroboran DECAËNS *et al.* (2001) al afirmar que, las comunidades de macroinvertebrados responden a las diversas intervenciones humanas realizadas en el medio ambiente: Los sistemas tradicionales de ganadería extensiva tiene un impacto despreciable sobre ellas, los cultivos anuales causan una reducción dramática de la macrofauna del suelo.

Las coberturas ejercen influencia en las poblaciones de lombrices de tierra, las excavaciones de las lombrices de tierra favorecen el movimiento de agua y oxígeno en el suelo. A su vez, la actividad de las lombrices está relacionada con la cantidad de residuos descompuestos. Al tener una cobertura densa de leguminosas, una simple observación del suelo bajo el follaje, muestra numerosos terroncitos lo cual es un indicador del alto nivel de actividad de estos organismos (FLORES y ALEMAN, 1995). Al respecto DECAËNS *et al.* (2001) afirman que las pasturas introducidas y los cultivos arbóreos mantienen la cobertura herbácea del suelo y favorecen el desarrollo de una biomasa importante de lombrices nativas de la sabana.

2.2.1. *Arachis pintoi* “Maní forrajero”

El *Arachis pintoi* es una leguminosa originaria de sur América, cuya producción de biomasa es mayor en las zonas húmedas. El *A. pintoi* es utilizado como cobertura, de manera polifuncional, evitando la germinación de semilla de malezas o compitiendo con las mismas, aportando nutrimentos al

suelo y puede ser utilizado como alimento para ganado y especies menores (VARGAS *et al.*, 2005).

El maní forrajero es una planta que produce abundantes estolones y genera nuevas plantas en los nudos, lo cual favorece una cobertura rápida del suelo. Otra ventaja que tiene esta leguminosa es su capacidad de crecer en condiciones de sombra, las plantas expuestas a pleno sol presentan menor área foliar y las plantas bajo sombra tienen mayor biomasa aérea (FISHER *et al.*, 1995).

El *A. pintoj*, en comparación con las demás coberturas, presenta mejores resultados en cuanto a contribución de nutrientes y producción de biomasa para la incorporación de materia orgánica o alimentación animal, debido a su rápida regeneración, alto aporte proteico (ZWART *et al.*, 2005).

Sus características agronómicas y cualidades permiten múltiples usos, tales como conservar y recuperar suelos degradados, mejorar las condiciones del suelo aumentando su fertilidad, también se utiliza como cobertura en diversos cultivos perennes como plátano palma africana y café (STAVER, 1996).

Debido a su alta calidad de fijación de nitrógeno, rápida degradación de su hojarasca, estimuló sobre la diversidad biológica del suelo y mejoría en el contenido de materia orgánica, su presencia permite la recuperación de suelos degradados lo que facilita utilizarla para estrategias de integración en sistemas agrosilvopastoriles (ROJAS, 1999).

2.2.2. *Pueraria phaseoloides* “Kudzu”

Pueraria phaseoloides se adapta bien en zonas con precipitación mínima anual entre 1200 y 1500 mm y sequía de corta duración, crece bien en suelos de textura arcillosa con pH entre 4 a 5 (Camerón, 1986; citado por ARZOLA, 1996).

Leguminosas herbáceas de rápido crecimiento como el Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), *Centrosema* (*Centrosema macrocarpum*) y *Stylosanthes* (*Stylosanthes guianensis*), son muy eficientes para ocupar suelos desnudos, dificultando el crecimiento de malezas. Árboles como la guaba (*Inga* spp) por su rápido crecimiento, forman una copa tipo sombrilla que no permite la entrada de luz evitando que las malezas prosperen. Esta cualidad es importante cuando se quieren recuperar terrenos fuertemente degradados (ALEGRE, 1999).

La implantación de coberturas se ha dirigido principalmente al uso de especies como kudzu, mucuna, crotalaria, y canavalia que se caracterizan por su rápido crecimiento y producción de grandes cantidades de biomasa (DOMINGUEZ, 1990).

2.2.3. *Cajanus cajan* “Frejol de palo”

Es una leguminosa arbustiva, anual, bianual o semiperenne (2 a 4 años), de porte alto, que puede ser utilizada como abono verde, productora de granos o como forraje. Tiene gran capacidad para fijar nitrógeno del aire en el suelo y producir buena cantidad de biomasa, con lo cual provee materia orgánica al suelo a través de sus ramas leñosas de lenta descomposición (SEFO, 2007).

La potencialidad del Frejol de palo no solo se limita a la producción de granos. Su abundante producción de follaje se desprende en un 50% al comenzar la floración, originando un colchón de materia orgánica que puede alcanzar hasta una tonelada por hectárea, contribuyendo de esta forma a conservar la humedad del suelo, protegiéndolo de agentes erosivos, regulando su temperatura, lo cual lo convierte en un cultivo conservacionista y altamente ecológico, es poco exigente en fertilidad, se desarrolla en suelos con pH de 5 a 8 (MARTÍNEZ *et al.*, 2003).

Es capaz de producir gran cantidad de biomasa para cubrir el suelo, inclusive en suelos degradados, 15 a 50 toneladas por hectárea de masa verde u de 7 a 14 toneladas por hectárea de masa seca. La planta puede fijar por simbiosis grandes cantidades de nitrógeno de hasta 280 kilos por hectárea/año (MORALES, 1995).

2.2.4. *Inga edulis* “Guaba”

Es una especie nativa de América tropical, distribuida en todos los países de la cuenca amazónica. En el Perú, se cultiva en toda la selva, se adapta a todos los tipos de suelos existentes en la Amazonía, desde los más fértiles, hasta los más ácidos e infértiles. Desarrolla bien en terrenos no inundables. Tolerancia hidromorfismo y períodos secos prolongados (MARTÍNEZ *et al.*, 2003).

La guaba es una especie domesticada y manejada tradicionalmente, como un gran potencial productivo en la región amazónica peruana tiene ventajas adaptativas a las condiciones ambientales y de suelos pobres predominantes en la región; servicios como sombra, tutor y cercos vivos y aporta biomasa bajo podas con capacidad de contribuir al mantenimiento de la fertilidad del suelo (ENCISO, 2008).

Su crecimiento rápido, copa amplia y relativamente abierta y su capacidad de fijación de nitrógeno, le confieren ideotipo de especie de sombra de especies comerciales umbrófilas como el café y cacao, con quienes no compiten por luz ni por nutrientes (ENCISO, 2008).

Inga edulis se usan en control de malezas, ya que sus hojas son de lenta descomposición y la capa de hojarasca previene la germinación de semillas de malezas. El mantillo de hojarasca es eficiente para controlar malezas mientras permanece en el suelo sin descomponerse ya que previene la germinación de semillas de malezas anuales (ENCISO, 2008).

Inga edulis y *Calliandra calothyrsus* crecen tan bien en suelos ácidos como en suelos más fértiles, pero igualmente responden a la fertilización (FERRARI y WALL, 2004).

En recuperación de tierras degradadas, es una especie ideal por su abundante producción de biomasa y manejo bajo podas (ENCISO, 2008).

El efecto de *I. edulis* sobre la fertilidad de los suelos se evidencia a través del rápido crecimiento, el aporte de una cantidad importante de biomasa tanto de la parte aérea como de las raíces y la concentración de nutrientes que estos poseen en sus ramas, hojas y en el material vegetal caído bajo su dosel (GARCÉS y GARCIA, 2007).

2.3. La macrofauna del suelo

Son organismos macroinvertebrados que componen la fracción orgánica del suelo, animales visibles a la vista con diámetro variable, generalmente mayor a 2 mm y longitud de 1 a 2 cm o más (BURGES *et al.*, 1971). También LINDEN *et al.* (1994) manifiestan que, estos animales tienen un ancho de cuerpo mayor a 2 mm y que pertenecen a distintos filos, clases y órdenes.

Desde el punto de vista de la alimentación incluye individuos que son herbívoros, detritívoros y depredadores (BROWN *et al.*, 2001).

HUERTA (2008) reporta que, el número de especies de macrofauna disminuye de acuerdo con el tipo de uso del suelo, tal es el caso de los monocultivos como el maíz o los pastizales, los cuales están directamente relacionados a la presencia de materia orgánica presente, fósforo y nitrógeno total.

ZERBINO (1997) manifiesta que, la presencia del rastrojo en la superficie tiene efectos sobre diversos insectos que cumplen una función benéfica: se crea un ambiente ameno en cuanto a temperatura y humedad, que favorece la sobrevivencia y reproducción de enemigos naturales. Así mismo MARIN Y FEIJOO (2007) señala que, los macroinvertebrados desarrollan por lo menos parte de su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial (hojarasca, troncos de la vegetación) y son importantes en los procesos y en la vida de otras comunidades; así mismo BROWN *et al.* (2001) encontraron en la Amazonía central de Brasil que, la calidad de la hojarasca tiene mayor injerencia que su cantidad sobre la riqueza de especies de la macrofauna.

Cuadro 1. Clasificación funcional de la macrofauna.

Función	Macrofauna
Ingenieros del suelo	Formicidae, Oligochaeta e Isoptera
Saprofagos	Diplopoda, Isopoda, blattaria
Predadores	Aranea, chilopoda, Dermaptera
Herbivoros	Hemíptera, Hymenoptera, Orthoptera, Coleopteras, Gasteropoda Pseudoescorpionida
otros	Enquitreidos
Larvas	Coleoptera y Lepidoptera

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

De acuerdo a las funciones que cumple la macrofauna en el suelo LINDEN *et al.* (1994) consideran que, la diversidad, abundancia y biomasa son valiosas al medir procesos de degradación que tienen lugar en los suelos agrícolas.

2.3.1. Actividad de los macroinvertebrados en el suelo

A través de sus actividades físicas (mezcla del mantillo con el suelo, construcción de estructuras y galerías, agregación del suelo) y metabólicas (utilización de fuentes orgánicas disponibles, desarrollo de relaciones mutualistas y antagonistas) participan en muchos procesos (LINDEN *et al.*, 1994).

Los macroinvertebrados forman una gran parte de los componentes biológicos del suelo y a pesar de su pequeño volumen son fundamentales para el ciclaje de nitrógeno, azufre, fósforo y la descomposición de materia orgánica. Por lo tanto, ellos afectan el ciclaje de nutrimentos y carbono en la escala global (PANKHURST *et al.*, 1997).

Al fragmentar las partículas, producir pelotas fecales y estimular la actividad microbiana intervienen en el ciclo de la materia orgánica y de nutrientes. Con la redistribución de la materia orgánica y de los microorganismos, la mezcla de suelo con partículas orgánicas y la producción de pelotas fecales causan mejoras en la agregación. También modifican la aeración e infiltración y la textura, a través de la construcción de galerías y al traer a la superficie y mezclar suelo de las capas inferiores del perfil (CURRY, 1987; LINDEN *et al.*, 1994).

La fauna excavadora tritura y mezcla materiales del suelo, lo que contribuye a la estructuración y favorece la formación de horizontes Bw, la permeabilidad y la aireación (BLAIR *et al.*, 1996).

La macrofauna tiene considerable relevancia como depredador microbiano. Si se elimina la macrofauna, indirectamente pero de forma sustancial se afecta al resto de la comunidad microbiana, la depredación realizada por la macrofauna obliga a la población microbiana a crecer (COYNE, 2000).

El número de organismos en un suelo puede ser enorme (en los primeros 22 cm puede haber de 28 a 54 millones de colémbolos por acre de suelo). Para estimar la cantidad de organismos vivos en un suelo se utiliza el dióxido de carbono (subproducto de la respiración de la fauna del suelo) (PANKHURST *et al.*, 1997).

Los macroinvertebrados más numerosos son los artrópodos, sobre todo los colémbolos, que viven en los primeros 5 cm de suelo. Los colémbolos son los responsables de trocear la materia orgánica, aumentando su área superficial. Las lombrices de tierra desempeñan un papel importante en el suelo, mezclando la materia orgánica con los componentes minerales, se estima que en un suelo promedio hay unas 10 toneladas de lombrices de tierra por acre y año y que en 50 años llevan hasta la superficie todo el volumen de suelo contenido en los primeros 22 cm. En un suelo en el que abundan las lombrices se calcula que hacen pasar a través de su cuerpo una cantidad próxima a los 34 tn de tierra por año, en el curso de esta "digestión", el suelo es sometido a la acción de los encimas digestivos y a la molturación o trituración en el interior de estos animales. Consecuencia de ello es que la materia deyectada tiene, en comparación con la original, mayor proporción de materia orgánica., más cantidad de nitrógeno total y en forma nítrica, mayor riqueza en Ca, Mg y P asimilables, pH más elevado (BLAIR *et al.*, 1996).

BENITES (2008) manifiesta que, las lombrices son un buen indicador de la salud biológica y la condición del suelo porque su cantidad y tipo son afectados por las propiedades del suelo y el manejo de la tierra. COYNE (2000) indica que, estos necesitan presencia de humedad para mantener turgente el cuerpo, porque segregan una mucosidad que facilita su desplazamiento y poder cavar en la tierra, por lo que generalmente su desplazamiento es a zonas húmedas.

La cantidad de lombrices esta determinada por la disponibilidad de alimentos como materia orgánica y microbios de la tierra, los cultivos presentes, la cantidad y calidad de los residuos en la superficie, la humedad y temperatura del suelo, textura, aireación, nutrientes incluyendo niveles de calcio y los tipos de fertilizante y nitrógeno utilizado (BENITES, 2008).

Las familias Aranea, Gelostocoridae y Phasmidae, son asiduos habitantes de la floresta arbustiva, por sus hábitos depredadores en los dos primeros y fitófagos en el ultimo, según JIMÉNEZ *et al.* (1996).

LIETTI *et al.* (2008) manifiestan que, las arañas por sus hábitos predadores inespecificos, su presencia están condicionadas por las características de la vegetación y el tipo de manejo productivo.

Los Blattidae; son en su mayoría fitófagos, aunque tienen preferencia por los detritos, según JIMÉNEZ *et al.* (1996).

La familia Formicidae, se hacen presentes por la cobertura y materia orgánica producida ya que al ser insectos sociales, viven en colonias que están integradas en grandes grupos de individuos (ZERBINO, 1997).

Cuadro 2. Actividades de la fauna del suelo en los procesos de descomposición y la estructura del suelo.

Categoría	Ciclaje de nutrientes	Estructura del suelo
- Microfauna (4mm – 100mm)	- Regular las poblaciones de bacterias y hongos. - Alteran el ciclaje de nutrientes	- Pueden afectar la estructura del suelo a través de interacciones con la microflora.
- Mesofauna (100mm - 2mm)	- Regular las poblaciones de hongos y de la microfauna. - Alteran el ciclaje de nutrientes. - Fragmentan detritos vegetales.	- Producen pelotas fecales. - Crean bioporos. - Promueven la humificación.

<ul style="list-style-type: none"> - Macroinvertebrados (2mm – 20mm) 	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan los hongos y la microfauna. - Estimulan la actividad microbiana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descompone partículas orgánicas e minerales - Redistribuyen la materia orgánica y microorganismos - Promueven la humificación. - Producen pelotas fecales.
---	---	---

Fuente: CORREIA y OLIVEIRA (2000).

2.3.2. Antecedentes de investigaciones realizadas

Se han realizado diversos estudios respecto a la macrofauna del suelo y su influencia benéfica en los distintos procesos biológicos que ocurren en la misma ponderando y cuantificando la diversidad biológica en los distintos parámetros de medición que mantienen un ecosistema en armonía.

2.3.2.1. Valores obtenidos en diversidad

Sánchez y Milera (2002), citado por ZALDÍVAR *et al.* (2009) en estudios realizados en sistemas silvopastoriles en Cuba concluyeron que, la introducción de árboles en pastizales de gramíneas posibilita una mayor colonización de individuos pertenecientes a la macrofauna y crea condiciones

microclimáticas para la presencia de órdenes de gran importancia económica y ecológica, donde los sistemas silvopastoril y la asociación de gramíneas y leguminosas presentaron una mayor diversidad biológica y mayor equitatividad en la distribución de individuos por especies.

