

EVALUACION DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PAPA CON SISTEMAS DE LABRANZA TRADICIONAL Y MINIMA.*

EVALUATION OF THE SOIL MACROFAUNA IN THE CULTIVATION OF POTATO WITH SYSTEMS OF TRADITIONAL AND MINIMUM TILLAGE *

Biviana Botina Garzón.¹
Ángel Velásquez Inca¹
Tito Bacca Ibarra²
Álvaro Castillo Marin³

RESUMEN

Se cuantificó la diversidad, abundancia, biomasa y distribución vertical de la macrofauna en cuatro usos de suelo: cultivo de papa *Solanum tuberosum L.* con labranza mínima y labranza tradicional, suelo desnudo y pradera de kikuyo *Penisetum clandestinum*, en el Corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto (77°16' W, 1°13'N), utilizando la metodología propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (T.S.B.F). Se tomaron monolitos de 0.25 m. * 0.25 m. y 0.30 m. de profundidad, divididos en tres estratos, la fauna se recolectó manualmente y posteriormente se hizo el conteo y la valoración de la biomasa; los organismos se identificaron hasta nivel de familia y en algunos casos sólo hasta orden. La mayor abundancia, biomasa y biodiversidad se presentaron en pasto con 10720 individuos/m², 488.128 g.p.f. (gramos en peso fresco)/m² y un índice de Shannon de H' = 2. 61. Se identificaron 42 unidades taxonómicas correspondientes a 19 órdenes, en donde la predominancia en labranza mínima y tradicional fue de individuos de la familia *Scarabaeidae* (208 y 176 individuos/m² respectivamente), en pastos individuos de las familias *Isotomidae* y pos. *Ocnerodrilidae* (1088 y 1744 individuos/m² respectivamente) y en suelo desnudo prevalece pos. *Glossoscolecidae* y *Scarabaeidae* (592 y 512 individuos/m² respectivamente). En el Análisis de Componentes Principales (ACP), se estableció 5 factores que expresan el 75.08 % de la variabilidad, además, dentro del análisis de clasificación para variables cuantitativas, se formó cuatro clases, las cuales están determinadas por los promedios generales de abundancia y biomasa en todo el muestreo. La labranza es un factor determinante en la macrofauna del suelo, ya que puede favorecer o afectar su establecimiento en términos de diversidad y abundancia.

Palabras claves: Cultivo de papa, macrofauna de suelo, abundancia, diversidad, biomasa.

ABSTRACT

The amounts of the diversity, abundance, biomass and vertical distribution of the macrofauna was quantified in four soil use: I grow of potato *Solanum tuberosum L.* with minimal tillage and traditional tillage, naked ground and prairie of kikuyo *Penisetum clandestinum*, in Obonuco's Corregimiento, municipality of Pasto (77°16' W, 1°13'N), utilizing the methodology proposed by the Tropical program Soil Biology and Fertility (T.S.B.F). 0,25 m. monoliths took * 0,25 m. and 0.30 m., once strata were divided into three, the fauna was recollected manually and at a later time the count and the evaluation of the biomass were done; The organisms identified even family's level and in some cases themselves only

* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

¹ Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail: elizabethbibiana@gmail.com; v.carlosangel@yahoo.com

² Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño San Juan de Pasto. Colombia. E-mail: titobacca@gmail.com

³ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Colombia. E-mail: jacastillomarin@yahoo.com

even order. The bigger abundance, biomass and biodiversity showed at pasture with 10720 individual/m², 488,128 g.p.f. (grams in fresh weight)/m² and Shannon's index of H' 2. 61. Was identified 42 families correspondent to 19 orders provided evidence of identity, where predominance in minimal and traditional tillage belonged to the family's individuals *Scarabaeidae* (208 and 176 individual/m² respectively), at individual pasture land of families *Isotomidae* and *pos. Ocnerodrilidae* (1088 and 1744 individuos/m² respectively) and in naked ground he prevails behind. *Glossoscolecidae* and *Scarabaeidae* (592 and 512 individual/m² respectively). In the Principal Component Analysis (ACP), he established 5 factors that express the 75,08 % of the variability, besides, within the analysis of classification for quantitative variables, himself I form four classrooms, which are determined for the general averages of abundance and biomass in all the sampling. Tillage is a determining factor in the soil macrofauna, since he can favor or Affecting his establishment in terms of diversity and abundance.

Key words: Cultivation of potato, abundance, diversity, biomass.

INTRODUCCION

Los organismos del suelo están compuestos por numerosas especies e individuos que ocupan un amplio rango de nichos ecológicos y son buenos representantes de cada sistema edáfico (Remy y Dainar, 1982). La labranza es uno de los factores perturbadores de la vida del suelo, en este sentido persisten interrogantes acerca de la respuesta de los organismos del suelo a la forma de ocurrencia de la recuperación al estrés, causado por la disturbación del suelo.

La biota del suelo interactúa significativamente con prácticas agronómicas, en la forma en que afecta a las comunidades de invertebrados y el rol desempeñado por la fauna en los ecosistemas agrícolas. (Castiglioni, 1997). Linden et al. (1994) consideran que la diversidad, abundancia y biomasa son valiosos indicadores de los procesos de degradación que tienen lugar en los suelos agrícolas, debido a que las prácticas de manejo, son la principal fuente de estrés y perturbación que provoca cambios en la estructura y función de las comunidades.

La disminución de la diversidad y abundancia de la macrofauna edáfica por cuenta de la labranza es la problemática sobre el manejo actual de los suelos, esto ha generado inquietudes que promueven el desarrollo de más investigaciones que permitan entender esta interacción.

La agricultura intensiva claramente muestra una reducción en la macrofauna del suelo, de la misma manera los monocultivos y aplicación de químicos rápidamente eliminan especies susceptibles. Un claro ejemplo es representado por Arroyo y Iturrondobetitia (2006), quienes evaluaron la abundancia de insectos en bosques y agroecosistemas, hallando valores altos de riqueza y diversidad de especies en zonas de bosque, en contraste, con los agroecosistemas que estaban recibiendo fertilización, y manejo general del cultivo, presentaron gradientes opuestos.

De la misma manera Bre´vault et. al. (2007) determinaron que la abundancia y biodiversidad de la macrofauna del suelo fueron significativamente altas en el sistema de labranza cero con cobertura en comparación a la labranza convencional, estos resultados prueban una evidencia de la contribución positiva de la labranza cero a la diversidad y abundancia de la macrofauna del suelo.

El efecto de la labranza sobre la macrofauna del suelo en cultivos de papa es poco estudiada, ya que los microorganismos y la macrofauna juegan un papel fundamental en la ecología, que establece el uso de suelo en forma sostenible. Por esta razón el objetivo de esta investigación es determinar la diversidad, abundancia y biomasa de la macrofauna presente en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* con sistemas de labranza tradicional y mínima, en el Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN. El estudio se realizó en el Centro Experimental Obonuco FEDEPAPA, ubicado en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia, localizado a 77°16´ W, 1°13´N) a una altitud 2993 m.s.n.m y a una temperatura promedio de 12 °C. El experimento se realizó en parcelas de 22 m de largo por 6 m de ancho y distancia entre parcelas de 1,2 m.

SISTEMA DE MANEJO	Área	Especificaciones	Insecticidas generales	Época del cultivo
Labranza tradicional en papa <i>Solanum tuberosum</i>	2500 m ²	Pase de arado + un pase de rastrillos DAP + KCL + UREA A los 25 y 45 días (Dos aplicaciones)	Clorpirifos	Siembra
			Metamidofos	25 días después de la germinación
			Cipermetrina	45 y 60 días
Labranza mínima en papa <i>Solanum tuberosum</i>	2500 m ²	Un pase de yunta DAP + KCL + UREA A los 25 y 45 días (Dos aplicaciones)	Dimetoato	45 y 60 días
			Profenofox	Prefloración
			Carbofuran	Germinación y aporque
Suelo desnudo	400 m ²	Control manual de malezas	Sin manejo	Sin manejo
Pradera de kikuyo <i>Penisetum clandestinum</i>	5000 m ²	Sin manejo	Sin manejo	Sin manejo

El método que se empleó para la extracción de los macroinvertebrados fue el recomendado por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical, BFST (TSBF) (Anderson e Ingram, 1993). Durante los meses de septiembre de 2009 a enero de 2010 se realizaron diez muestreos (monolitos) teniendo en cuenta rangos de diez días entre cada muestreo, abarcando el ciclo

completo del cultivo de papa. Cada monolito de 0.25 x 0.25 m de área x 0.30 m de profundidad, a tres profundidades 0 – 10 cm., 10 – 20 cm. y 20 – 30 cm. cada estrato fue colocado de manera independiente en bolsas de plástico con su respectiva rotulación (fecha, estrato y tratamiento). La extracción de los organismos del suelo fue manual y a simple vista. Para la conservación de los individuos colectados, se utilizó formol al 5% para el caso de las lombrices, y alcohol de 70° para el resto de los invertebrados. Utilizando un microscopio estereoscópico, los especímenes colectados fueron comparados y separados en morfoespecies, posteriormente, con el uso de claves taxonómicas de Borror et al, (1992), se procedió su clasificación hasta familia en los casos en los que fue posible. A partir de estos datos, se realizó un conteo y pesaje de los individuos.

VARIABLES EVALUADAS. En cada muestreo realizado, se estableció la abundancia, calculando el número de individuos por m² y biomasa, calculando gramos de peso por m² de los individuos colectados. De la misma manera, se obtuvo la distribución vertical, a partir de cada uno de los estratos.

Índices de diversidad

Índice de Shannon- Wiener. Para determinar la diversidad (riqueza) en cada uno de los tratamientos evaluados, se empleó el programa Past 1.38, para calcular el índice de diversidad de Shannon- Wiener (H'), asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. (Magurran, 1988). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Donde

P_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la p_i especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Morisita Horn – Similitud. Este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, y tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante (Magurran, 1988). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_n \times b_n)}{(da + db) aN \times bN}$$

Donde:

a_n = número de individuos de la i -ésima especie en el sitio A

b_n = número de individuos de la j -ésima especie en el sitio B

a_N = número de especies totales en A

b_N = número de especies totales en B

$d_a = a_n^2 / a_N^2$

$d_b = b_n^2 / b_N^2$

Escala aplicada para la valoración de los índices de diversidad para la evaluación de especies en cuatro usos de suelo – Corregimiento de Obonuco – Pasto		
INDICE	ESCALA	INTERPRETACION
Índice de Shannon-Wiener (H')	1 - LnS	0: existe una sola especie; LnS: todas las especies representadas por el mismo número de individuos, donde S = número de especies
Índice de similitud de morisita horn	0 - 1	0: no hay similitud entre comunidades; 1: completa similitud entre Comunidades

MÉTODOS ESTADÍSTICOS. Para determinar la correlación entre de la edafofauna del suelo y el tipo de labranza, se tuvieron en cuenta datos de abundancia (individuos m^2) y biomasa g.p.f. (gramos de peso en fresco) de cada una de las familias de individuos identificadas en los muestreos (42 grupos en total).

El procedimiento de organización de los datos fue un Analysis de Componentes Principales (ACP), este permitió agrupar las familias formando grupos en un dendograma y así observar el grado de similitud entre las variables evaluadas (abundancia y biomasa) en la macrofauna colectada. Para los cálculos se utilizó el programa estadístico Spad 3.5

Para determinar la distribución vertical, los datos se analizaron de acuerdo con un diseño de bloques al azar, teniendo en cuenta: tipo de uso del suelo y profundidad de muestreo. Para las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas se utilizó la prueba de Tukey al 95% de significancia. mediante el uso del programa estadístico SAS 9.1 (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ABUNDANCIA. Se colectaron en total 15424 individuos de los cuales el 65% fueron encontrados en pradera de kikuyo, el 15 % en suelo desnudo, el 10% en labranza tradicional y 10% en labranza mínima.

Tabla 1. Porcentaje de la abundancia de la macrofauna del suelo en un cultivo de papa con sistema de labranza tradicional, labranza mínima, suelo desnudo y pradera de kikuyo, discriminada por órdenes taxonómicos más representativos, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto. 2010.

ORDEN	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza Tradicional	Labranza mínima	Suelo Desnudo	Pradera de kikuyo
COLEOPTERA	29	59	29	32
ARANAE	9	5	0,6	5
DIPTERA	3	5	3,3	9
POLYDESMIDA	2	25	17	5
COLLEMBOLA	16	2	3	12
LITHOBIOMORPHA	4	2	4	3
HIRUNDINEA	0	2	5	1
DERMAPTERA	1	0	0,5	1
ACARINA	33	0	0,6	5
HAPLOTAXIDA	3	2	37	27
Total (%)	100	100	100	100

La abundancia de los cuatro usos de suelo es relativa, pues los individuos colectados son característicos de cada sistema. En los sistemas de labranza tradicional y mínima en el cultivo de papa, se determinó la presencia de individuos de las familias *Staphylinidae* (Coleoptera) con 160 individuos/m² que estaría ejerciendo un papel importante en el control de insectos fitófagos y *Scarabaeidae* (Coleoptera) con 208 individuos/m², esta última, es uno de los insectos plaga de mayor importancia económica en los sistemas de producción de papa del departamento de Nariño, especialmente en los suelos que han sufrido un proceso de degradación por la pérdida de la materia orgánica (Peña et al., 2003). Para su control los agricultores utilizan productos químicos como la mejor alternativa, lo que ha generado impactos negativos como incremento de los costos de producción, reducción de los rendimientos agrícolas, necesidad de mayor cantidad de semilla y fertilizante, y reducción de la fauna benéfica que mantuvo por mucho tiempo a las chisas en niveles que no causaban daño a los cultivos (Peña y Lucero, 2003).