Rodríguez *et al.* (2003), citado por ZALDÍVAR *et al.* (2009) en un estudio de la actividad de la macrofauna en las bostas y en el suelo cubierto por ellas de ecosistemas ganaderos los valores de la diversidad biológica y de la equitatividad son bajos.

Estudios realizados por LINARES (2007) en Tingo María Perú en sistemas seleccionados de bosque primario, bosque secundario, sistema agroforestal café, sistema agroforestal cultivos se encontró que el bosque secundario, fue el más diverso que los otros sistemas de uso del suelo estudiado y el menos diverso fue el sistema agroforestal café. En el bosque secundario se observó que la diversidad distribuyó de una manera más uniforme que en los otros sistemas. El sistema agroforestal con cultivos, presentó un índice de diversidad igual que el bosque secundario donde ambos presentaron el mismo número de especies y su distribución no fue equitativa.

2.3.2.2. Valores obtenidos en densidad y biomasa

RODRÍGUEZ (2008) señaló que, el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en pastizales de México, incrementaron las poblaciones de la macrofauna desde 36.28 ind.m⁻² (área sin *L. leucocephala*) hasta 181.28 ind.m⁻² (área con *L. leucocephala*) y su biomasa desde 11.89 g.m⁻² hasta 41.49 g.m⁻², respectivamente.

Por su parte, Torres (1995), citado por SÁNCHEZ *et al.* (1997), halló en las condiciones de trópico húmedo de Costa Rica, que la población de lombrices se duplicó en pasturas asociadas de *Brachiaria brizantha* y *Arachis pintoii* en 371 Ind.m⁻² de lombrices, comparado con sólo 195 Ind.m⁻² de lombrices en la gramínea sola.

En Cuba SÁNCHEZ *et al.* (1997), en un pastizal de *Andropogon gayanus*, así como con otras especies de gramíneas y leguminosas rastreras, encontraron que la fauna de invertebrados del suelo aumentó de 194 a 346 ind.m⁻² cuando se aplicó un sistema de pastoreo rotacional durante cuatro años consecutivos y el suelo se auto-fertilizó a través de las deyecciones de los animales y el aporte de la hojarasca.

SÁNCHEZ *et al.* (2008) al evaluar el comportamiento de diferentes indicadores químicos y biológicos en un amplio número de unidades pecuarias en la zona occidental de Cuba, encontraron que la introducción de los árboles

en los pastizales contribuyó a incrementar la densidad y la biomasa de los individuos pertenecientes a la macrofauna del suelo, lo que influyó en su contenido de nutrientes.

La investigación realizada en Perú por SÁNCHEZ y ARA (1989) encontraron que, en un sistema de manejo de *Brachiaria decumbens* asociada con *Desmodium ovalifolium*, después de seis años de pastoreo, la población de organismos en el suelo aumentó considerablemente, en especial la lombriz de tierra que triplicó su población.

TAPIA - CORAL *et al.* (2002), en un muestreo diferentes sistemas de uso del suelo en Jenaro Herrera (Loreto), el sistema agroforestal presentó una mayor densidad de macroinvertebrados (2540 ind.m⁻²) seguido de un bosque primario (1733 ind.m⁻²).

PASHANASI (2002) realizó muestreos en diferentes sistemas de uso del suelo en Pucallpa y Yurimaguas, encontró la mayor densidad en un sistema agroforestal (1581 ind.m⁻²) en Pucallpa, seguido del bosque primario y el bosque secundario (390 ind.m⁻² y 313 ind.m⁻²) respectivamente. Así mismo encontró que, el bosque Primario no intervenido e intervenido registra una biomasa de 84.95 g.m⁻² y 91.14 g.m⁻², respectivamente; en cultivos el rango fue de 26.66 g.m⁻² a 8.54 g.m⁻², Así mismo el sistema agroforestal vario de 18.5 g.m⁻² a 170.46 g.m⁻². Además, en Colombia un cacaotal registro 54 g.m⁻² De igual manera, TAPIA – CORAL (2004) en Iquitos Perú encontraron en un

bosque secundario el registró 24.2 g.m^{-2} , de la biomasa de *Oligochaeta* fue mayor en los sistemas agroforestales.

La investigación realizada por LINARES (2007) en Tingo María Perú en sistemas seleccionados de bosque primario, bosque secundario, sistema agroforestal café, sistema agroforestal cultivos, siendo predominantes en el bosque primario ($518.40 \text{ ind.m}^{-2}$) que presentó el 58.9% del total de la densidad de este sistema seguido por el sistema agroforestal con cultivos (249.6 ind.m^{-2}) así mismo encontró la mayor biomasa en el sistema agroforestal con cultivos (18.55 g.m^{-2}) y sistema agroforestal (15.45 g.m^{-2}) el cual fue dominado por los oligochaeta.

2.4. Descripción de la especie *Plukenetia volubilis* L.

2.4.1. Importancia

Plukenetia volubilis "sacha inchi" es una planta silvestre oriunda de la Amazonía peruana, conocida desde la antigüedad por los incas pero que no ha sido un producto muy promocionado ni muy conocido como en nuestra actualidad quizás por las investigaciones en aquellos tiempos en cuanto a este cultivo (SILVER, 2008).

El cultivo de *Plukenetia volubilis* "sacha inchi" en los últimos años ha venido tomando importancia económica e industrial en el mercado local, nacional e internacional debido a la demanda de ácidos grasos esenciales (ácido linolénico, linoleico y oleico, conocidos como omega 3, 6 y 9

respectivamente) y vitamina E; sustancias que las semillas de sachá inchi concentran cantidades elevadas, con respecto a semillas de otras oleaginosas (CIED, 2008).

Existe una gran demanda a nivel internacional por los productos orgánicos, y el sachá inchi nos brinda mediante sus bondades aceites como el omega 3, reúne importancia en el uso de abonos orgánicos para producir productos que nos proporcione una alimentación natural (SILVER, 2008).

2.4.2. Taxonomía

La clasificación botánica según McBRIDE (1951).

Reino	:	Vegetal
División	:	Spermatophyta
Subdivision	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotiledonea
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Género	:	<i>Plukenetia</i>
Especie	:	<i>P. volubilis</i>
Nombre binomial	:	<i>Plukenetia volubilis</i> L.

2.4.3. Descripción

Es una planta trepadora, voluble, semileñosa, de altura indeterminada. Sus hojas son alternas, de color verde oscuro, oval - elípticas, aserradas y pinninervadas, de 9 a 16 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi arriñonada (MANCO, 2003).

Esta especie es hermafrodita con flores masculinas y pistiladas; las primeras son pequeñas, blanquecinas y dispuestas en racimos, las otras se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores, lo cual indica que podría tratarse de una planta autógama, pues se observa muchas semejanzas entre plantas de una misma accesión así como de una accesión a otra, las diferencias entre caracteres fenotípicas son pocas pero notorias. La floración se inicia aproximadamente a los 3 meses de la siembra, luego de haber realizado el trasplante, apareciendo primero los primordios florales masculinos e inmediatamente los femeninos, en un periodo de 7 a 19 días (ARÉVALO, 1995).

El inicio de la floración del sachá inchi ocurre entre los 86 y 139 días, después del trasplante y; la fructificación ocurre entre los 119 y 182 días después del trasplante (MANCO, 2003).

El sachá inchi crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía peruana (mínimo 10 °C y máximo 36 °C). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de

flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados (ARÉVALO, 1995).

En forma silvestre se reporta que crece desde los 100 msnm en la Selva Baja, hasta los 2 000 msnm en la Selva Alta (MANCO, 2003) indica que, a bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo y cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor.

Es una planta que requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido; siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses (850 a 1000 mm). El riego es indispensable en los meses secos. Periodos relativamente prolongados de sequía o de baja de temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedades (ARÉVALO, 1995).

Este cultivo tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo; crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio (VALLES, 1995). Prospera en «shapumbales» (*Pteridium aquilinum*) secos y húmedos y en «cashucshales» (*Imperata brasiliensis*) se deben elegir por tanto los suelos que posibiliten su mejor desarrollo y productividad.

Sacha inchi necesita de terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo (ARÉVALO, 1995), Así mismo manifiesta, que para un buen drenaje se debe considerar la textura del suelo, importante para el desarrollo del cultivo.

Se debe establecer la plantación en suelos de preferencia plano onduladas con buen drenaje, y en zonas de selva alta, también en laderas con hasta 30 % de pendiente, con instalación y manejo de cobertura del suelo y en curvas a nivel (SILVER, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de estudio

3.1.1. Ubicación

El trabajo se realizó de en el caserío de Santa Rosa de febrero 2009 a febrero 2010, ubicado a 14 km del centro poblado de Castillo Grande, en la margen izquierda del río Huallaga (Figura 1), cuyas coordenadas UTM y altitud se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Coordenadas de ubicación del área de investigación.

Puntos	Coordenadas		Altitud (msnm)
	Norte	Este	
01	8981177	384875	
02	8981143	384871	670
03	8981169	384917	
04	8981136	384914	

3.1.2. Fisiografía

La fisiografía del área elegida para el trabajo es una zona de colinas suaves con pendientes moderadas de 30 a 40%, de suelos aluviales.

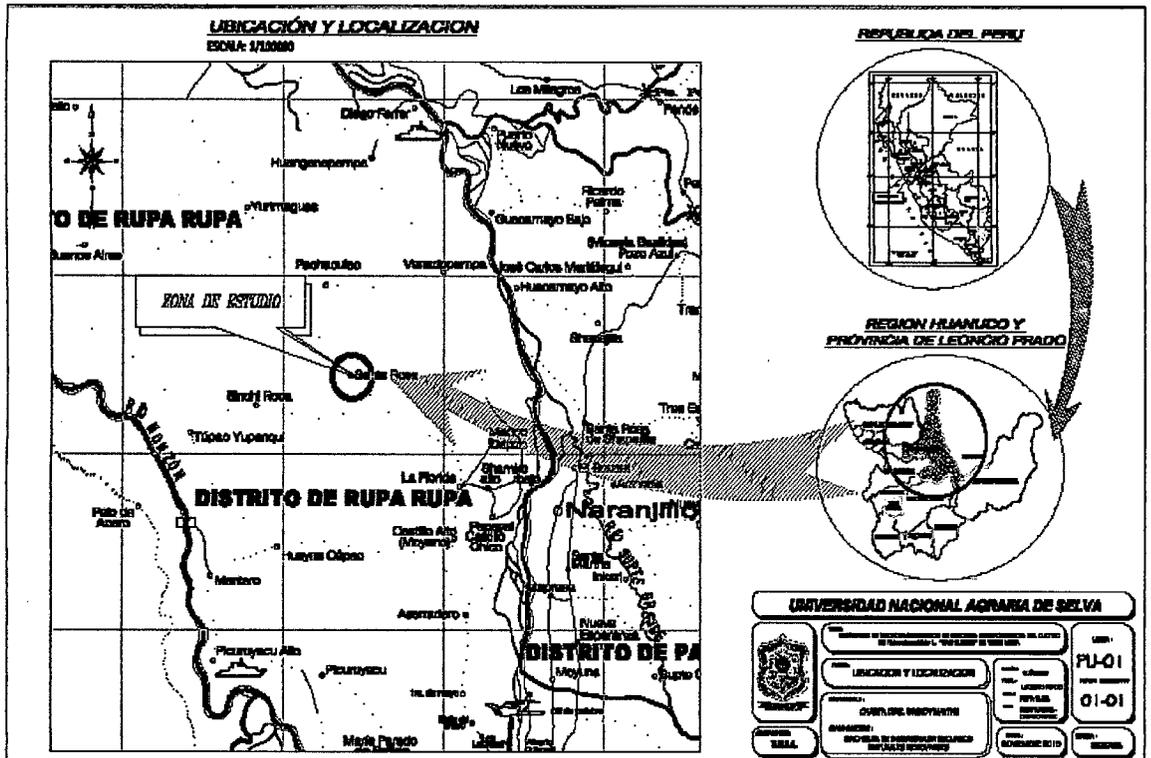


Figura 1. Ubicación del área de investigación.

3.1.3. Suelos

Cuadro 4. Métodos realizados para el análisis de suelos del área de investigación.

Elementos	Métodos
Textura	
Arena (%)	Hidrometro
Limo(%)	Hidrometro
Arcilla (%)	Hidrometro
Clase textural	
pH (Agua 1:1)	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	Walkey y Black
Fósforo Disponible (ppm)	Olsen modificado
Al + H (Meq/100gr)	Yuan
Ca + Mg (Meq/100gr)	Yuan
ClCe efect. (Meq/100gr)	Suma de cationes
% Bases cambiables	
% Acidez cambiables	

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNAS.

3.1.4. Clima

Los datos climáticos observados muestran que, la temperatura promedio en el tiempo de ejecución de la investigación fue de 25.18°C, la precipitación anual de 3975.50 mm y la humedad relativa promedio de 86%. (Cuadro 5).

3.1.5. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de la zona de vida de HOLDRIDGE (1987) señala que, la zona del alto Huallaga corresponde a un bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT) encontrándose inmerso en ella el área experimental.

3.1.6. Vegetación

La zona de estudio se ubica sobre suelos aluviales con colinas moderadas a suaves y son áreas degradadas en su mayoría con predominancia de plantas indicadoras de suelos pobres como: 'Shapumba' y 'Rabo de zorro' y escasa actividad agropecuaria o forestal por parte de los agricultores (PROAMAZONIA, 2003). El área de estudio presenta una vegetación compuesta de *Pteridium sp.* "macorrilla" y *Andropogon bicornis* "rabo de zorro".

Cuadro 5. Datos meteorológicos correspondientes al periodo de investigación (2009 - 2010).

Meses	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Febrero	24.89	87	405.70
Marzo	25.05	89	307.10
Abril	25.19	88	301.90
Mayo	25.23	86	340.60
Junio	24.58	86	169.50
Julio	24.76	86	183.70
Agosto	25.32	85	150.00
Septiembre	25.61	81	177.50
Octubre	25.91	82	111.80
Noviembre	25.44	86	406.90
Diciembre	24.70	88	522.80
Enero	25.30	87	308.20
Febrero	25.40	87	589.80
Total	327.38	1118.00	3975.50
Promedio	25.18	86.00	305.81

Fuente: Estación meteorológica José Abelardo Quiñones – UNAS 2010.

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

- Plantones de *Inga edulis* "guaba" dimensiones en promedio de 16 cm de altura.
- Esquejes de *Pueraria phaseoloides* "kudzu" y *Arachis pintoi* "maní forrajero" longitud promedio de 10 cm.
- Semillas de *Cajanus cajan* "Frejol palo" y *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi" (Figura 2).

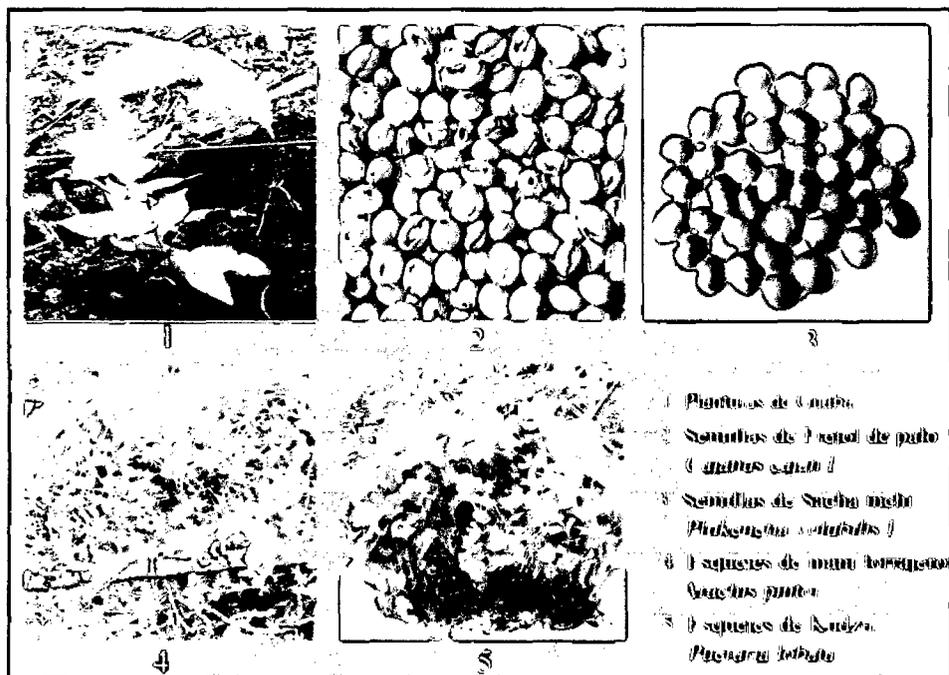


Figura 2. Material biológico utilizado en la investigación.