Lietti et. al., 2008, avaluó el efecto de la labranza convencional y la labranza cero en soya y maíz, sobre la abundancia de artropodos que habitan el suelo, y determinó que el desarrollo de larvas de *Scarabaeidae*, se debe a sus características de larvas rizófagas, que encuentran el medio adecuado para su extraordinario desarrollo. Las interacciones de la red trófica entre los organismos del suelo tienen efectos sobre la incidencia de plagas animales residentes en el suelo, los organismos

benéficos que intervienen en el reciclado de nutrientes o son predadores de plagas y en definitiva en la calidad y el rendimiento de los cultivos.

En el caso de pradera de kikuyo, sobresalen las familias pos. *Ocnerodrilidae* (Haplotaxida) con 1744 individuos/m², *Isotomidae* (Collembola) con 1088 individuos/m², *Scarabaeidae* (Coleoptera) con 912 individuos/m², *Ptylodactylidae* (Coleoptera) con 608 individuos/m², y *Mesostigmata* sp.1 (Acarina) con 496 individuos/m².

La abundancia en Suelo desnudo, estuvo dominada por individuos de las familias pos. *Glossoscolecidae* (Haplotaxida) con 592 individuos/m² y pos. *Ocnerodrilidae* (Haplotaxida) con 304 individuos/m², (Tabla 1) estos invertebrados son llamados ingenieros del ecosistema, debido a su capacidad para producir estructuras biogénicas como deyecciones, nidos, montículos, macroporos y galerías, sitios donde ocurren procesos pedológicos como la estimulación de la actividad microbiana, la formación de la estructura del suelo, la dinámica de la materia orgánica y el intercambio de agua y gas (Coleman et al, 2004). Las lombrices influyen en el suministro de nutrientes al regular la descomposición de la materia orgánica del suelo y en la estructura física del suelo al afectar la porosidad y la agregación. (Lavelle y Kohlman, 1984).

Se puede enfatizar en los órdenes más representativos en cada uno de los cuatro usos de suelo, destacándose en el cultivo de papa, el Orden Coleoptera, con 29% y 59% del total de la macrofauna en sistemas de labranza tradicional y mínima (Tabla 1) respectivamente. Igualmente presenta gran importancia en el suelo desnudo, que abarcó un 29% del total de macrofauna encontrada, y en pradera de kikuyo alcanza un 32 % del número total de individuos para esta zona.

Lo anterior se ve reflejado, en la gran capacidad de adaptación que presenta este tipo de organismos en diversos ambientes y a su ciclo de vida, que en muchos casos posibilita su presencia durante todo el año (Navarrete y Newton, 1996). Algunas especies influyen en la transformación de residuos biodegradables, especialmente estiércol depositado sobre la superficie del suelo, el cual es incorporado al sistema edáfico, a través de los túneles y canales que los coleópteros excavan, lo que facilita la infiltración y aireación del suelo (Chamorro, 2001).

Por otra parte, en el sistema de labranza tradicional, se estableció la presencia de individuos del orden Acarina 512 individuos/m² (33%) y Aranae con 144 individuos/m² (9%), debido probablemente a que la labranza ejerció un efecto negativo sobre la macrofauna del suelo al disminuir la riqueza de especies y aumentar la abundancia de algunos grupos tales como acarina, capaces de adaptarse a las nuevas condiciones. (Castro et. al 2007). En labranza mínima, también hay un alto porcentaje de individuos del orden Polydesmida, que abarco un 25% de la población total para este uso de suelo, estos organismos se desarrollan en gran parte de los ecosistemas, son importantes a nivel edáfico, por su función de descomposición de la materia orgánica.

Mientras que en los otros sistemas de Suelo desnudo y pradera de kikuyo (Tabla 1) hay composición de organismos del orden Haplotaxida con 37% y 27% respectivamente del total de individuos colectados, Polydesmida con 17% y 5% de individuos para cada zona, estos organismos se caracterizan por su alto volumen corporal, aquí es importante resaltar que el cambio en el uso del suelo puede generar variación en las poblaciones edáficas como respuesta a modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia y propiedades físicas del suelo (Peñaranda y Naranjo, 1988).

Otro orden característico en pradera de kikuyo (Tabla 1), es Aranae con 5% de la población total para esta zona. Las arañas comprenden un grupo faunístico diverso y ampliamente distribuido en todos los ecosistemas terrestres, su diversidad es particularmente elevada en los bosques, donde se puede encontrar casi el 80 % de las especies conocidas (Coddington y Levi, 1991). Son depredadores generalistas importantes en las redes tróficas por su abundancia y diversidad de especies. Por sus hábitos depredadores, influyen en la densidad y actividad de la fauna de detritívoros y fungívoros, afectando los procesos de descomposición (Wise, 2002).

Estos resultados coinciden con los encontrados por Bre´vault et. al. (2007) Quienes evaluaron impacto de la labranza convencional y labranza cero con cobertura y mantillo, en un cultivo de algodón; y determinaron que la mayor abundancia y diversidad de organismos se presentó en sistemas sin labranza con cobertura y mantillo, esto favoreció el establecimiento de diversas comunidades de macrofauna en comparación con el sistema de labranza convencional, en donde la organismos estaban en menores proporciones.

La cobertura del suelo mejora condiciones edáficas para organismos del suelo, protegiendo el hábitat en contra de agua y la erosión del viento, las variaciones drásticas en humedad y la temperatura, y por la materia orgánica creciente como una fuente de alimento, inversamente, los impactos de la labranza convencional reducen a la población de artrópodos beneficiosos. Los sistemas de manejo de suelo desnudo y pradera de kikuyo, promueven una comunidad de artrópodos residentes y proveen un ambiente más estable y favorable para la fauna edáfica con respecto a los sistemas con labranza tradicional y mínima, porque se disminuye la pérdida de humedad, aminoran las fluctuaciones y los extremos de temperatura y suministra sustrato para los detritívoros.

BIOMASA. Existen particularidades entre los grupos que hacen los aportes de biomasa dentro de cada uso de suelo, Castillo y Amat (1986), afirman que la función de los organismos que habitan en el suelo, se determina conociendo su clasificación taxonómica y sus requerimientos alimenticios, por lo cual podemos decir que estos altos porcentajes de organismos de la familia *Scarabaeidae* coinciden con la su abundancia en labranza tradicional que abarcó el 69% (59,216 g.p.f. /m²) y en labranza mínima (Tabla 2), el 85% (108,416 g.p.f. /m²) de la biomasa para estas dos zonas, debido a que en el estado de larva, *Scarabaeidae* (*Ancognatha scarabaeoides*, *Astaena spp.* *Premnotrypes bórax*) se desarrolla en diversos agroecosistemas y se alimenta de un amplio rango de cultivos siendo papa uno de los principales. La simplificación de los sistemas agrícolas actuales y los sistemas de labranza excesiva trae consigo una serie de problemas ecológicos y productivos, entre los cuales se destaca un aumento de las poblaciones de organismos considerados plagas, llevando a una alta utilización de químicos para su control. (Baloriani y Sarandon, 2008)

En suelo desnudo, los aportes de biomasa los hacen básicamente tres familias (Tabla 2), *Scarabaeidae*, que abarca el 20% (28,912 g.p.f. /m²) de la biomasa total, *pos. Glossoscolecidae* que corresponde al 43% de peso total para esta zona, e *Hirundinea sp. 1*, con 36% de la biomasa total en este uso de suelo, las lombrices, son indicadoras de fertilidad y perturbación de los suelos, además juegan un papel importante en el aumento de los contenidos de materia orgánica y su número difiere con las condiciones climáticas y el manejo de los cultivos. Vikram et al. (1994) y Hendrix et al. (1994) afirman que cuando la labranza no se realiza o es menos intensa, la biomasa de artrópodos se favorece y es mayor.

Para el caso de pradera de kikuyo, existen varios grupos de organismos que hacen aportes importantes de biomasa (Tabla 2), entre ellos están, Scarabaeidae con 16% (76,912 g.p.f./m²), de la biomasa total, *Ptylodanctilidae* con 28% (137,616 g.p.f./m²), *Hirudinea* sp.1 con 21% (104,048 g.p.f./m²), *pos. Glossoscolecidae* con 17% (81,056 g.p.f./m²). Estudios realizados por Coral (1998), al evaluar el impacto de las prácticas agrícolas en la cuenca alta del Lago Guamués, registran que el mayor aporte a la biomasa lo hacen las lombrices en la pradera de kikuyo, hecho que puede atribuirse posiblemente a la profusión de las raíces de estos cultivos, mecanismo de estimulación de estos organismos (Henrot y Brussard, 1997).

Con los resultados anteriores se manifiesta que la cobertura ofrece a los organismos del suelo protección contra condiciones climáticas adversas, además la no manipulación del sistema edáfico garantiza su ciclo biológico propio. Las diferencias de especies entre los cuatro usos de suelo se reflejan en que cada uno es particular en cuanto a su labranza.

Existen varios factores que pueden ser los causantes de la baja diversidad y abundancia de la biota edáfica, el más determinante de da por efecto de la labranza, otro factor es posiblemente la pérdida de materia orgánica del suelo por la pérdida de la cobertura vegetal. Además, es posible que las condiciones extremas imperantes en el cultivo, dadas por el clima y la aplicaron de agroquímicos, hayan tenido un efecto drástico sobre la abundancia. En general, la abundancia de la macrofauna es mayor en ecosistemas naturales que en agroecosistemas.

La disminución en el disturbio del suelo y el aumento de la agrobiodiversidad son aspectos fundamentales a tener en cuenta si se pretende incrementar las funciones ecológicas benéficas que a pesar del manejo persisten en los sistemas convencionales, con el fin de alcanzar la autorregulación biótica de estos agroecosistemas.

Tabla 2. Porcentaje de biomasa de la macrofauna del suelo en un cultivo de papa con sistema de labranza tradicional, labranza mínima, suelo desnudo y pradera de kikuyo. Discriminada por familias más representativas, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto. 2010.

FAMILIA	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza Tradicional	Labranza mínima	Suelo Desnudo	Pradera de kikuyo
Aphidae	0	0	0	0
Aranae	0,01	0,12	0	0,68
Bibionidae	1	0,6	0	2
Blattidae	0	0	0	0,01
Cantharidae	0	0,16	0	0,03
Carabidae	1,11	0,4	0,02	0,65
Chelodesmidae	0,03	0,32	0,3	0,05
Chrysomelidae	0	0	0	0,06
Coleoptera sp.1	0,1	0,1	0	0
Curculionidae	0	0	0	0,67
Elateridae	0	2	0,4	0,12
Formicidae	0	0	0	0,02
Henricopidae	0,01	0	0,01	2,3
Hirudinea sp.1	0	9	36	21,5
Japygidae	0	0	0	0,004
Labiidae	0,03	0	0,03	0,4
Lepidoptera sp.1	0	0,1	0	0,02
Lepidoptera sp.2	0	0	0	0,06
Lycosidae	0	0	0,02	4
Melolonthidae	22	0	0	0
Mesostigmata sp.1	0	0	0	0,001
Oribatida sp1	0,01	0	0	0
Paradoxomatidae	0	0,1	0	0,01
Pentatomidae	0	0	0	0,1
pos. Anthribidae	0	0,23	0	1,04
pos. Dolichopodidae	7	0	0,04	0,014
pos. Glossoscolecidae	0	0	43	17
pos. Neogeophilidae	0	0,1	0	0
pos. Ocnoderilidae	0	0	0,03	0,11
Ptylodactylidae	0	0,21	0	28
Scarabaeidae	69	85	20	16
Staphylinidae	0,26	0,14	0,05	0,1
Symphyla sp.1	0	0	0	0,02
Tipulidae	0	1,4	0	5
Total (%)	100	100	100	100

DIVERSIDAD Y RIQUEZA. En la tabla 3 se observa que la mayor semejanza entre los cuatro usos de suelo, se presenta entre Pradera de kikuyo y suelo desnudo con 67% de similitud, ya que comparten 10 familias aunque el número de organismo es variable. Los valores de similitud entre labranza mínima – pradera de kikuyo (48%) y labranza tradicional - pradera de kikuyo (53%),

son muy cercanos entre si y a la vez son bajos, porque a pesar de compartir en promedio 20 familias, el numero de individuos que componen es distante

Tabla 3. Índices de similitud (Morisita Horn) y diversidad (Shannon-Wiener) de la macrofauna observada en un cultivo de papa con sistema de labranza tradicional y labranza mínima, Suelo desnudo y pradera de kikuyo, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto. 2009 - 2010.