3.2.2. Materiales de campo

Se utilizaron wincha, machete, jalones, rafia, pala recta, bandeja rectangular grande, libreta de campo, guantes, bolsas de polietileno gruesas, etiquetas, frascos de vidrios de diversos tamaños con tapa rosca, formol al 4%, alcohol al 70%, además consideramos como material al monolito de 25 cm x 25 cm x 30 cm.

3.2.3. Materiales de laboratorio

Se utilizaron estereoscopio, lupas de mano, pinzas entomológicas, bandejas plásticas.

3.2.4. Equipos de campo y laboratorio

Se utilizaron un GPS modelo S76 Garmin y balanza digital.

3.3. Metodología

3.3.1. Reconocimiento del área experimental

Se hizo el reconocimiento del área, verificando las condiciones topográficas, vegetación y características visibles del suelo, el cual permitió la elaboración del diseño utilizado para cada una de las parcelas (Figura 3), cabe añadir que paralelo a esta labor se hizo un muestreo de suelo para su analisis

de caracterización respectiva el cual repetimos al final de la investigación, así como también se extrajeron 3 monolitos para evaluar los macroinvertebrados presentes en el área experimental a nivel de hojarasca y de 0 – 10 cm.



Figura 3. Vista de la vegetación original compuesta de macorrilla y rabo de zorro con periodo de 25 años (1987).

3.3.2. Eliminación de malezas y delimitación del área experimental

Se realizó la limpieza del terreno eliminando toda la vegetación existente en el área, compuesta en su mayoría por *Pteridium* sp., “macorrilla” y *Andropogon bicornis* “rabo de zorro”, procediendo luego a delimitar las parcelas de acuerdo al diseño experimental planteado, siendo el área de 1152 m², con calles de 1 m de ancho a fin de evitar el efecto de borde (Cuadro 7, Figuras 4 y 5).



Figura 4. Eliminación y delimitación del área.

Cuadro 6. Dimensiones de bloques y parcelas.

Bloques	
N° de Bloque	3
N° de parcelas por bloque	6
Largo de Bloque	36 m
Ancho de Bloque	10 m
Área total por bloque	360 m ²
Área neta experimental	1080 m ²
Área total del experimento	1152 m ²

Parcelas

N° de parcelas experimentales	18
Longitud de parcela	10 m
Ancho de parcela	6 m

3.3.3. Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado para el cultivo con cobertura y especies vegetales de *Plukenetia volubilis* fue el diseño bloques completo al azar con arreglo factorial 2 x 2 con 3 repeticiones (bloques) y 4 tratamientos más 2 testigos como base de comparación.

Factor A: Coberturas de kudzu (A1) y maní forrajero (A2).

Factor B: Especies vegetales de guaba (B1) y Frejol palo (B2).

Cuadro 7. Combinaciones evaluadas.

Factores A / B	B1	B2
A1	A1B1	A1B2
A2	A2B1	A2B2

Teniendo las siguientes combinaciones y tratamientos:

- T1; A1B1 : Cobertura de kudzu con guaba + sachá inchi

- T2; A1B2 : Cobertura de kudzu con Frejol palo + sachá inchi
- T3; A2B1 : Cobertura de maní forrajero con guaba + sachá inchi
- T4; A2B2: Cobertura de maní forrajero con Frejol palo + sachá inchi
- T01; macorrilla con rabo de zorro.
- T02; sachá inchi.

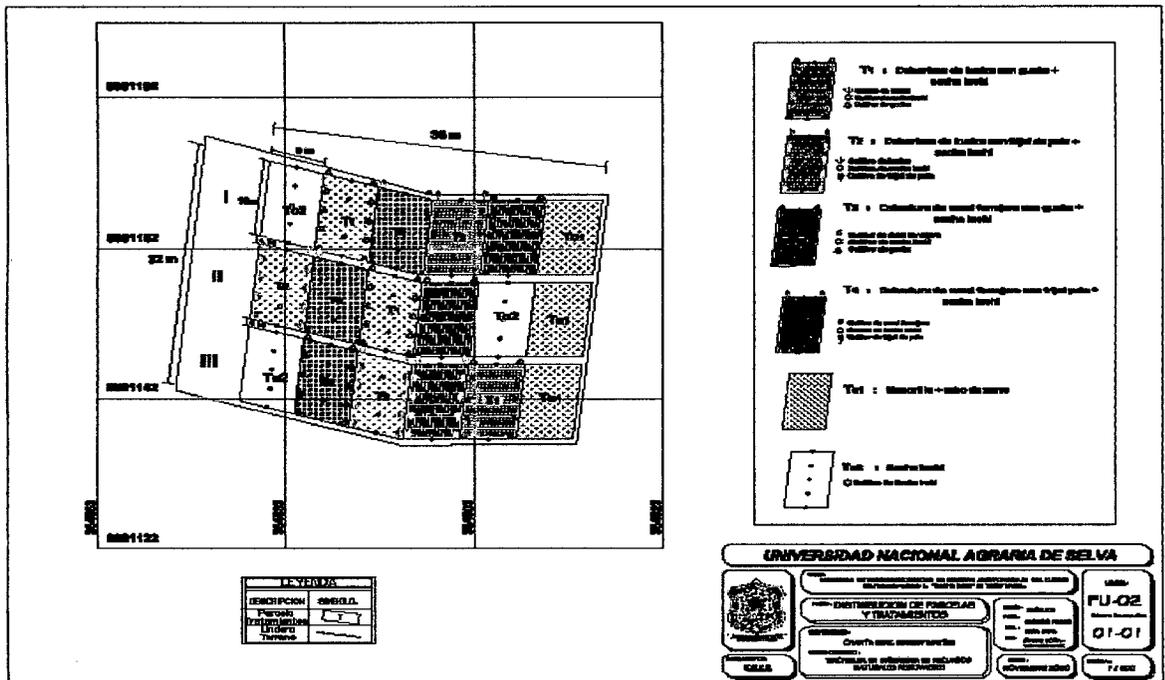


Figura 5. Plano de distribución de las parcelas en el área de investigación.

3.3.4. Remoción del suelo del área experimental

Esta labor se realizó con la finalidad de mejorar la estructura del suelo y facilitar la siembra de las especies, removiendo el suelo en forma manual a una profundidad promedio de 10 cm extrayendo además restos de

raíces de la macorilla y el rabo de zorro (Figura 6).

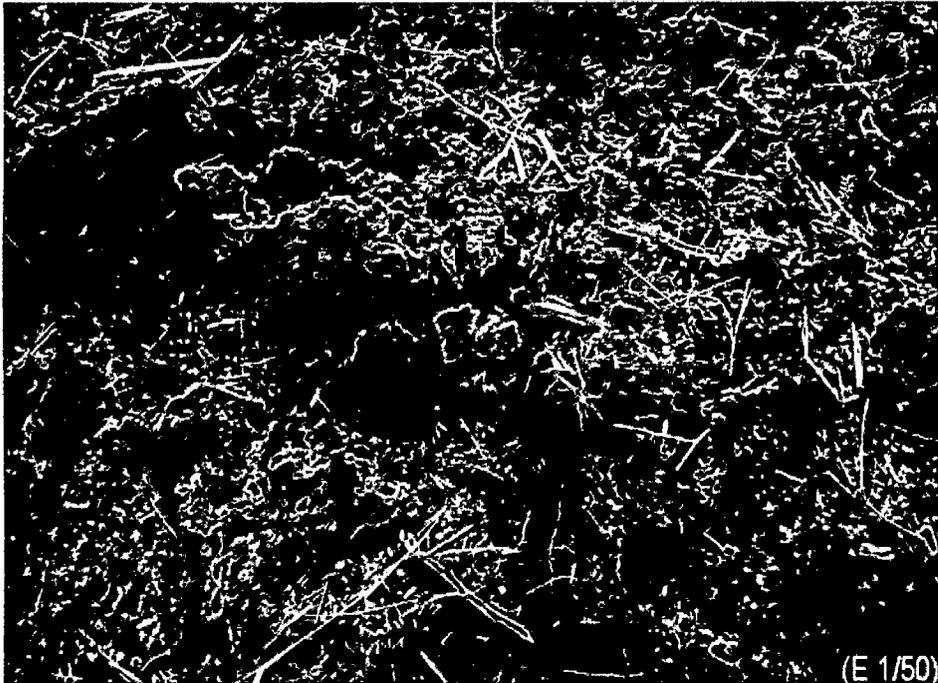


Figura 6. Remoción del suelo y limpieza de estolones de macorilla.

3.3.5. Instalación de los cuatro sistemas

a. Sistema kudzu guaba sachá inchi

Se instaló la cobertura de *Pueraria phaseoloides* “kudzu” utilizando esquejes de 10 cm de longitud con manojos de 5-6 unidades por hoyo, y con distanciamiento 20 cm x 20 cm a una profundidad de 5 cm, los plantones de *Inga edulis* “guaba” tuvieron una altura promedio de 16 cm depositándose en hoyos a una profundidad de 30 cm y con distanciamiento de 2.5 m x 2.5 m; para el sembrado de *Plukenetia volubilis* “Sachá inchi” se hizo bajo el método

de golpe a razón de 2 semillas en hoyos, con distanciamiento 2.5 m entre planta e hileras y a una profundidad de 5 cm.

b. Sistema kudzu frejol palo sachá inchi

Se instaló la cobertura de *Pueraria phaseoloides* "kudzu" utilizando esquejes de 10 cm de longitud con manojos de 5-6 unidades por hoyo, y con distanciamiento 20 cm x 20 cm a una profundidad de 5 cm, para la siembra de *Cajanus cajan* "Frejol palo" y *Plukenetia volubilis* "Sachá inchi" se hizo bajo el método de golpe a razón de 2 semillas en hoyos, con distanciamiento 2.5 m entre planta e hileras y a una profundidad 5 cm.

c. Sistema maní forrajero guaba sachá inchi

Para el sembrado de *Arachis pintoi* "maní forrajero", se utilizaron esquejes de 10 cm de longitud, con manojos de 5-6 unidades por hoyo, y con distanciamiento 20 x 20 cm a una profundidad de 5 cm. los plántones de *Inga edulis* "guaba" tuvieron una altura promedio de 16 cm depositándose en hoyos a una profundidad de 30 cm y con distanciamiento de 2.5 m x 2.5 m; para el sembrado de *Plukenetia volubilis* "Sachá inchi" se hizo bajo el método de golpe a razón de 2 semillas en hoyos, con distanciamiento 2.5 m entre planta e hileras y a una profundidad de 5 cm.

d. Sistema maní forrajero frejol palo sachá inchi

Para el sembrado de *Arachis pintoi* "maní forrajero", se utilizaron esquejes de 10 cm de longitud, con manojos de 5 - 6 unidades por hoyo, y con distanciamiento 20 x 20 cm a una profundidad de 5 cm. para la siembra de *Cajanus cajan* "Frejol palo" y *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi" se hizo bajo el método de golpe a razón de 2 semillas en hoyos, con distanciamiento 2.5 m entre planta e hileras y a una profundidad 5 cm (Figura 7).



Figura 7. Sembrando especies en el área.

3.3.4. Mantenimiento de la plantación

Para mantener las condiciones ambientales de los cuatro sistemas instalados en el área experimental se hizo limpiezas periódicas de malezas invasoras y vegetación original que impedían el crecimiento de las coberturas y cultivos (Figura 8).



Figura 8. Actividades de mantenimiento del área de investigación.

3.3.5. Muestreo de macroinvertebrados en las etapas de crecimiento del sachá inchi

Se extrajeron los monolitos para evaluarlas en las etapas de:

- Siembra de *Plukenetia volubilis* "sacha inchi" a los dos meses (06/04/09).
- Fructificación de *Plukenetia volubilis* "sacha inchi" a los seis meses (02/10/09).
- Cosecha de sacha *Plukenetia volubilis* "sacha inchi" a los doce meses (14/02/10).

Para tener bases comparativas se hizo un muestro de la vegetación original (06/02/09) cuando la parcela estuvo llena de malezas específicamente con *Pteridium* sp. "macorrilla" y *Andropogon bicornis*. "rabo de zorro".

3.3.6. Toma de muestras de macroinvertebrados

La toma de muestras se realizó en base a la metodología propuesta por el Instituto de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (TSBF), empleado por ANDERSON e INGRAM (1993); cada monolito tuvo las siguientes dimensiones: 25 cm x 25 cm x 10 cm. Los monolitos fueron divididos en estratos sucesivos (hojarasca; 0-10 cm) (Figura 9).

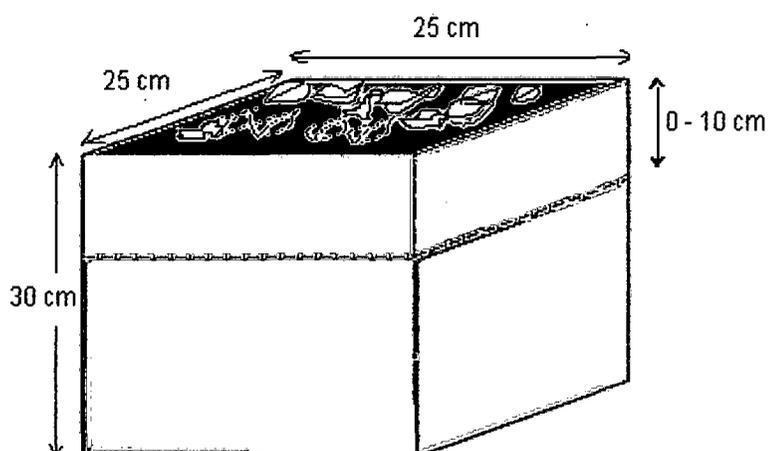


Figura 9. Esquema del monolito y niveles de muestreo realizado (modificado de ANDERSON e INGRAM, 1993).

Cuadro 8 Número de muestras tomadas en la investigación.

Etapas de evaluación	Nº de monolitos	Muestras por niveles		Muestras por bloque	Total de muestras
		Hojarasca	0 - 10 cm		
Vegetación original	3	1	1	2	6
Siembra	18	1	1	12	36
Fructificación	18	1	1	12	36
Cosecha	18	1	1	12	36
Total	57				114

Se extrajeron 57 monolitos de toda el área experimental, 18 monolitos por cada etapa evaluada y 3 monolitos para la vegetación original, de cada monolito se tomó dos muestras a nivel de hojarasca y a nivel de 0 – 10

Para el conteo de macroinvertebrados a nivel de hojarasca se realizó *in situ* extrayendo manualmente, donde los de cuerpo endurecido se depositaron en soluciones de alcohol al 70% y en formol al 10% los de cuerpo blando.

El estrato de 0 – 10 cm se depositaron en bolsas de polietileno, éstas muestras fueron trasladadas al laboratorio para su posterior separaron con la ayuda de una pinza sobre bandejas de plástico estas fueron conservadas igual que se hizo a nivel de hojarasca.

El tamaño de recolección fue de 2 a 20 mm de diámetro y longitud de 1 a 2 cm o más, (COYNE, 2000; BURGES *et al.*, 1971). Los macroinvertebrados se agruparon de acuerdo a ordenes y luego a familias los cuales fueron: Anélida (lombrices), Coleóptera (escarabajos), Hymenóptera-Formicidae (hormigas), Araneae (arañas), Orthoptera (grillo), Blattaria (cucarachas), Hemiptera (chinchas) y estados adultos e inmaduros de otros artrópodos edáficos (BEGON *et al.*, 1995).