Zonas / Índices de Similitud	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza tradicional	Labranza mínima	Suelo desnudo	Pradera de kikuyo
Labranza mínima	0.44	1	0.63	0.48
Labranza tradicional	1	0.44	0.32	0.53
Pradera de kikuyo	0.53	0.48	0.67	1
Suelo desnudo	0.32	0.63	1	0.67
Shannon - Wiener (H')	2.03	2.04	2.13	2.61
Nº Familias	19	22	15	41
Nº Organismos	99	69	152	646

El valor mas alto de diversidad con un índice de Shannon de $H' = 2.61$ se presento en pasto, debido a que muestra mayor riqueza (No. De familias) al igual que el numero de organismos, seguido de suelo desnudo, $H' = 2.13$, labranza mínima $H' = 2.04$ y labranza tradicional $H' = 2.03$. Aquí es importante resaltar los bajos índices de diversidad en los sistemas de papa con labranza mínima y tradicional, lo cual se traduce en que generalmente los sistemas de monocultivo, al suministrar un único sustrato de alimento, propician el desarrollo de determinados grupos faunísticos en detrimento de otros (Assad, 1997). Patiño (1995), al evaluar diferentes ecosistemas del valle del cauca, encontró que en los agroecosistemas la diversidad disminuyó, pero el porcentaje de algunas familias aumentó, parece ser que las prácticas agrícolas tienen efecto negativo sobre los artrópodos del suelo.

El índice de similitud (Tabla 4) en los primeros estratos (0- 10; 10 - 20) muestra valores altos para labranza mínima (74%), Pasto (72%) y suelo desnudo (78%) igualmente para los estratos mas profundos (10 – 20; 20 – 30)) con valores de 68%, 69% y 75% respectivamente, sin embargo en sistema de labranza tradicional se presento un 21% de similitud para los estratos superficiales (0 – 10; 10 - 20) y 41% de similitud para los estratos mas profundos (10 – 20; 20 - 30) probablemente debido a la inestabilidad generada por el tipo de labranza usado para la implementación del cultivo, a través de los resultados mostrados, se puede observar que el uso de

labranza crea inestabilidades edáficas en cuanto a la composición de individuos y que incrementa las poblaciones de insectos no deseables.

En agroecosistemas, la abundancia y biodiversidad de organismos del suelo están frecuentemente reducidas a través de los disturbios de estructura del hábitat de comunidades del organismo del suelo, debido a la mecanización del suelo, monocultivos y uso indiscriminado de agroquímicos. (Loranger et al., 1999; Dore a et al., 2001). Los suelo que tienen bajas poblaciones de meso y macrofauna son particularmente vulnerables a la trastorno estructural generando erosión y degradación del suelo. (Lal, 1988)

Tabla 4 Índices de similitud (Morisita Horn) y diversidad (Shannon-Wiener) de la macrofauna por estratos, observada en un cultivo de papa con sistema de labranza mínima, labranza tradicional, pasto y suelo desnudo, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto. 2010

ITEM	Labranza mínima			Labranza tradicional			Pasto			Suelo desnudo		
	0-10cm	10-20cm	20-30cm	0-10cm	10-20cm	20-30cm	0-10cm	10-20cm	20-30cm	0-10cm	10-20cm	20-30cm
Zonas/ índices de similitud												
0-10cm	1	0,74	0,51	1	0,21	0,13	1	0,72	0,63	1	0,78	0,65
10-20cm	0,74	1	0,68	0,21	1	0,41	0,72	1	0,69	0,78	1	0,75
20-30cm	0,51	0,68	1	0,13	0,41	1	0,63	0,69	1	0,65	0,75	1
Shannon – Wiener (H')	2,245	2,321	1,831	1,68	2,1298	1,95	2,75	2,87	2,51	2,244	1,789	1,812
Nº Familias	11	14	9	9	12	10	30	29	26	12	11	9
Nº Organismos	368	592	592	784	672	256	4784	3232	2704	768	1008	752

DISTRIBUCIÓN VERTICAL. Según el análisis de Variancia (ANDEVA), se presentaron diferencias estadísticas en todas las variables, donde el valor de p fue igual a <0.001 (GL: 2; FC gral abundancia 1.59, probabilidad 0.1917; FC gral. Biomasa 6.75, probabilidad 0.0002) aceptando la hipótesis alternativa y procediendo a realizar la prueba de comparación de medias (Tukey) al 95%. En la Tabla 5 se muestran los resultados de la prueba de Tukey, donde se evidencian diferencias entre los estratos solo para la variable biomasa en pastos. Esto debido a que el estrato de 20 – 30, presento organismos de mayor biomasa con 4,07 g.p.f, como *Ptylodactylidae* e *Hirundinea sp. 1*. El estrato mas superficial presento el menor aporte de biomasa con 1,79 g.p.f., lo anterior indica que la mayor riqueza no siempre se traduce en mayor biomasa, ya que algunos individuos pueden presentarse con menor frecuencia, pero su volumen corporal les permite sobresalir entre poblaciones mas cuantiosos. Por otra parte para la variable

abundancia, no se registraron diferencias, no obstante la mayor abundancia se presentó el estrato de 0 – 10 cm. (60,16 individuos/m²), debido a medida que se profundiza en el perfil del suelo disminuye el contenido de oxígeno y de materia orgánica que proporciona el hábitat y alimento para desarrollarse. (Castro et. al 2007).

Tabla 5. Promedios de la abundancia y biomasa de la distribución vertical en un cultivo de papa con sistema de labranza tradicional, labranza mínima, pasto y suelo desnudo, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto. 2010

Estratos	Abundancia Labranza tradicional	Biomasa Labranza tradicional	Abundancia Labranza mínima	Biomasa Labranza mínima	Abundancia Pradera	Biomasa Pradera	Abundancia Suelo desnudo	Biomasa Suelo desnudo
0 a 10	38,86	0,98	19,37	0,22	60,16	1,79	25,6	0,7
10 a 20	31,33	1,36	19,73	1,83	52,27	2,65	30,55	1,78
20 a 30	25,85	2,76	23,68	3,58	50,11	4,07	35,81	3,18
DMS:	28,3118	2,67985	9,40295	3,9713	38,001	2,03702	14,2693	2,6078

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON. Mediante la matriz de correlación de Pearson, se determinaron asociaciones altas (≥ 0.75) y significativas entre las variables: Abundancia en labranza mínima estrato de 10-20 cm. y Abundancia en labranza mínima; Biomasa labranza mínima, Biomasa labranza tradicional, Biomasa estrato de 10-20 cm. en labranza mínima, Abundancia estrato de 20-30 cm. en labranza mínima, Biomasa estrato de 20-30 en labranza mínima, Biomasa estrato de 10-20 cm. labranza tradicional, Abundancia estrato de 20-30 cm. en labranza tradicional y Biomasa estrato de 20-30 cm. en labranza tradicional; Abundancia en pradera de kikuyo y Abundancia estrato de 0-10 cm. en pradera de kikuyo; Biomasa estrato de 0-10 cm. en pradera de kikuyo y Biomasa en pradera de kikuyo; Abundancia en suelo desnudo, Biomasa estrato de 0-10 cm. en suelo desnudo y Abundancia estrato de 10-20 cm. en suelo desnudo ; Biomasa en suelo desnudo y Biomasa estrato de 0-10 cm. en suelo desnudo.

Todas estas correlaciones están explicadas debido a que la abundancia y Biomasa de los insectos en los estratos, están contenidos dentro de las variables generales para cada tipo de labranza. Por lo que se seleccionaron las variables: Abundancia y biomasa en labranza mínima, Abundancia y biomasa en suelo desnudo, Abundancia y biomasa en pradera de kikuyo, para un total de 19 variables, las cuales se incluyeron en el ACP, con el fin de separar los diferentes tipos de labranza mediante el aporte de la abundancia y biomasa de los insectos encontrados en este estudio.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. Utilizando los datos disponibles de la abundancia y biomasa de 42 grupos taxonómicos identificados en los diferentes sistemas de labranza, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), que permitió establecer 5 factores que expresan el 75.08 % de la variabilidad. En la Tabla 6 se muestran las estimaciones de los valores propios y la proporción de la variación total expresada por cada uno de los componentes principales elaborados con base en 42 grupos taxonómicos seleccionados.

Tabla 6. Valores propios y varianza resultantes del ACP, para las variables cuantitativas de la macrofauna en los diferentes sistemas de labranza, Obonuco, municipio de Pasto.

Numero	Valor propio	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Histograma de índices
1	4.2509	22.37	22.37	*****
2	3.1973	16.83	39.20	*****
3	2.6188	13.78	52.98	*****
4	2.2849	12.03	65.01	*****
5	1.9131	10.07	75.08	*****

Tabla 7. Contribución de 42 variables cuantitativas a la conformación de los primeros cinco factores de la macrofauna en los diferentes sistemas de labranza, Obonuco, municipio de Pasto.

VARIABLES	COMPONENTES				
	1	2	3	4	5
Abundancia labranza minima	-0.36	0.38	0.71	-0.30	-0.06
Biomasa labranza minima	-0.83	0.26	0.24	0.31	0.15
Abundancia labranza tradicional	-0.25	0.02	0.16	0.43	-0.77
Abundancia pradera de kikuyo	0.09	0.40	-0.47	0.21	-0.32
Biomasa en pradera de kikuyo	-0.65	-0.35	-0.04	-0.03	0.12
Abundancia Suelo desnudo	-0.75	0.27	-0.08	-0.52	-0.07
Biomasa Suelo desnudo	-0.72	-0.50	-0.28	-0.22	-0.16
Abundancia estrato de 0-10 cm. en labranza minima	0.21	0.22	0.50	-0.66	-0.22
Biomasa estrato de 0-10 cm. en labranza minima	-0.62	0.10	-0.04	0.43	0.29
Abundancia estrato de 10-20 cm. en pradera de kikuyo	0.07	0.62	-0.67	-0.12	-0.01
Biomasa estrato de 10-20 cm. en pradera de kikuyo	0.22	-0.49	-0.21	-0.45	-0.13
Abundancia estrato de 20-30 cm. en pradera de kikuyo	-0.01	0.66	-0.65	-0.05	0.06
Abundancia estrato de 0-10 cm. en Suelo desnudo	-0.43	0.51	0.26	-0.49	-0.20
Biomasa estrato de 10-20 cm. en Suelo desnudo	-0.58	-0.54	-0.20	-0.22	-0.15
Abundancia estrato de 20-30 cm. en Suelo desnudo	-0.40	0.13	-0.63	-0.39	-0.11
Biomasa estrato de 20-30 cm. en Suelo desnudo	-0.20	-0.80	-0.22	-0.04	-0.09
Abundancia estrato de 0-10 cm. en labranza tradicional	-0.08	0.08	0.01	0.35	-0.80
Biomasa estrato de 0-10 cm. en labranza tradicional	-0.08	0.03	-0.04	-0.10	0.48
Biomasa estrato de 10-20 cm. en labranza tradicional	-0.81	0.21	0.11	0.37	0.20

El primer componente principal expone el 22.37 % de la variabilidad y como se observa en la Tabla 7, está conformado principalmente por las variables referentes a la biomasa, así: Biomasa

en labranza mínima, con -0.83, Biomasa estrato de 10-20 cm. en labranza tradicional con -0.81, abundancia en suelo desnudo con -0.75. Por su parte el factor dos, con una explicación del 16.83 % de la variabilidad observada, consideró las variables relacionadas con la abundancia y biomasa de los estratos de pastos y suelo desnudo, donde se destacan Biomasa estrato de 20-30 en suelo desnudo con -0.80, seguido por Abundancia estrato de 20-30 cm. en pradera de kikuyo con 0.66. La variable que más aportó al tercer factor el cual explicó el 13.78 %, fue la abundancia del estrato de 0 -10 cm. en pradera de kikuyo con -0.67. El cuarto factor mostró 12.03 % de explicación del total de la variabilidad y está conformado principalmente por la variable Abundancia estrato de 0-10 cm. en labranza mínima con -0.66. El quinto componente que explica un 10.07 % de la variación, está compuesto esencialmente por la abundancia del primer estrato de la labranza tradicional con -0.80.

ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN PARA LAS VARIABLES CUANTITATIVAS. Teniendo en cuenta las características cuantitativas encontradas en las poblaciones de organismos de las zonas de estudio, se realizó el análisis de clasificación, a partir del cual se logró la ordenación de cuatro clases en un dendograma, en donde se muestran contrastes entre las especies identificadas, que se hacen irrefutables por la formación de grupos con gran similitud entre la población que lo conforman, y en algunos casos acentuando la importancia de la biomasa en la formación de clases.

Un conocimiento más detallado de los organismos (identificación hasta especie) y la conexión de esta diversidad con la ecología funcional nos permite entender los propósitos benéficos de éstos organismos para la agricultura (Bre´vault et. al. 2007). Además la formación de grupos nos puede conducir a la caracterización de la salud del suelo y su productividad, además nos permite identificar procesos ecológicos particulares para cada suelo.

La **clase uno** esta conformada por 38 familias (Figura 1) que abarcan el 63% (9728 individuos) de la macrofauna total hallada, su característica principal es su poca abundancia en pradera de kikuyo y suelo desnudo además los aportes de biomasa no son demostrativos en los dos sistemas anteriores además de labranza mínima. Lo anterior se traduce que el promedio de abundancia y biomasa en las zonas descritas es menor al promedio general de todo el muestreo. Cabe resaltar que el porcentaje excede más de la mitad de la macrofauna total colectada, debido a la gran

riqueza de especies que conforman esta clase, sin embargo dentro de cada uso de suelo, muestran una reducción en aportes de biomasa y diversidad.