Los macroinvertebrados colectados fueron identificados por el Blgo. M.Sc. José Luis Gil Basilio en el Laboratorio de Entomología de la UNAS.

Posteriormente se realizó el conteo de los macroinvertebrados para densidad el cual fue medido en individuos/m² y el pesado de los mismos para la biomasa en gramos/m² (Figura 11).



Figura 11. Muestreo según método TSBF.

3.3.7. Análisis estadísticos de datos

Los datos obtenidos de la cuantificación de las especies encontradas fueron analizadas por un programa estadístico SPSS a las que previamente se hizo la transformación de datos con $(x + 0.05)^{1/2}$.

Cuadro 9. Análisis de variancia para la investigación.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	(r-1)
Tratamiento	(t-1)
A	(a-1)
B	(b-1)
AB	(a-1)(b-1)
E. Exp.	ab(r-1)
TOTAL	(abr-1)

Así mismo se procesaron los datos para el cálculo de la diversidad, densidad y biomasa de acuerdo a:

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

Índice de Shannon-Wiener

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

Donde:

$$p_i = n_i/N$$

n_i = Abundancia de la especie i

N = Número total

\ln = Logaritmo natural

El valor del índice de diversidad Shannon-Wiener se encuentra 1.5 y 3.5 y solo raramente sobrepasa 4.5 y se mide en bits (MAGURRAN, 1987).

Equidad de Pielou

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

Donde:

H' = Es el índice de diversidad de Shannon - Wiener

\ln = logaritmo natural

S = Riqueza de especies

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (MAGURRAN, 1983).

Densidad

$$D = N/A$$

Donde:

N = Es el número de individuos y

A = el área.

La densidad medida en individuos/m². Para el muestreo se utiliza un cuadrado de 25 cm de lado, lo que representa 1/16 m², los datos de muestreo son multiplicados por 16 para obtener las unidades de número de individuos por m² (ind.m⁻²) (ODUM, 1984; CORREIRA y OLIVERA, 2000).

Biomasa

$$B = W/A$$

Donde:

W = Es el peso de individuos

A = El área.

La biomasa medida en gramos de peso fresco / m². Es el peso fresco obtenido de la muestra en una determinada área. Al igual que la densidad los datos (pesos) de cada punto de muestreo son multiplicados por 16 para obtener las unidades de gramos por m² (g.m⁻²) (ODUM, 1984; CORREIRA y OLIVERA, 2000).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Suelos

Cuadro 10. Análisis de suelos del área de investigación.

Elementos	Análisis
Textura	
Arena (%)	36
Limo(%)	38
Arcilla (%)	26
Clase textural	
pH (Agua 1:1)	4.6
Materia orgánica (%)	1.9
Fósforo Disponible (ppm)	5.30
Al + H (Meq/100gr)	3.10
Ca + Mg (Meq/100gr)	1.15
ClCe efect. (Meq/100gr)	5.95

% Bases cambiables	24.32
% Acidez cambiables	75.68

Los suelos del área de investigación es de clase textural franco arcilloso de reacción fuertemente acida, bajo contenido de materia orgánica, La concentración de bases cambiables son bajas debido a su inestabilidad en el suelo, en precipitación asimismo presenta alta concentración de aluminio debido a la incidencia de factores de meteorización, presenta baja capacidad de intercambio cationico como consecuencia de la baja concentración de materia orgánica presente en el suelo.

4.2. Macroinvertebrados en los sistemas agroforestales

4.2.1. Análisis de varianza de macroinvertebrados a nivel de hojarasca

Cuadro 11. Análisis de varianza de las familias encontradas en la evaluación de la etapa de siembra.

FV	GL	Aranea		Formicidae	
		CM	NS	CM	NS
Bloques	2	2.385	NS	2.795	NS
Tratamientos	5	1.908	NS	10.061	*
Factor	3	3.18	NS	12.003	*

A	1	4.769	NS	35.254	**
B	1	4.769	NS	0.377	NS
A*B	1	0	NS	0.377	NS
Factor & Testigo	1	0	NS	0.126	NS
Testigo	1	0	NS	14.169	*
Error	10	4.293		2.549	
Total	17				

* =significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.05$. ** = significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.01$. NS = No significativa

En el Cuadro 11 se presenta el análisis de variancia para las familias Aranea y Formicidae encontradas durante la evaluación de la etapa de siembra, donde se deduce lo siguiente:

Existen diferencias estadísticas altamente significativas para la familia Formicidae y ninguna significación estadística en la familia Aranea para el factor A, así mismo se denota que no existe alta significación estadística para el factor B para las familias Aranea y Formicidae, respectivamente; también se pudo encontrar que no existe interacción significativa entre ambos factores (AxB).

En la fuente de bloques y factor versus los testigos considerados no se encontraron diferencias significativas.

En cuanto a los resultados de los efectos principales para las coberturas de Kudzu y maní forrajero (factor A) en la familia Aranea, la cuantificación de individuos no fue representativa para demostrar alguna diferencia que permita evidenciar la influencia de las coberturas, esto se podría explicar por el comportamiento predador de los arácnidos, quienes se alimentan de otros invertebrados según grupo funcional en un ecosistema JONES *et al.* (1994); habiéndose realizado esta evaluación en la etapa de siembra la escasa vegetación permite una cantidad mínima de invertebrados que representan poco alimento para las arañas y por ende poca presencia de los mismos. Además, LIETTI *et al.* (2008) manifiesta que, las arañas por sus hábitos predadores inespecíficos, su presencia está condicionada por las características de la vegetación y el tipo de manejo productivo.

Cuadro 12. Análisis de varianza de las familias encontradas en la vegetación original.

FV	GL	Aranea		Formicidae	
		CM		CM	
Bloques	2	0.795	NS	6.064	NS
Tratamientos	5	2.703	NS	6.610	NS
Factor	3	4.372	NS	8.587	NS
A	1	1.192	NS	0.228	NS

B	1	10.731	NS	2.054	NS
A*B	1	1.192	NS	23.480	NS
Factor & Testigo	1	0.397	NS	2.361	NS
Testigo	1	0.000	NS	4.928	NS
Error	10	3.657		4.403	
Total	17				

NS = No significativa.

Los valores numéricos del Cuadro 12 obtenidos como base comparativa al ser externo al diseño estadístico, muestran la cuantificación de familias de macroinvertebrados encontrados en la vegetación original a nivel de hojarasca, resultando no significativo y similar encontrado en la etapa de siembra, estando la vegetación original compuesta por *Pteridium sp.* “macorrilla” y *Andropogon bicornis*. “rabo de zorro” resulta importante mencionar que entre las dos especies aportan suficiente materia orgánica que permitiría el desarrollo de diversos macro y microorganismos solo encontramos las mismas familias Aranae y Formicidae de la etapa de siembra del sachá inchi, resultado que respalda a lo mencionado por Barros (1999), citado por BROWN *et al.* (2001) en la Amazonía central de Brasil que, la calidad de la hojarasca tiene mayor injerencia que su cantidad sobre la riqueza de especies de la macrofauna.

En cuanto a la presencia de la familia Formícida en la etapa de siembra se observa que, si hubo representatividad y existió influencia de la

cobertura en la evaluación, al ser considerados dentro del grupo de ingenieros del ecosistema JONES *et al.* (1994) donde se distinguen por su capacidad de horadar y producir una gran variedad de estructuras órgano – minerales, deyecciones, nidos, montículos, macroporos, galerías y cámaras, podemos afirmar que, necesariamente utilizan la cobertura para desarrollarse y cumplir las funciones antes mencionadas, si comparamos la cuantificación de especies en la vegetación original compuesta por *Pterídium sp.* “macorrilla” y *Andropogon bicornis*. “rabo de zorro” (ver Cuadro 12) se observa que la presencia de macroinvertebrados no fue significativa, esto denota cierta especificidad de los mismos por la calidad de cobertura como el Kudzu y el maní forrajero que al ser, según FLORES *et al.* (1995) cobertura densas pertenecientes a las leguminosas permiten un alto nivel de actividad de diversos organismos.

Las influencia de los cultivos (factor B) no tuvo representatividad en cuanto al número de individuos de las familias Aranae y Formicidae podemos decir obviamente entonces que los cultivos recientemente instalados no representan hábitats de desarrollo para los macroinvertebrados, aunque estos cultivos sean de rápido crecimiento y su aporte de materia orgánica también sea rápida según lo mencionado por GARCÉS y GARCIA (2007) que, el efecto de *I. edulis* sobre la fertilidad de los suelos se evidencia a través del rápido crecimiento, el aporte de una cantidad importante de biomasa tanto de la parte área como de las raíces y la concentración de nutrientes que estos poseen en sus ramas, hojas y en el material vegetal caído bajo su dosel.

Podemos mencionar también que no existió representatividad en cuanto a la densidad de individuos encontrados en cada sistema que permita afirmar una influencia determinante de las coberturas de Maní forrajero, Kudzu y los cultivos de Guaba y Frejol Palo versus los testigos determinados en un cultivo puro de sacha inchi y *Pteridium sp.* “macorrilla” y *Andropogon bicornis*. “rabo de zorro”, ya que la presencia de los macroinvertebrados tuvieron las mismas cantidades y comportamientos similares, se resalta que la evaluación se realizó en la etapa de siembra donde la vegetación fue eliminada para instalar cada uno de los sistemas en estudio, resultando escasa la vegetación y por ende mínimo aporte de materia orgánica el cual tiene relación directa con la cantidad de individuos de la macrofauna del suelo HUERTA (2008) afirma que, el número de especies disminuye de acuerdo con el tipo de uso del suelo, tal es el caso de los monocultivos como el maíz o los pastizales, los cuales están directamente relacionados a la presencia de materia orgánica presente, fósforo y nitrógeno total, resaltándose obviamente similar influencia de los factores frente a los testigos.

Cuadro 13. Análisis de varianza de las especies encontradas en la evaluación de la etapa de cosecha del sachá inchi a nivel de hojarasca.

FV	GL	Aranea	Formicidae	Tettigonidae	Blattidae	Gryllidae	Phasmidae	Curculionidae	Coccinellidae	Erotilidae	Pentatomidae	Gelostocoridae	Reduviidae	Larvas		
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	
Bloques	2	1.471	NS 42.861 **	22.014	NS 5.564	NS 14.91 *	2.636	NS 0.795	NS 10.252	NS 3.18	NS 4.027	NS 10.334	*	9.651	NS 0.795	NS
Tratamientos	5	9.591	NS 17.643	NS 2.911	NS 3.18	NS 1.643	NS 6.722	NS 1.272	NS 10.872	NS 1.272	NS 1.702	NS 2.703	NS 2.072	NS 0.795	NS	
Factor	3	1.681	NS 6.268	NS 3.334	NS 4.372	NS 2.464	NS 2.192	NS 1.59	NS 12.856	NS 0	NS 0.228	NS 1.192	NS 0.304	NS 1.192	NS	
A	1	3.348	NS 11.786	NS 1.748	NS 1.192	NS 2.464	NS 1.192	NS 4.769	NS 18.432	NS 0	NS 0.228	NS 1.192	NS 0	NS 1.192	NS	
B	1	0.228	NS 0.308	NS 6.506	NS 10.731 *	2.464	NS 1.192	NS 0	NS 3.562	NS 0	NS 0.228	NS 1.192	NS 0.913	NS 1.192	NS	
A³B	1	1.467	NS 6.709	NS 1.748	NS 1.192	NS 2.464	NS 4.192	NS 0	NS 16.575	NS 0	NS 0.228	NS 1.192	NS 0	NS 1.192	NS	
Factor & Test	1	40.525 *	63.561 **	4.098	NS 0.397	NS 0.821	NS 24.649 *	1.59	NS 15.034	NS 6.359	NS 7.827	NS 9.936	*	9.446	NS 0.397	NS
Testigo	1	2.385	NS 5.848	NS 0.457	NS 2.385	NS 0	NS 2.385	NS 0	NS 0.754	NS 0	NS 0	NS 0	NS 0	NS 0	NS	
Error	10	4.925	5.518	5.958	1.749	3.342	4.071	1.749	8.185	3.18	4.027	1.749	3.92	0.795		
Total	17															

* = significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.05$. ** = significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.01$. NS = No significativa

En el Cuadro 13 se presenta el análisis de variancia para las familias encontradas durante la etapa de cosecha de los sistemas asociados al cultivo de sachá inchi donde se deduce lo siguiente:

No existen diferencias estadísticas altamente significativas para el factor A, las familias Aranea y Formicidae, Tettigonidae, Blattidae, Gryllidae, Phasmidae, Curculionidae, Coccinellidae, Erotilidae, Pentatomidae, Gelostocoridae y Reduvidae, además de las larvas.

No existen diferencias estadísticas altamente significativas para el factor B, las familias Aranea y Formicidae, Tettigonidae, Gryllidae, Phasmidae, Curculionidae, Coccinellidae, Erotilidae, Pentatomidae, Gelostocoridae y Reduvidae, además de las larvas, pero encontramos diferencias altamente significativas en la familia Blattidae; así mismo no existe interacción significativa entre ambos factores (AxB).

En la fuente de bloques y factor versus los testigos considerados, se encontraron diferencias significativas en las familias Aranea, Phasmidae y Gelostocoridae, también se encontró diferencias altamente significativas en la familia Formicidae, luego todas las demás familias Tettigonidae, Gryllidae, Curculionidae, Coccinellidae, Erotilidae, Pentatomidae y Reduvidae, además de las larvas no presentaron diferencias estadísticas.

En cuanto a los resultados de los efectos principales para las coberturas de Kudzu y maní forrajero (factor A) en las familias Aranea, Formicidae, Tettigonidae, Blattidae, Gryllidae, Phasmidae, Curculionidae, Coccinellidae, Erotilidae, Pentatomidae, Gelostocoridae y Reduvidae, además de las larvas el número de individuos encontrados en todas las familias no fueron representativas para sugerir alguna influencia de las coberturas de Kudzú y Maní forrajero, ZERBINO (1997) argumenta que, la presencia del rastrojo en la superficie tiene efectos sobre diversos insectos que cumplen una función benéfica: se crea un ambiente ameno en cuanto a temperatura y humedad, que favorece la sobrevivencia y reproducción de enemigos naturales, basándonos en esta premisa podemos decir que las coberturas indistintamente sin preferencia alguna permiten el desarrollo de los macroinvertebrados por el ambiente favorable creado, destacando así que la cobertura instalada para este estudio es favorable a la presencia de macrofauna.

Con respecto a los cultivos instalados de Frejol Palo y Guaba estos no influenciaron representativamente en el número de individuos en las familias Aranea y Formicidae, Tettigonidae, Gryllidae, Phasmidae, Curculionidae, Coccinellidae, Erotilidae, Pentatomidae, Gelostocoridae y Reduvidae, además de las larvas, ZERBINO (1997) reporta que, con la evolución y crecimiento de la siembra directa hay una tímida revalorización económica y ecológica de la fauna del suelo, inclusive de aquellos grupos que en determinadas condiciones pueden alcanzar el nivel de plaga.

Así mismo, tampoco existió interacción significativa entre cobertura y cultivos a excepción de la familia Blattidae; los cuales en su mayoría son fitófagos, aunque tienen preferencia por los detritos según JIMÉNEZ *et al.* (1996) esto nos lleva a afirmar que la materia orgánica dejada por los cultivos influenciaron la presencia de los individuos de esta familia en la investigación, al respecto PANKHURST *et al.* (1997) menciona que, la materia orgánica sirve como fuente de energía tanto para organismos de macro y microfauna. Lombrices y otros organismos de la fauna están fuertemente influenciados por la cantidad de residuos vegetales retornados al suelo.