Entre las familias que mas se destacan en ésta clase esta la familia *Chelodesmidae* (Figura 1), abarcan el 7,6% (1184 individuos) del total de macrofauna encontrada. Los individuos de este grupo, se caracterizan por su fácil adaptabilidad a diversos hábitats, desde ambientes áridos, semiáridos y templados hasta ecosistemas tropicales y participan en los procesos de descomposición de materiales vegetales (Coleman *et al*, 2004).

Isotomidae (Collembola) y *Staphylinidae* (Coleoptera) (Figura 1), son individuos muy frecuentes en la fauna del suelo, dado que ocupa casi todos los microhábitats terrestres, habitando desde la altura a nivel del mar hasta de 4000 m; este ultimo tiene gran importancia a nivel ecológico se relaciona con su capacidad predadora que contribuye a reducir las poblaciones de otros insectos en el suelo (Navarrete y Newton, 1996).

Oribatida y *Mesostigmata* (Acarina), comúnmente conocidos como ácaros, estos son un grupo muy amplio de ácaros, presenta gran diversidad ecológica, habiéndose adaptado a múltiples hábitats, tanto en ecosistemas como en agroecosistemas. (Iraola, 1998).

Melolonthidae, esta familia está conformada por complejos regionales integrados por especies rizófagas y saprófagas (Pardo y Locarno, 2000), ello sucede gracias a que las especies presentan diferentes hábitos alimentarios y, por lo tanto, también difieren en el impacto que ocasionan al cultivo, existiendo algunas que por sus hábitos estrictamente saprófagos, se constituyen en organismos de importancia edáfica; esta situación explica la dificultad que presenta el manejo integrado de estos organismos.

Las comunidades del macrofauna del suelo abarcan una gran variedad de organismos que realizan diversas funciones de regulación de las características del suelo. Los invertebrados juegan un papel principal en la conformación de grupos particulares de los suelos, algunos tienen especificidad en sus funciones dentro de un sistema trofico otros son organismos que abarcan amplios rangos de distribución, no obstante, la presencia de éstos, nos permite identificar cual ha sido el manejo edáfico aplicado a esa zona. (Lavelle *et al.*, 1997)

La **clase dos** esta conformada por la familia *pos. Ocnerodrilidae* (Figura 1) que representa el 14% (2112 individuos) de la macrofauna encontrada en los cuatro usos de suelo, su característica principal es que el promedio tanto de abundancia como de biomasa son mayores a los promedios generales para las dos variables en todo el muestreo, debido a la prevalencia de estos individuos en las cuatro zonas, esta última variable, es definitiva para formar este grupo, debido a las características corporales de estos individuos, se conocen comúnmente como lombrices, son de tamaño pequeño y su distribución es cosmopolita. (Jiménez et al, 1998).

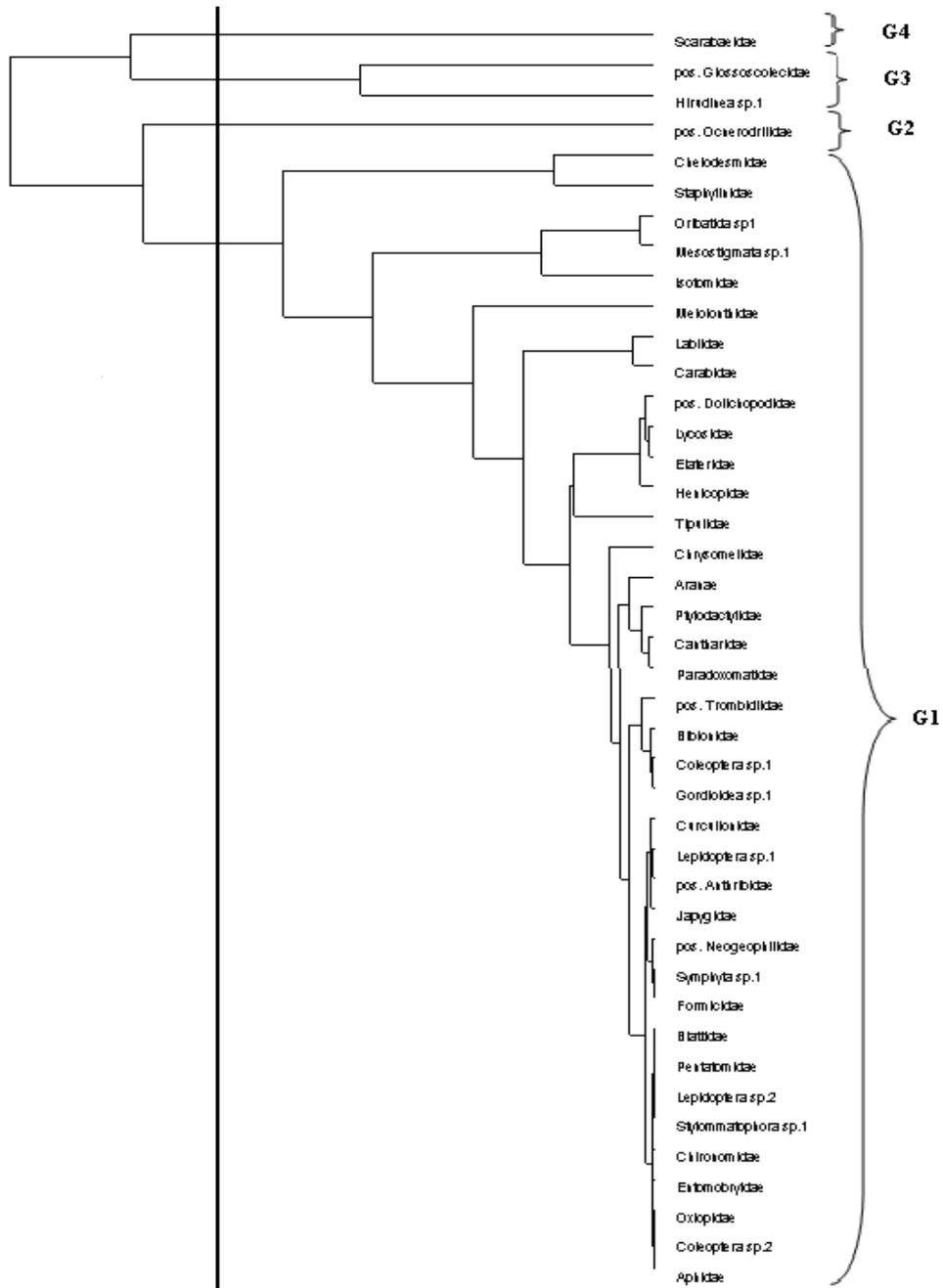
Clase tres esta compuesta por dos familias (Figura 1), que representan el 12% (1776 individuos) de la macrofauna total colectada, muestra promedios distintivamente mayores tanto en pasto como en suelo desnudo para la variable biomasa. Esta variable es determinante para la formación de la clase, debido al volumen corporal de los individuos, más que por su abundancia. *Hirudinea sp.1* es un grupo de individuos que se ha caracterizado en las zonas de estudio donde la labranza no se ha realizado, otro grupo importante en esta clase es *pos. Glososcolecidae*, en estudios realizados se ha registrado que en ecosistemas naturales o con mayor cobertura, la diversidad de lombrices es mayor, en cambio, la diversidad en los ecosistemas manejados, como agroecosistemas de monocultivos, ha sido menor. (Jiménez et al, 1998).