En la fuente de bloques, coberturas y cultivos versus los testigos un cultivo de sacha inchi y *Pteridium sp.* "macorrilla" y *Andropogon bicornis*. "rabo de zorro", se encontró presencia importante de individuos en las familias Aranea, Gelostocoridae y Phasmidae, quienes son asiduos habitantes de la floresta arbustiva, por sus hábitos depredadores en los dos primeros y fitófagos en el último según Jiménez (1996), citado por BROWN (2001); también se encontró diferencias altamente significativas en la familia Formicidae, esto se hace evidente por la cobertura y materia orgánica producida ya que al ser insectos sociales que viven en colonias y están integradas en grandes grupos de individuos (ZERBINO, 1997) es posible encontrarlas en gran cantidad.

4.2.2. Análisis de varianza de macroinvertebrados a nivel de 0 - 10 cm

Cuadro 14. Análisis de varianza de las familias encontrada en la evaluación de la etapa de siembra del sachá inchi.

FV	GL	Lumbricidae	
		CM	
Bloques	2	0.601	NS
Tratamientos	5	2.399	NS
Factor	3	1.128	NS
A	1	0.226	NS
B	1	2.930	NS
A*B	1	0.226	NS
Factor & Testigo	1	7.849	NS
Testigo	1	0.763	NS
Error	10	6.281	
Total	17		

NS = No significativa

En el Cuadro 14 se presenta el análisis de variancia para la familia Lumbricidae encontrada durante la evaluación de la etapa de siembra, donde se deduce lo siguiente:

No existen diferencias estadísticas significativas para los factores A y B para la familia Lumbricidae; tampoco existe interacción significativa entre ambos factores (AxB).

Así mismo, en la fuente de bloques y factor versus los testigos considerados, no se encontraron diferencias significativas.

En cuanto a los resultados de los efectos principales para las coberturas de Kudzu y maní forrajero (factor A) y los cultivos de Guaba y Frejol Palo en la familia Lumbricidae, siendo la única familia representativa y con un número no significativo de individuos. FLORES y ALEMÁN (1995) manifiestan que la actividad de las lombrices está relacionada con la cantidad de residuos descompuestos. Según el análisis del suelo en la vegetación original se tuvo un valor de 1.9 para materia orgánica y 4.5 para el pH el cual es bajo y muy ácido, respectivamente Cuadro 23, estas condiciones en el suelo propician la poca actividad de las bacterias y esto se refleja que el análisis de varianza no fue significativo Cuadro 14. Además, para este estudio en la etapa de siembra se presencia ausencia de lombrices, se deduce que esto suceda debido a que en esta etapa el ingreso directo de los rayos solares a la capa superficial del suelo incrementa su temperatura y disminuya la humedad del suelo, según COYNE (2000) condición necesaria para mantener turgente el cuerpo de la lombriz, porque segregan una mucosidad que facilita su desplazamiento y poder cavar en la tierra, por lo que generalmente su desplazamiento es a zonas húmedas; siendo su

importancia para recuperar los suelos. Así, PEÑA y ARIAS (2001) reportan que la forma más adecuada de comenzar a recuperar un suelo es sembrando una cobertura que lo proteja del afecto directo del sol y las lluvias, que provea suficiente materia orgánica y atraiga microorganismos que la transformen en nutrientes.

Cuadro 15. Análisis de varianza de las familias encontradas en la etapa de cosecha del sachá inchi a nivel de 0 – 10 cm de profundidad.

FV	GL	Formicidae (CM)		Lumbricidae (CM)		Larvas (CM)	
Bloques	2	151.183	**	45.818	**	2.652	NS
Tratamientos	5	9.023	NS	36.696	**	5.393	NS
Factor	3	1.365	NS	5.106	NS	7.535	NS
A	1	2.900	NS	0.033	NS	8.840	NS
B	1	0.187	NS	15.075	NS	0.028	NS
A*B	1	1.009	NS	0.210	NS	13.738	NS
Factor & Testigo	1	37.658	**	164.994	**	3.907	NS
Testigo	1	3.360	NS	3.168	NS	0.453	NS
Error	10	6.199		7.791		9.273	
Total	17						

** = significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.01$ NS = No significativa.

En el Cuadro 15 se presenta el análisis de varianza para las familias Formicidae y Lumbricidae así como también las larvas encontradas durante la evaluación de la etapa de cosecha del sachá inchi, donde se deduce lo siguiente:

No existen diferencias estadísticas significativas para los factores A y B para las familias Formicidae y Lumbricidae así como las larvas, tampoco existe interacción significativa entre ambos factores (AxB).

Así mismo, en la fuente de bloques y factor versus los testigos considerados, se encontraron diferencias altamente significativas.

En cuanto a los resultados de los efectos principales para las coberturas de kudzu y maní forrajero (factor A) y los cultivos de Guaba y Frejol palo (Factor B) en la familia formicidae y Lumbricidae, la representatividad en número de individuos no fue tal para demostrar la influencia de las coberturas y cultivos instalados. Al respecto, ZERBINO (1997) reporta que la diversidad de las poblaciones existentes en sistemas de siembra directa o laboreo convencional es afectada por varios factores tales como, cobertura del suelo, cultivo anterior, el uso de fertilizantes, etc. que en muchos casos determinan la composición de la fauna, esto nos permite deducir que las actividades realizadas anteriormente en la parcela influyeron en la presencia de macroinvertebrados, estando presentes pero no significativamente en cada uno de los sistemas evaluados. Del mismo modo, DECAËNS *et al.* (2001) mencionan que, las comunidades de macroinvertebrados responden a las diversas intervenciones humanas realizadas

en el medio ambiente, así los sistemas tradicionales de ganadería extensiva tiene un impacto despreciable sobre ellas y los cultivos anuales causan una reducción dramática de la macrofauna del suelo, de donde podemos afirmar que aunque la presencia de macrofauna no fue representativa, si hubo presencia de lombrices, Además DECAËNS *et al.* (2001) indican que, las pasturas introducidas y los cultivos arbóreos mantienen la cobertura herbácea del suelo y favorecen el desarrollo de una biomasa importante de lombrices nativas.

En la fuente de bloques, coberturas y cultivos versus los testigos un cultivo puro de sachá inchi y *Pteridium sp.* "macorrilla" y *Andropogon bicornis*. "rabo de zorro", se encontraron presencia importante de individuos en las familias Formicidae y Lumbricidae, la comparación con respecto al testigo nos muestra aun que no es significativa entre sistemas lo es ante los testigos corroborándose según FLORES y ALEMÁN (1995) que, las coberturas ejercen influencia en las poblaciones de lombrices de tierra, las excavaciones que realizan favorecen el movimiento de agua y oxígeno en el suelo BLAIR *et al.* (1996) explica que, se calcula que hacen pasar a través de su cuerpo una cantidad próxima a las 34 tn de tierra por año. En el curso de esta "digestión", el suelo es sometido a la acción de las enzimas digestivas y trituración en el interior de estos animales; por lo que podemos decir que la materia orgánica presente en un sistema agroforestal permite el desarrollo de macroinvertebrados como las lombrices que son los mas estudiados en un suelo por su inmediata presencia y abundancia, si analizamos de acuerdo a la caracterización de suelos obtenida en la etapa de

cosecha vemos un valor de 1.9 para materia orgánica y 4.5 para el pH el cual es bajo y muy ácido respectivamente (Cuadro 24), resultados no se han modificado el suelos de la vegetación original, por lo que afirmamos que no ocurrió la descomposición e incorporación de la materia orgánica al suelo proveído por las coberturas y cultivos, si no que la presencia creciente de las lombrices es por el cobijo y ambiente agradable que produce la plantación en general.

El Cuadro 16 muestra la cuantificación de individuos agrupados en orden y familia en cada una de las etapas y los niveles de evaluación considerándose también la vegetación original, que permite comparar e identificar los individuos encontrados en la flora original.

Se observa que solo las familias Aranea con 5 individuos y Formicidae con 15 individuos a nivel de hojarasca y la familia Lumbricidae con 19 individuos a nivel de 0 – 10 cm estuvieron presentes en la vegetación original, presentándose una tendencia de incremento en cada etapa 3 a 14 familias además de las larvas haciendo compleja la composición de macroinvertebrados presentes en la última evaluación, al respecto ZERBINO (1997) argumenta que, la presencia del rastrojo en la superficie tiene efectos sobre diversos insectos que cumplen una función benéfica: creando un ambiente apacible en cuanto a temperatura y humedad, que favorece la sobrevivencia y reproducción de enemigos naturales.

4.3. Diversidad de especies macroinvertebrados

Cuadro 16. Número de individuos en orden y familia encontradas en las etapas de evaluación.

TAXA	Familia	Etapas de evaluación							
		Veg. original*		Siembra		Fructificación		Cosecha	
		Hojar.	0 - 10 cm	Hojar.	0 - 10 cm	Hojar.	0 - 10 cm	Hojar.	0 - 10 cm
ARANEAE	Aranea	5		6		23		32	
HYMENOPTERA	Formicidae	15		9		82	121	132	119
ORTHOPTERA	Tettigoniidae					3		14	
	Gryllidae							8	
	Phasmidae							12	
BLATTARIA	Blattidae							4	
COLEOPTERA	Curculionidae							2	
	Coccinellidae							25	
	Erotilidae							4	
HEMIPTERA	Pentatomidae							5	
	Gelostocoridae							5	
	Reduviidae							6	
LARVAS	Larvas						24	1	41
OLIGOCHAETA	Lumbricidae		19		20		229		278

*Valores tomados como base comparativa para la investigación.

Asimismo, PANKHURST *et al.* (1997) manifiestan que la materia orgánica es fuente de energía tanto para organismos de macro y microfauna; lombrices y otros organismos de la fauna están fuertemente influenciados por la cantidad de residuos vegetales retornados al suelo.

Cuadro 17. Valores de los índices de diversidad en cada una de las etapas de evaluación de los sistemas asociados al sachá inchi.

Etapas de evaluación	S		H		J	
	Hojara.	0 -10	Hojara.	0 -10	Hojara.	0 -10
Veg. original*	2	1	0.6	0.0	0.8	0.0
Siembra	2	1	0.7	0.0	1.0	0.0
Fructificación	3	3	0.6	0.7	0.6	1.0
Cosecha	13	3	1.7	0.6	0.7	0.9

S : riqueza de especies, H : Índice de Shannon – Wiener, J : Índice equidad

*Valores tomados como base comparativa para la investigación.

El Cuadro 17 muestran los valores de los índices de diversidad y según MAGURRAN (1983) la riqueza de especies es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad. En la primera etapa se tuvo una riqueza de dos especies de invertebrados al igual que en la etapa de siembra, la etapa de fructificación tres especies y la etapa de cosecha 13. DOMINGUEZ (1990), ROJAS (1999) y ZWART *et al.* (2005) manifiestan que especies como el maní forrajero y el Kudzu presenta mejores resultados en cuanto a contribución de nutrientes y producción de abundante biomasa para la incorporación de materia orgánica y su mejoría; lo que a través de las etapas de

evaluación se evidenciaron el incremento en diversidad de macroinvertebrados, siendo que en la etapa de cosecha (después de un año y última evaluación) el tipo de individuos se elevó de tres a trece familias, esto demuestra la influencia que tiene el tipo de vegetación en el incremento de la macrofauna en un área, tal como concluye Sánchez y Milera (2002), citado por ZALDÍVAR *et al.* (2009) que la introducción de árboles en pastizales de gramíneas, posibilita una mayor colonización de la macrofauna y crea condiciones microclimáticas para la presencia de órdenes de gran importancia económica y ecológica, que corrobora lo encontrado en la presente investigación.

A nivel de 0 – 10 cm observamos similitudes en la vegetación original y de siembra con dos especies y similitudes en la etapa de fructificación y cosecha con tres especies siendo la diferencia mínima, esto se podría explicar por el deficiente aporte de nutrientes de la materia orgánica de *Pteridium sp.* “macorrilla” y *Andropogon bicornis* “rabo de zorro” a través del tiempo en el área, el cual al tener solo dos familias presentes según lo evaluado en la vegetación original, no influyen positivamente la actividad de otros microorganismos ZERBINO (1997) expresa que, con la evolución y crecimiento de la siembra directa hay una tímida revalorización económica y ecológica de la fauna del suelo, inclusive de aquellos grupos que en determinadas condiciones pueden alcanzar el nivel de plaga lo que ha sucedido en la presente investigación para este nivel, lo contrario sucedido a nivel de hojarasca.

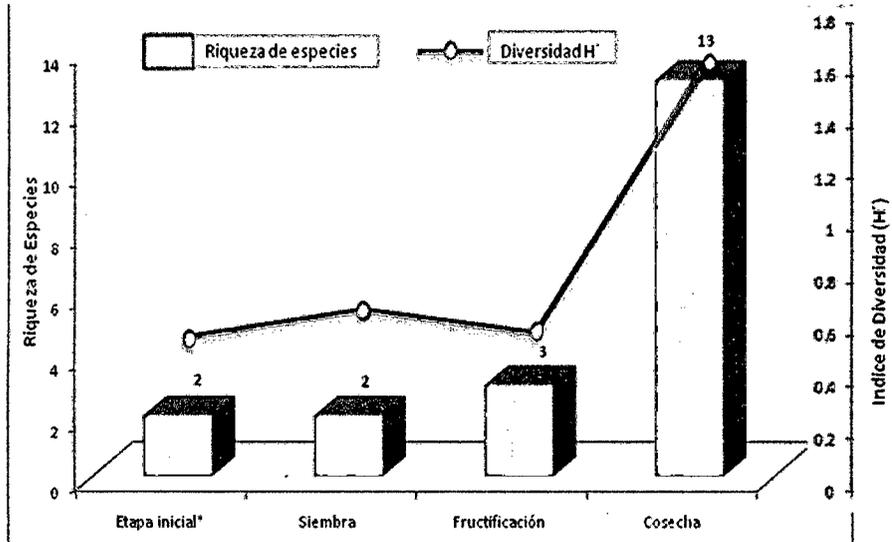


Figura 12. Valores riqueza de especies e Índices de diversidad a nivel de hojarasca.

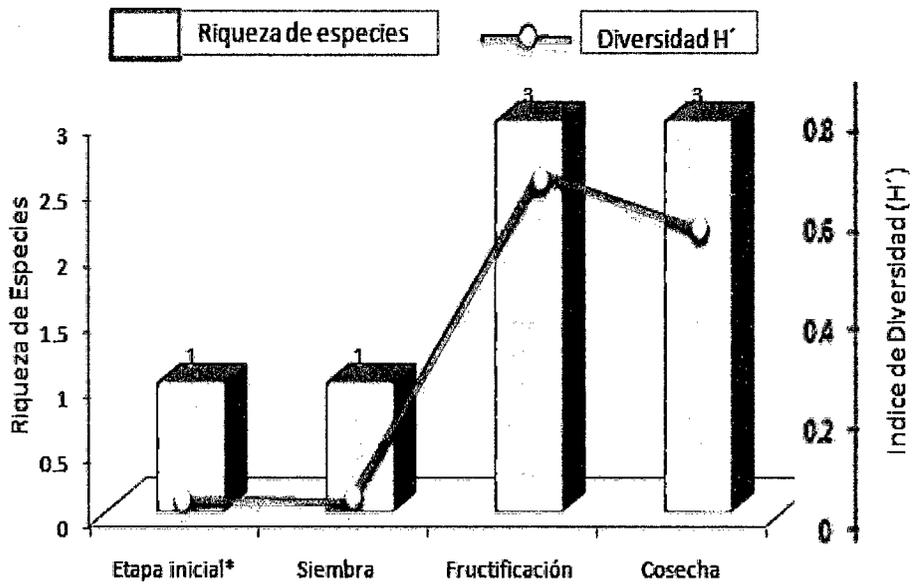


Figura 13. Valores riqueza de especies e Índices de diversidad a nivel de 0-10 cm.

Con respecto al índice de Shannon – Wiener Figuras 12 y 13, en la etapa de cosecha a nivel de hojarasca con un valor de 1.7 bits/ind. y la etapa de fructificación a nivel de 0 – 10 cm con un valor de 0.7 bits/ind, explicándose esto según BROWN (2001); MARIN y FEIJOO (2007) que la calidad de la hojarasca tiene mayor injerencia que su cantidad sobre la riqueza de especies de la macrofauna; estos desarrollan por lo menos parte de su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial (hojarasca, troncos de la vegetación).

La equidad de Pielou Cuadro 17, que la etapa de cosecha a nivel de hojarasca fue más diverso su distribución, no uniforme valor de 0.7, con respecto al nivel de 0 – 10 cm con un valor de 1.0 que nos indica que estuvo mejor distribuido, similar a lo encontrado por LINARES (2002) donde el sistema agroforestal con cultivos, presentó un índice de diversidad igual que el bosque secundario y su distribución no fue equitativa. El análisis nos indica que fueron las lombrices quienes mayor presencia tuvieron en las evaluaciones y por ende justifica este resultado ya que según BENITES (2008) la cantidad de lombrices esta determinada por los cultivos presentes, la cantidad y calidad de los residuos en la superficie, la humedad.

Cuadro 18. Valores de los índices de diversidad en cada una de los sistemas a nivel de hojarasca.

Sistemas	Etapa			Etapa			Etapa		
	siembra			fructificación			cosecha		
	S	H	J	S	H	J	S	H	J
Macorilla, rabo de zorro*	1	0	0	2	0.6	0.8	5	1	1
Sacha inchi*	2	0.6	0.8	2	0.6	0.9	7	1	0.9
kudzu, guaba, sacha inchi	2	0.7	1	3	0.6	0.6	10	0.8	0.7
kudzu, Frejol Palo, sacha inchi	2	0.6	0.8	3	0.7	0.7	11	0.9	0.9
Mani F, Guaba, sacha inchi	1	0	0	1	0	0	11	0.8	0.8
Mani F, Frejol P, Sacha Inchi	0	0	0	3	0.8	0.7	13	0.8	0.8

Riqueza de especies, H : Índice de Shannon – Wiener, J : Índice equidad

*Parcelas testigo

El Cuadro 18 muestra a los sistemas agroforestales y parcelas testigos con diferencias mínimas de valores en cuanto a riqueza de especies, diversidad y distribución en dos etapas de evaluación, donde el sistema Kudzu Guaba y Sacha inchi fue ligeramente el más diverso y mejor distribuido en la etapa de siembra con $S = 2$ $H = 0.7$ y $J = 1$, en la etapa de fructificación encontramos que los sistemas Maní forrajero Frejol palo Sacha inchi con $S = 3$ $H = 0.8$ y $J = 0.7$ y Kudzu Frejol palo Sacha inchi con $S = 3$ $H = 0.7$ y $J = 0.7$ fueron los más diversos, aunque en distribución o equitatividad la parcela

testigo Sacha inchi con $J = 0.9$ fue el mejor distribuido, esto nos indica que la presencia de coberturas y cultivos influenciaron también levemente desde la etapa de siembra a la etapa de fructificación.

Los valores en cuanto a riqueza de especies, diversidad y distribución se incrementaron notablemente en la etapa de cosecha donde los sistema Maní forrajero, Frejol palo y sachá inchi con $S = 13$ $H = 1.8$ y $J = 0.7$, seguido de los sistemas Kudzu Frejol palo Sachá inchi con $S = 11$ $H = 1.8$ y $J = 0.8$ y Maní forrajero Guaba Sachá inchi con $S = 11$ $H = 1.6$ y $J = 0.7$ presentaron mayor número de especies y fueron los más diversos, esto se podría explicar por el tipo coberturas maní forrajero y Kudzu y cultivos instalados como el Frejol palo favorecen por distintos aspectos el desarrollo de los macroinvertebrados. Al respecto, STAVER (1996) explica que el maní forrajero mejora las condiciones del suelo aumentando su fertilidad. Así mismo ROJAS (1999) añade que el maní forrajero estimula la diversidad biológica del suelo y también, ALEGRE (1999) manifiesta que el Kudzu se caracteriza por su rápido crecimiento y producción de grandes cantidades de biomasa y es muy eficiente para ocupar suelos desnudos, cualidad importante cuando se quieren recuperar terrenos fuertemente degradados.

Sobre el Frejol palo MORALES (1995) ; SEFO (2007) reportan que, es capaz de producir gran cantidad de biomasa para cubrir el suelo, inclusive en suelos degradados con lo cual provee materia orgánica al suelo a través de sus ramas leñosas de lenta descomposición, características señaladas que nos permite formarnos un criterio de que la elección de plantas específicas en una

plantación determinada favorecen el incremento y desarrollo de la diversidad biológica de los macroinvertebrados los cuales de acuerdo a las funciones que cumplen en el suelo LINDEN *et al.* (1994).

Instrumentos como la diversidad, abundancia y su biomasa son valiosos al medir procesos de degradación que tienen lugar en los suelos agrícolas, por lo que podemos afirmar que son indicadores de la fertilidad del suelo (BROWN *et al.*, 2001).

Así mismo, observamos también que el sistema con mejor distribución de familias fue el de Kudzu Frejol palo Sacha inchi con 0.8, es innegable también afirmar que el sachá inchi no haya tenido influencia con la diversidad de microorganismos. VALLES (1995) dice que este cultivo tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo; crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio; así mismo ARÉVALO (1995) añade que prospera en «shapumbales» (*Pteridium aquilinum*) secos y húmedos y en «cashucshales» (*Imperata brasiliensis*) similar característica de la vegetación en el área evaluada el cual lo hace importante como cultivo estratégico para futuros planes de reforestación en suelos degradados con fines de recuperación.

Cuadro 19. Valores de los índices de diversidad en cada uno de los sistemas a nivel de 0 – 10 cm.

Sistemas	Etapa			Etapa			Etapa		
	siembra			fructificación			cosecha		
	S	H	J	S	H	J	S	H	J
Macorilla, rabo de zorro*	1	0	0	3	1	0,9	3	1	1
Sacha inchi*	1	0	0	3	1	0,9	3	1	0.9
kudzu, guaba, sacha inchi	1	0	0	3	0.8	0,7	3	0.8	0.7
kudzu, Frejol Palo, sacha inchi	1	0	0	3	0.8	0,7	3	0.9	0.9
Mani F, Guaba, sacha inchi	1	0	0	3	0.7	0,7	3	0.8	0.8
Mani F, Frejol P, Sacha Inchi	1	0	0	3	0.8	0,7	3	0.8	0.8

S : riqueza de especies, H : Índice de Shannon – Wiener, J : Índice equidad

*Parcelas testigo

El Cuadro 19 muestra a los sistemas agroforestales y parcelas testigos con valores similares en cuanto a riqueza de especies, diversidad y distribución en la etapa de siembra; así mismo se observa similitudes en riqueza de especies, diversidad y distribución en la etapa de fructificación y cosecha con mínimas diferencias entre los sistemas y testigos, pero lo que se resalta es que a pesar de mostrar iguales valores de diversidad las parcelas testigos de Macorilla rabo de zorro con $S = 3$ $H = 1$ y $J = 1$ y cultivo de sacha inchi con $S = 3$ $H = 1$ y $J = 0.9$ estuvieron mejor distribuidas.

Estos resultados inversos de acuerdo a lo obtenido a nivel de hojarasca, denota que existe un incremento en la diversidad de especies aunque este sea mínimo, lo cual la recuperación de la diversidad bajo el suelo es lento. Según ZERBINO (1997) manifiesta que con la evolución y crecimiento de la siembra directa hay una tímida revalorización económica y ecológica de la fauna del suelo, en la presente investigación se observa un leve incremento y principalmente de las lombrices los cuales, según BENITES (2008), la cantidad de lombrices esta determinada por la disponibilidad de alimentos como materia orgánica y microbios de la tierra, los cultivos presentes, la cantidad y calidad de los residuos en la superficie, la humedad y temperatura del suelo, textura, aireación, nutrientes incluyendo niveles de calcio y los tipos de fertilizante y nitrógeno utilizado; así mismo COYNE, (2000) explica que necesitan la presencia de humedad para mantener turgente el cuerpo, porque segregan una mucosidad que facilita su desplazamiento.

4.4. Densidad y biomasa de macroinvertebrados

Cuadro 20. Valores de densidad y biomasa de macroinvertebrados según las etapas de evaluación del cultivo de sachá inchi.

Familias /Etapas	Veg. original*				Siembra				Fructificación				Cosecha				
	Hojarasca		0 -10		Hojarasca		0 -10		Hojarasca		0 -10		Hojarasca		0 -10		
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	
Araneae	80	0.01			96	0.01			368	0.02				512	6.26		
Formicidae	240	0.02			144	0.01			1312	0.03	1152	0.03		2112	0.09	1040	0.05
Tettigoniidae									48	19.06				224	0.36		
Gryllidae														128	1.26		
Phasmidae														192	1.48		
Blattidae														64	0.35		
Curculionidae														32	0.42		
Coccinellidae														400	7.08		
Erotilidae														64	0.54		
Pentatomidae														80	7.11		
Gelostocoridae														80	1.35		
Reduviidae														96	1.10		
Larvas											256	12.10	16	0.20	368	4.59	
Lumbricidae			192	31.04			208	34.08			1968	266.62			2352	698.53	

D: Densidad en Ind.m⁻² B: Biomasa en g.m⁻²

*Valores tomados como base comparativa para la investigación.

Cuadro 21. Valores de densidad y biomasa de macroinvertebrados en los sistemas agroforestales evaluados por etapa.

Sistemas / etapas	Siembra				Fructificación				Cosecha			
	Hojarasca		0 -10 cm		Hojarasca		0 -10 cm		Hojarasca		0 - 10 cm	
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
Macorilla, rabo de zorro*	16	0.002	48	9.28	240	0.008	400	20.87	336	0.832	224	29.80
Sacha inchi*	64	0.005	48	4.52	176	0.008	368	25.36	336	1.398	288	26.34
kudzu, guaba, sacha inchi	80	0.008	16	2.88	368	7.226	560	46.26	784	3.840	928	177.70
kudzu, Frejol Palo, sacha inchi	64	0.005	32	4.00	368	5.610	816	70.56	640	8.493	704	152.48
Maní F, Guaba, sacha inchi	16	0.002	32	6.24	272	0.005	768	59.20	800	4.614	928	199.25
Maní F, Frejol P, Sacha Inchi	0	0.000	32	4.16	304	6.250	464	56.48	1104	9.026	688	117.56

D: Densidad en Ind.m⁻² B: Biomasa en g.m⁻²

*Parcelas testigo

En los Cuadros 20 y 21 se muestran los valores obtenidos para la densidad y biomasa de macroinvertebrados terrestres tanto para los sistemas agroforestales y familias encontradas mostrando una tendencia creciente en cada una de las etapas evaluadas, siendo las familias Aranae 80 ind.m^{-2} , 0.01 g.m^{-2} y Formícidae 240 ind.m^{-2} , 0.02 g.m^{-2} a nivel de hojarasca y la familia Lumbricidae con 192 ind.m^{-2} , 31.04 g.m^{-2} a nivel de 0 – 10 cm quienes se encontraron y evaluaron desde la vegetación original, estos valores se fueron incrementando en cada etapa evaluada obteniéndose en la etapa de cosecha los valores de Aranae 512 ind.m^{-2} , 6.26 g.m^{-2} y Formícidae 2112 ind.m^{-2} , 0.09 g.m^{-2} a nivel de hojarasca y la familia Lumbricidae con 2352 ind.m^{-2} y 698.53 g.m^{-2} ; tales valores son altos con respecto a la etapa inicial. Similares resultados fueron encontrados por SÁNCHEZ *et al.* (1989) en un sistema de manejo de *Brachiaria decumbens* asociada con *Desmodium ovalifolium*, después de seis años de pastoreo, la población de organismos en el suelo aumentó considerablemente, en especial la lombriz de tierra que triplicó su población, por lo que afirmamos que el eficiente manejo de un cultivo incide en el incremento de la lombriz de tierra. Tres familias hacen notoria su presencia conforme se incrementa la vegetación, por ende se recupera un suelo y los cambios en el microclima no los afectan muy por el contrario incrementa su número y biomasa, nótese además que una de las familias cumple funciones depredativas de acuerdo a JONES *et al.* (1994) y al margen de lo debilitado y homogéneo que sea una vegetación está siempre se equilibra.

Los valores promedios de densidad y biomasa de los macroinvertebrados de la vegetación original con 160 ind.m⁻² y 0.02 g.m⁻² se incrementó en la etapa de cosecha a 308 ind.m⁻² y 2.12 g.m⁻² con coberturas de Kudzu y maní forrajero y cultivos guaba y Frejol palo a nivel de hojarasca, frente a los resultados encontrados por RODRÍGUEZ (2008) en el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en pastizales de México, incrementaron las poblaciones de la macrofauna desde 36.28 ind.m⁻² (área sin *L. leucocephala*) hasta 181.28 ind.m⁻² (área con *L. leucocephala*) y su biomasa desde 11.89 g.m⁻² hasta 41.49 g.m⁻², respectivamente. Así mismo, en Cuba SÁNCHEZ *et al.* (1997) en un pastizal de *Andropogon gayanus*, con otras especies de gramíneas y leguminosas rastreras, encontraron que la fauna de invertebrados del suelo aumentó de 194 a 346 ind.m⁻² cuando se aplicó un sistema de pastoreo rotacional durante cuatro años consecutivos, si la comparamos con los valores encontrados en la presente investigación son casi similares en cuanto a densidad mas no en biomasa, esto puede hacer referencia al tipo de cobertura y cultivo; según ZERBINO (1997) dice que la diversidad de las poblaciones de macroinvertebrados existentes en sistemas de siembra directa o laboreo convencional es afectada por varios factores tales como, cobertura del suelo, cultivo anterior, el uso de fertilizantes, etc. que en muchos casos determinan la composición de la fauna. Así mismo, DECAËNS *et al.* (2001) reporta que las comunidades de macroinvertebrados responden a las diversas intervenciones humanas realizadas en el medio ambiente, esto refleja la situación de las parcelas evaluadas similares a la nuestra, el cual evidencia el proceso de recuperación al obtener estos datos.

Cuadro 22. Valores de densidad y biomasa de macroinvertebrados en los sistemas agroforestales evaluados por niveles de muestreo.

Sistemas	Hojarasca		0 - 10 cm	
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
Macorilla, rabo de zorro*	624	0.84	736	70.51
Sacha inchi*	640	1.42	720	58.95
kudzu, guaba, sacha inchi	1264	11.08	1520	229.24
kudzu, Frejol Palo, sacha inchi	1136	14.11	1600	235.04
Mani F, Guaba, sacha inchi	1168	4.60	1744	267.57
Mani F, Frejol P, Sacha Inchi	1456	15.28	1216	182.69

*Parcelas testigo.

Cabe anotar según el Cuadro 21 si realizamos la comparación con las investigaciones realizadas por TAPIA - CORAL *et al.* (2002) en un muestreo diferentes sistemas de uso del suelo en Jenaro Herrera (Loreto), siendo un Sistema agroforestal el que presentó una mayor densidad de macroinvertebrados (2540 ind.m⁻²) seguido de un bosque primario (1733 ind.m⁻²). PASHANASI (2002), efectuando muestreos en diferentes sistemas de uso del suelo en Pucallpa y Yurimaguas se encontró la mayor densidad en un sistema agroforestal (1581 ind.m⁻²) en Pucallpa, TAPIA – CORAL (2002) en Iquitos Perú encontraron en un bosque secundario el registró 24.2 g.m⁻², de la biomasa de Lumbricidae fue mayor en los sistemas agroforestales. Según LINARES (2007) en Tingo María encontró en el bosque primario (518.40 ind.m⁻²) seguido por el sistema agroforestal con cultivos (249.6 ind.m⁻²) así mismo encontró la mayor biomasa en el sistema

agroforestal con cultivos (18.55 g.m^{-2}) y sistema agroforestal (15.45 g.m^{-2}) el cual fue dominado por los Lumbricidae. Notamos que no es amplia la diferencia si lo comparamos por sistemas agroforestales, ya que los sistemas Maní forrajero Frejol palo Sacha inchi tuvo 1456 ind.m^{-2} y 15.28 g.m^{-2} a nivel de hojarasca y el sistema Maní forrajero Guaba Sacha inchi con 1744 ind.m^{-2} y 267.57 g.m^{-2} a nivel de 0 -10 cm que también fue dominado por las lombrices, frente a estos resultados obtenidos en la investigación y donde los investigadores en mención, realizaron evaluaciones en bosques primarios, secundarios y sistemas agroforestales con suelos fértiles y evidente materia orgánica humificada, nos atrevemos a afirmar que es posible la recuperación de un suelo rápidamente si elegimos las especies adecuadas y aceleramos el proceso sucesional combinando coberturas y cultivos, a lo que también coadyuvaría la corrección de la acidez del suelo con dolomita y la aplicación de enmiendas orgánicas.

Observamos según la figura 14 que en la etapa de cosecha un incremento considerable en el número de familias aunque en su mayoría no reeditan diferencias en densidad y biomasa a excepción de las familias Tettigonidae en la etapa de fructificación y Coccinellidae en la etapa de cosecha. Se resalta la familia Tettigonidae por la biomasa que presenta 19.6 g.m^{-2} la cual es alta comparado con la biomasa que presentan las otras familias y según NUNES y DAVILA (2004), estos insectos comen hojas y tallos, el cual explicaría su presencia en el área, ya que en esta etapa la producción de hojas fue abundante, otro aspecto de esta familia, Con respecto a la familia Coccinellidae que cuenta

con una importante densidad 400 ind.m^{-2} y biomasa de 7.08 g.m^{-2} muy a pesar de haberse incorporado en la etapa de cosecha, los hábitos predadores y su marcada preferencia por los Hemípteros (GONZALES, 2006) son causal importante para afirmar que conforme se incrementa el número de familias de macroinvertebrados se incrementa el número de individuos de esta familia así mismo podemos decir que la vegetación influencia la aparición de cazador y presa.

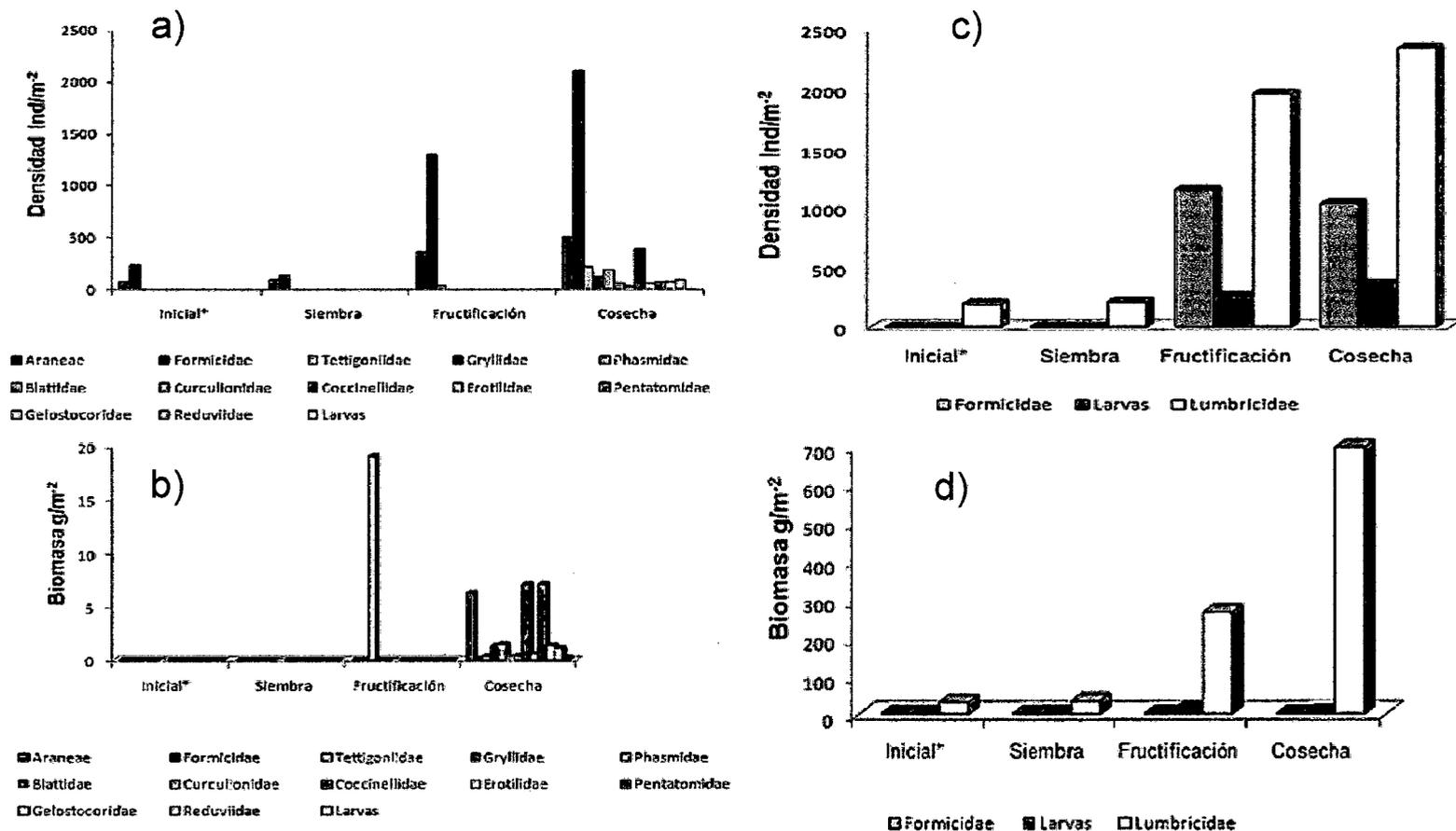


Figura 14. Valores encontrados en densidad y biomasa de macroinvertebrados. a) Densidad a nivel de hojarasca b) Biomasa a nivel de hojarasca c) Densidad a nivel de 0 – 10 cm d) Biomasa a nivel de 0 – 10 cm.

V. CONCLUSIONES

- Los sistemas agroforestales y parcelas testigos no presentaron diferencias en la cuantificación de individuos en las etapa siembra y de cosecha en los niveles de muestreo de hojarasca y 0 – 10 cm evaluadas.
- Los macroinvertebrados fueron mas diversos en la etapa de cosecha donde, el sistema Maní forrajero Frejol palo Sacha inchi con 13 especies 1.8 bits/ind. y 0.7 de equitatividad fue el más diverso y mejor distribuido a nivel de hojarasca, las parcelas testigo Macorilla rabo de zorro con 3 especies 1 bits/ind. 1 de equitatividad a nivel de 0 – 10 cm.
- Los valores de densidad y biomasa fueron mayores en el sistema Maní forrajero Frejol palo Sacha inchi con 1456 ind.m⁻² y 15.28 g.m⁻² a nivel de hojarasca y el sistema Maní forrajero Guaba Sacha inchi con 1744 ind.m⁻² y 267.57 g.m⁻² a nivel de 0 -10 cm.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para estudios similares, incrementar el tamaño de área y trabajar con varias zonas paralelamente, identificando los macroinvertebrados a los niveles más profundos del suelo.
- Realizar la identificación de individuos a nivel de especies ya que encontramos dentro de una misma familia hábitos alimenticios diferentes.
- Realizar un análisis foliar para determinar la calidad de materia orgánica incorporada al suelo y su relación con la macrofauna, en especial con las lombrices.
- La elección del área, el cual debe ser lo mas homogéneo posible ya que una pequeña variación en la gradiente, temperatura o humedad modifica los valores de cuantificación de individuos.
- El proceso de recuperación de suelos requiere además de coberturas y cultivos la incorporación de enmiendas orgánicas.

VII. ABSTRACT

This research examined the effect of agroforestry systems associated with the cultivation of *Plukenetia volubilis* "Sacha inchi" in increasing macroinvertebrate biodiversity on degraded land of Tingo Maria. The experiment was installed on a soil with an apparent degradation and vegetation composed of *Pteridium* sp "Macorilla" and *Andropogon bicornis* "fox tail" for which we used a factorial design with two factors, with 4 treatments and two control treatments distributed in three blocks within an area of 1152 m², assessing the number of macroinvertebrates present in the seed stage, fruiting and harvesting the main crop "sacha inchi" on a comparative basis as well as the presence of macroinvertebrates in the initial vegetation above.

The results show that agroforestry systems and control plots showed no differences in the quantification of individuals in the stage of sowing and reaping in the levels of litter and 0 - 10 cm. Macroinvertebrates were more diverse in the harvest stage where the system stick Sacha Bean forage peanut inchi was the most diverse at the level of litter and control plots were the most diverse level of 0 - 10 cm. The average values of density and biomass in the harvest stage was 308.2 ind.m and 2.12 g.m⁻² litter level and 1253 ind.m⁻² and 234.39 g.m⁻² at level 0 - 10 cm.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, J., MEZA, A., ROCCA, L. 1999. Manual de barbechos mejorados. Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería, ICRAF. Pucallpa, Perú. 224 p.
- ARÉVALO, G. 1995. Informes de Resultados de Investigación. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. E.E. «El Porvenir». Tarapoto, Perú. 20 p.
- ARZOLA, A. 1996. Establecimiento sin labranza de *Arachis pintoi* y *Pueraria phaseoloides* en pasturas nativas. México. Vol. 19 N^o 3. p 5 – 45
- BEGON, M., HARPER, J.L., TOWNSEND, C.R. 1995. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Edición omega, S.A. Barcelona, España. 886 p.
- BENITES, J. 2008. Evaluación visual del suelo. XI congreso nacional y IV congreso Internacional de la ciencia del suelo. Suelos agricultura sostenible, biodiversidad y agroforestería para el desarrollo rural. Guía de campo. Instituto cultivos tropicales – Sociedad peruana de la ciencia del suelo. Tarapoto, Perú.
- BURGESS, A., RAW, F. 1971. Biología del Suelo. Edit. Ediciones Omega, SA. Barcelona, España. 470 p.

- BLAIR, J.M., BOHLEN, P.J., FRECKMAN, D.W. 1996. Soil invertebrates as indicators of soil quality. In: Methods for assessing soil quality. Madison, WI. USA. Soil Science Society of America.
- BROWN, G.C., FRAGOSO, I., BAROIS, P., ROJAS, F. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Dpto Biología de suelos, Instituto de Ecología de Xalapa México. 3 p.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN EDUCACIÓN Y DESARROLLO. 2008. Protocolo del Cultivo de Sacha inchi, Subproyecto «Adaptación y validación participativa de paquete tecnológico para la producción competitiva del sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Cuenca del Perené». INCAGRO. La Merced, Perú.
- CORREIA, M.E.F., OLIVEIRA, L.C.M. 2000. Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 46 p.
- COYNE, M. 2000. Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. 1^{ra} ed. Ed. Paraninfo. ITP. Madrid, España. 250 p.
- CURRY, J.P. 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. P 37-64. IN: C.A. Edwards (ed.) earthworm ecology. CRC press, Boca Raton.
- DECAËNS, T., JIMÉNEZ, J.J., RANGEL, A.F., CEPEDA, A., MORENO, A.G., LAVELLE, P. 2001. La macrofauna del suelo en la sabana bien drenada de los Llanos Orientales. pp: 111 - 137. En: *Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Rippstein, G.;

Escobar, G. Y Motta, F. (Eds.). Publicación CIAT n° 322. Cali, Colombia. 302 p.

DOMINGUEZ, J. 1990. Leguminosas de cobertura en cacao *Theobroma cacao* y pejibaye *bactris gasipaes*. Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 85 p.

ENCISO, N. 2008. Plantación de Guaba en sistema agroforestal. SIAMAZONIA -Transferencia Tecnología Agroforestal en Selva Baja. [En línea]: Síamazonia, (<http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros/51/5100001a.htm>., documento, 10 de Ago. 2010).

ESTACIÓN METEOROLÓGICA ABELARDO QUIÑONES JOSÉ. 2010. Datos meteorológicos (2009 - 2010). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.

FERRARI, A.E., L.G. WALL. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. Universidad Nacional de Quilmes, R. Sáenz Peña 180, Bernal B1876BXD, Argentina. [En línea]: Guía forestal, ([http://www.guiaforestal.com/Descargas/Usuarios/Informes/Tecnicos/Utilizacion de arboles fijadores de nitrogeno para revegetar suelos degradados.pdf](http://www.guiaforestal.com/Descargas/Usuarios/Informes/Tecnicos/Utilizacion%20de%20arboles%20fijadores%20de%20nitrogeno%20para%20revegetar%20suelos%20degradados.pdf), guía, 14 de Oct. 2010).

- FISHER, M., CRUZ, P. 1995. Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoii*. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali, Colombia. p 45-56.
- FLORES, M., ALEMÁN, R. 1995. La utilización de leguminosas de cobertura en plantaciones perennes (basado en las experiencias de la plantación de palma en San Alejo). Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura: CIDICCO. [En línea]: Cidicco, (<http://www.cidicco.hn/archivospdf/Boletin7.pdf>, Archivo, 12 de Set. 2010).
- FUNDACION PARA LA AGRICUTURA Y ALIMENTACIÓN. 1995. Prácticas agroforestales. Proyecto FAO – Holanda Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito, Ecuador. 183 p.
- GARCÉS, M., GARCIA, F. 2007. Cambios de la Fertilidad del Suelo y Productividad en un Sistema Agroforestal Barbecho Mejorado con *Inga edulis* en la Reserva Forestal Sipapo, Venezuela. [En línea]: Cfm (<http://www.cfm2009.org/es/programapost/resumenes/index.asp?offset=360>, documento, 10 de Abr. 2010).
- GONZALES, G. 2006. Los coccinellidae de chile. [En línea]: Los coccinellidae, (<http://www.coccinellidae.cl>., documento, 06 de dic. 2010).
- HUERTA, E. 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. Terra latinoamericana. Vol 26 N° 2 p 171 [En línea]:

redalyc (<http://www.redalyc.uaemex.mx/pdf/573/57313046010.pdf>, 23 oct. 2010).

HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología Basada en zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José Costa Rica, 216 p.

JIMENEZ, J., DECAENS, T., THOMAS, R., LAVELLE, P. 1996. La macrofauna del suelo: Un recurso natural aprovechable pero poco conocido. Unidad de suelos y nutrición de plantas – CIAT. Cali Colombia [En línea]: Ciat, (Http://webapp.ciat.cgiar.org/tsbf_institute/pdf/arado_natural_cap1.pdf, documento, 20 Oct. 2010).

JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M. 1994. Organismos as ecosystem engineers. *Oikos*, 69:373-386.

LAVELLE, P., GILLOT, C., FRAGOSO, C., PASHANASI, B. 1992. Soil fauna and sustainable land use in the humid tropics. In: Greeland, D. J; Szabolcs, I (Eds). *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB International. p. 291-305.

LIETTI, M. 2008. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo. *Ecología Austral*, Buenos Aires, v. 18, p. 71-87.

- LINARES, D. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el Parque Nacional Tingo María, Tesis Ing. Recursista. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la selva. 35 p.
- LINDEN, D.R., HENDRIX, P.F., COLEMAN, D.C., VAN VILET, P.C.J. 1994. Faunal indicators of soil quality. In Doran, J.W.; Jones, A.J. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable Environment. SSSA. Special Publication no. 35. p. 91-106.
- MAGURRAN, A.E. 1987. Diversidad Ecológica y su Medición. Ediciones VEDRA. Barcelona, Eespaña. 200 p.
- MANCO, E. 2003. Situación y Avances del Cultivo de Sacha Inchi en el Perú. Dirección nacional de Investigación en recursos genéticos y Biotecnología. INIA, Lima, Perú. 30 p.
- MANUAL PARA EXTENSIÓN FORESTAL EN EL OCCIDENTE DE PICHINCHA (MEFOP). 1998. Proyecto de Desarrollo Forestal en el occidente de Pichincha. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador. 152 p.
- MARÍN, P., FEIJOO, A. 2007. Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en Vertisoles de un área de Colombia. Terra Latinoamericana. 25(3): 297-310.
- MARTÍNEZ, J., CASTELLANO, G., HIGUERA, A. 2003. Evaluación de 25 líneas de Quinchoncho *cajanus cajan* (L.) Millsp. Con fines de selección para su uso como leguminosa arbustiva forrajera. [En línea]: El saber,

<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27931/2/art2.pdf>

documento, 20 de Jul. 2010).

MCBRIDE, F. 1951. Euphorbiaceae. Dentro de la Flora del Perú. Serie Botánica vol. 13, Part IIIA. Museo de Historia Natural. Chicago, USA. p 115-118.

MORALES, A. 1995. Influencia de la cosecha de grano verde en el rendimiento de grano seco de Frejol de palo (*cajanus cajan* (L.) Millsp.), de crecimiento determinado en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

MONTAGNINI, F. 1992. Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos. San José Costa Rica. 622 p.

NUNES, Z., DAVILA, C.A. 2004. Taxonomía de las principales familias y subfamilias de insectos de interés agrícola de Nicaragua. 1ra Ed. Managua Nicaragua. [En línea]: cenida, (<http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10a481.pdf.pdf>, documento, 20 de Julio 2010).

PANKHURST, C., DOUBE, B., GUPTA, V. 1997. Biological indicators of soil health: synthesis. En Biological Indicators of Soil Health Eds. Pankhurst, C. E., Doube, B. M. y Gupta, V. V. S. R., CAB International. New York, USA. p. 419-435.

PASHANASI, B. 2002. Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del Suelo en Diferentes Sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, Folia Amazónica, Perú, vol. 12, N° 2 p 75 -97.

PEÑA, E., ARIAS, F. 2001. Recuperación de suelos en el Amazonas a partir de Sistemas agroforestales [En línea]: Agronet, (<http://www.agronet.gov.co> [/www/docs_si2/2006102416480_Recuperacion%20de%20suelos%20en%20sistemas%20agroforestales.pdf](http://www/docs_si2/2006102416480_Recuperacion%20de%20suelos%20en%20sistemas%20agroforestales.pdf), documento, 05 de Nov. 2010).

PROAMAZONIA. 2003. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos degradados en zonas de cultivo de coca. Ministerio de Agricultura, Programa para el Desarrollo de la Amazonía. Lima, Perú. 93 p.

RODRIGUEZ, R. 2008. Sistemas agroforestales. Documento de trabajo. ECOSUR. Tapachula, México.

ROJAS, B. 1999. Ventajas y limitaciones para el uso de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en la ganadería tropical. XI Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal, Universidad de Costa Rica – CIAT. San José, Costa Rica. p 88 – 89 [En línea]: Avpa, (http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-9.pdf, documento, 02 de Nov. 2010).

SANCHEZ, S., CRESPO, G., HERNÁNDEZ, M., GARCÍA, Y. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en Pastizales Pastos y Forrajes v.31 n.2 Matanzas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. [En línea]: Scielo, (<http://scielo.sld.cu/scielo>

[php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000200001), artículo, 15 de Set. 2010).

SÁNCHEZ, S., MILERA, M., SUÁREZ, J., ALONSO, O. 1997. Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. *Pastos y Forrajes*. 20:143. [En línea]: Scielo, (http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000200001, artículo, 25 de oct. 2010).

SÁNCHEZ, P., ARA, A. 1989. Contribución potencial de las praderas mejoradas a la sostenibilidad de los ecosistemas de sabana y bosque húmedo tropical. En: *Contribución de las pasturas mejoradas a la producción animal en el trópico*. CIAT. Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 80, p. 1 [En línea]: Payfo.itahuey.cu, (<http://payfo.itahuey.cu/Revista/v24n3/pdf/pyf01301.pdf>, documento, 02 de Nov. 2010).

SANTIESTEBAN, P. 2009. Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. *Temas de ciencia y tecnología* Vol. 13 N° 38 p 7. Universidad de la Habana. La Habana Cuba. En línea]: Utm, (<http://www.utm.mx/edicionanteriores/Temas38/1ENSAYO%2038-2.pdf>, documento, 02 de Nov. 2010).

SEFO. 2007. *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Empresa de semillas forrajeras. [En línea]: supernet (<http://web.supernet.com.bo/sefo/Herbaceas/Guandul.htm>, documento, 25 de oct. 2010).

- SILVER, R. 2008. Producción de sacha inchi (*Plukenetia volúbilis* L.) con la aplicación del abono orgánico (chablor) en el fundo Victoria de la empresa Agroindustrias Amazónicas - La Banda De Shilcayo [En línea]: Agrochablor, (<http://www.agrochablor.com/Aplicaciondeabonochablor.pdf>, documento, 20 de Ago. 2010).
- STAVER, C. 1996. *Arachis pintoi* como cobertura en el cultivo de café: resultado de investigación y experiencias con productores en Nicaragua. Documento de trabajo N° 159 Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT) Cali, Colombia. 170 p.
- TAPIA –CORAL, S. C., LUIZÃO, F., BARROS, E. 2002 Macrofauna do solo em sistemas agroforestais na Amazônia Peruana. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroforestales. CD Room.
- TEASDALE, J., MOHLER, Y. 2000. La relación cuantitativa entre la emergencia de las malezas y las propiedades físicas de coberturas. Ciencia de Malezas. 48: 385-392. FAO. USA [En línea]: Fao (<http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm>, documento, 15 de set. 2010).
- VALLES, C. 1995. El Sacha Inchi, Importante oleaginosa selvática. Revista Pura Selva. p 40-41.
- VARGAS, C. VALDIVIA, E. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. [En línea]: Concytec, (<http://revistas.concytec.gob.pe/>

[scielo.php?script=sci_arttext&pid= S1817-83912005000200007&lng=es&nrm=iso](http://scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-83912005000200007&lng=es&nrm=iso), documento, 2 de Nov. 2010).

ZALDÍVAR, N., D. BENÍTEZ; B., JIMÉNEZ; P., MACHADO, Y., FERNÁNDEZ; Y., VERDECIA; M., ZAMORA, L. 2009. Efecto de la vegetación sobre la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo en ecosistemas ganaderos Revista Electrónica Granma Ciencia. Vol.13, No.1, Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov" Bayamo Cuba. [En línea]: Grciencia, (<http://grciencia.idict.c/index.php/granmacien/article/view/225/664> documento, 15 de Nov. 2010).

ZERBINO, M. 1997. Relevamiento de insectos en siembra directa. Jornada Nacional de Siembra Directa. AUSID. Mercedes, Uruguay. 56 p.

ZWART, M., ROJO, J., DE LA CRUZ, R., YEOMANS, J. 2005. Coberturas y la salud del suelo. Universidad EARTH, Limón, Costa Rica. [En línea]: Usi (http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos-de-usuario/Edicion/3_v1-02_ZwartRojo.pdf, documento, 02 de Ago. 2010).

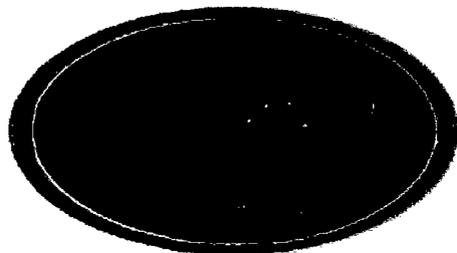
ANEXOS

Anexo A. Imágenes de los sistemas agroforestales y unidades taxonómicas.

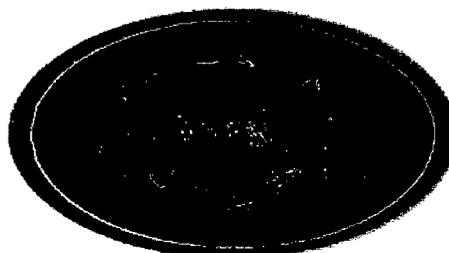


Figura 15. Sistemas agroforestales y parcelas testigo instalados. a) Sistema maní forrajero guaba sachá inchi b) sistema maní forrajero Frejol palo sachá inchi c) sistema kudzu Frejol palo sachá inchi d) sistema maní forrajero guaba sachá inchi e) sachá inchi f) macorrilla y rabo de zorro.

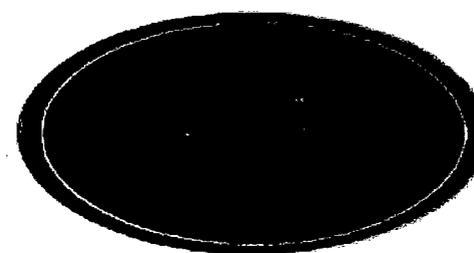
ORDEN HEMIPTERA



Pentatomidae

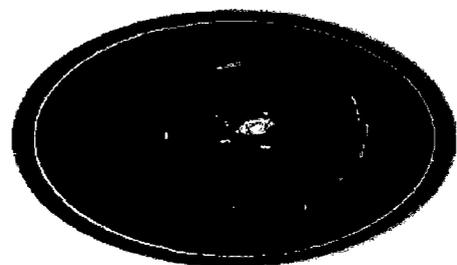


Gelastocoridae

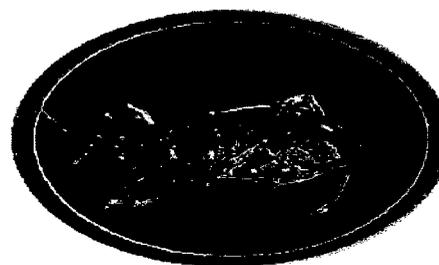


Reduviidae

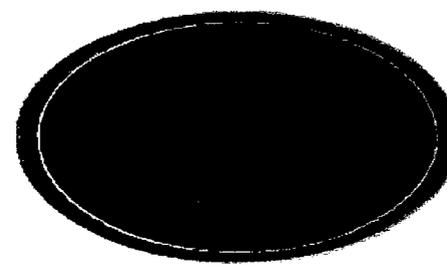
ORDEN COLEOPTERA



Coccinellidae



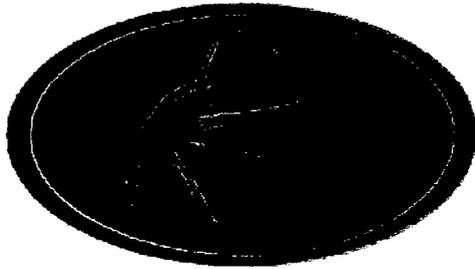
Erotylidae



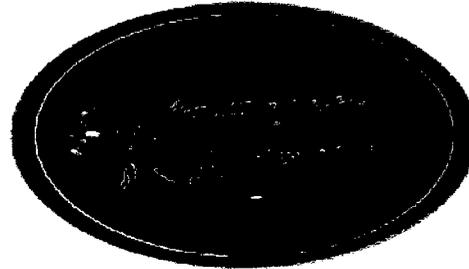
Curculionidae

Figura 16. Especies representantes de los diferentes grupos taxonómicos.

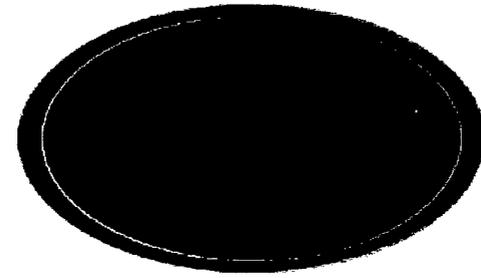
ORDEN ORTHOPTERA



Tettigonidae

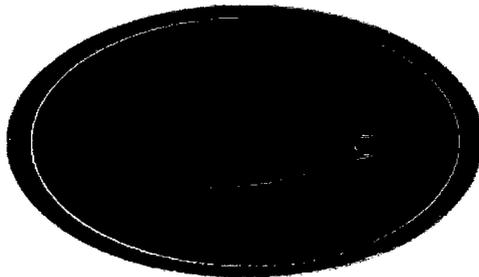


Gryllidae



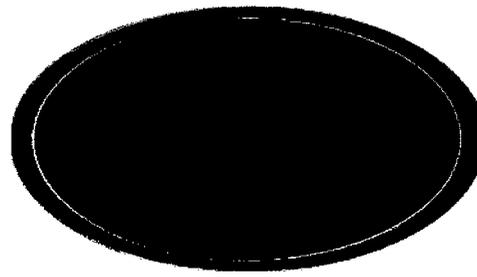
Phasmidae

ORDEN BLATODEA



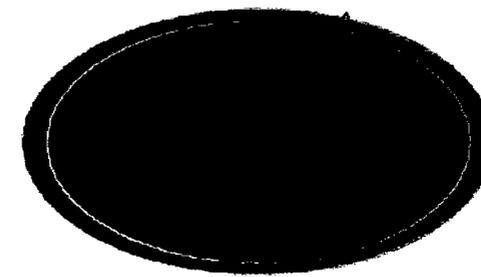
Blattidae

ORDEN ARANEAE



Aranea

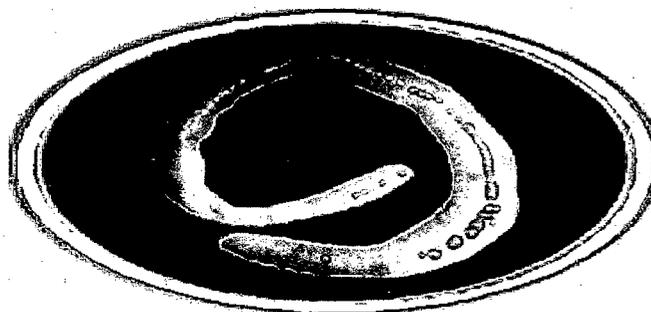
ORDEN HYMENOPTERA



Formicidae

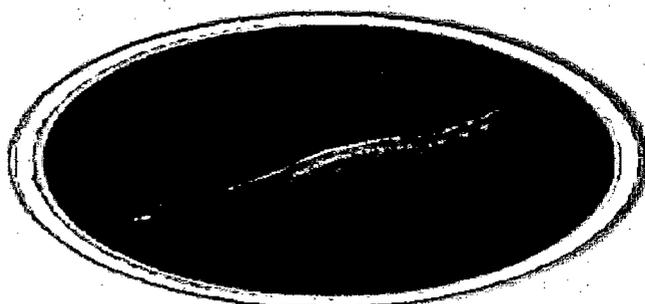
Figura 17. Especies representantes de los diferentes grupos taxonómicos.

ORDEN OLIGOCHAETA

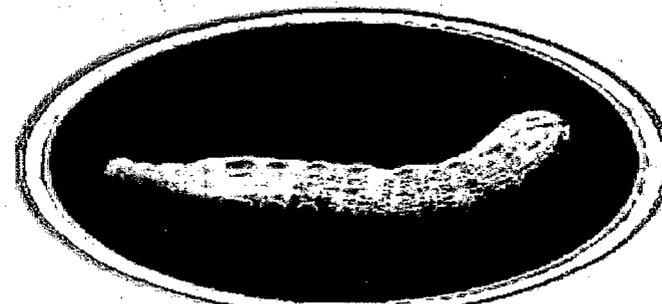


Lumbricidae

LARVAS



Larvas de Coleóptero



Larvas de Lepidóptera

Figura 18: Especies representantes de los diferentes grupos taxonómicos.



Figura 19. Separando manualmente los macroinvertebrados de la muestra de suelo.

Anexo B. Análisis de caracterización de suelos

Cuadro 23. Análisis de suelos inicial del área experimental.

Muestra	PH	M.O	N	P	K2O	Ca	Mg	Al	H	CICe	% Bases cambiables	% Acidez cambiables
1	4.5	1.9	0.09	5.4	146	1.20	0.40	3.10	1.40	6.10	26.23	73.77
2	4.6	2	0.09	5.2	155	1.10	0.20	3.00	1.50	5.80	22.41	77.59

Cuadro 24. Análisis de suelos final del área experimental.

Muestra	PH	M.O	N	P	K2O	Ca	Mg	Al	H	CICe	% Bases cambiables	% Acidez cambiables
1	4.6	1.7	0.08	15.1	372	1.68	0.95	4.95	0.55	8.13	31.90	68.10
2	4.5	1.8	0.08	13.6	367	1.38	0.35	4.50	0.21	6.44	31.00	69.00
3	4.5	2.2	0.10	11.8	308	1.33	0.80	3.28	0.42	5.83	37.90	62.10