La **clase cuatro**, esta conformada solamente por la familia *Scarabaeidae* (Figura 1), comprende el 12% (1808 individuos) de la macrofauna total encontrada en los cuatro usos de suelo, se destaca porque los promedios de biomasa y abundancia exhiben superioridad con respecto a los promedios generales de las cuatro zonas de estudio.

Las larvas de los escarabajos de la familia *Scarabaeidae* (Coleoptera) son ampliamente conocidas con los nombres vulgares de chisas. Dentro de este grupo podemos encontrar individuos de la especie *Ancognatha scarabaeoides*, *Astaena spp.* *Premnotrypes bórax*. Se encontraron en el suelo asociadas a la rizósfera del cultivo evaluado, esto debido a sus hábitos alimenticios no específicos. Encontrar solución al problema de las chisas rizófagas no ha sido fácil debido a que se trata de un complejo entomológico (larvas de diferentes géneros y especies), asociado de manera no específica a diversas plantas hospederas, de comportamiento estacional, con ciclos semestrales y anuales. (Pardo y Locarno, 2002). La reducción de la labranza en el cultivo de

papa, genera un ambiente propicio para que Scarabaeidae complete su ciclo de vida entre un lote y otro, además por la cercanía de praderas dedicadas netamente a alimentación de ganado.

Figura 1. Clasificación jerárquica de la macrofauna en un cultivo de papa con labranza tradicional, labranza mínima, suelo desnudo y pradera de kikuyo, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto



CONCLUSIONES

La abundancia y biomasa de la macrofauna del suelo es mayor en pradera de kikuyo y en suelo desnudo en contraste con la encontrada en labranza tradicional y mínima. Siendo los más abundantes en pradera de kikuyo los colembolos, lombrices, y coleópteros, seguido del sistema de suelo desnudo, donde la abundancia y biomasa estuvo representada por lombrices. En los sistemas de labranza tradicional y mínima, sobresalieron los organismos de la familia Scarabaeidae tanto en abundancia como en biomasa. La mayor diversidad se presentó en la pradera de kikuyo, seguido de suelo desnudo.

En el análisis de componentes principales (ACP) se formaron grupos que presentan características propias, el grupo uno, se formó debido a su baja abundancia y biomasa en los cuatro usos de suelo, por su parte los grupos dos, tres y cuatro, se formaron básicamente por sus altos aportes de biomasa dentro de cada uso de suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que colaboraron con la realización de esta investigación. A la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, por la colaboración y apoyo a la investigación.

Este trabajo se realizó dentro del marco del proyecto "Evaluación de prácticas de fertilización en unidades de producción integral sostenibles con papa en la zona andina del departamento de Nariño" adscrito al ministerio de agricultura y desarrollo rural.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, J; INGRAM, J. 1993. Tropical soil biology and fertility programme. A handbook of methods. Wallingford: second edition. CAB International, TSBF. p 44-46.

ARROYO J., Y ITURRONDOBEITIA, J. 2006. Differences in the diversity of oribatid mite communities in forests and agrosystems lands. *European Journal of Soil Biology*. p. 259–269

ASSAD, M. 1997. Fauna do solo. *Biología dos solos dos cerrados*. Planaltina. p 363 - 443.

BALORIANI, G., SARANDON, S. 2008. Abundancia y Riqueza de la Macrofauna Edáfica (Coleoptera y Araneae), en Invernáculos Convencionales y en Transición Agroecológica. Arana, Argentina. Buenos Aires, p 5.

- BENGTSSON, J. 2002. Disturbance and resilience in soil animal communities. *Eur. J. Soil Biol.* 38: 221-227.
- BORROR, D., TRIPLEHORN, C., JOHNSON, N. 1992. *An Introduction to the Study of Insects*. Sixth Edition. United States of America. 875 p.
- BREVAULT, T. BIKAY S., MALDE NAUDIN., 2007. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. *Soil & Tillage* 140-149
- CASTIGLIONI, E. Manejo de la fauna del suelo e insectos plaga. En: <http://www.sofoval.com/biblioteca/insectos/insectos-del-suelo.pdf>. 18p- Consulta: Septiembre de 2009
- CASTRO, J., BURBANO, H., BONILLA C. 2007. Abundancia y biomasa de organismos edáficos en tres usos del terreno en el altiplano de Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto. 8 p.
- CHAMORRO, C. 2001. El suelo: maravilloso teatro de la vida. *Revista académica colombiana de las ciencias*. Universidad Nacional de Colombia. p 483 – 494.
- COLEMAN, D., CROSSLEY, D; HENDRIX, P. 2004. *Fundamentals of soil ecology*. Second Edition. Institute of Ecology. University of Georgia. Athens, Georgia. 386 p.
- CORAL, D. 1998. Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la cuenca alta del Lago Guamuéz, Pasto, Colombia. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia. 101 p.
- EDWARDS, CA. 1975. Effects of direct drilling on the soil fauna. *Outlook Agric.* p 243-244
- ERAZO, H. 1999. Estudio de la macrofauna del suelo bajo plantaciones de pino (*Pinus Patuca Schleich. Et Cham.*) y Eucaliptos (*Eucalyptus Globulus Labill.*) en un suelo del altiplano de Pasto. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto. 100 p.
- HENDRIX, P.; MUELLER, B.; BRUCE, R.; LANGDALE, G.; PARMELEE, R. 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia piedmont, U.S.A. *Soil Biol Biochem* 24 (12): 1357 – 1361.
- HOUSE, GJ. & BRESTINNER. 1983. Arthropods in no-tillage soybean agroecosystems: Community composition and ecosystem interactions. *J. Environ. Manage.* 7(1):23-28.
- IRAOLA, V., 1998. Introducción a los ácaros (I). Descripción general y principales grupos. *Boletín SEA* No. 23. p. 13 – 19
- JIMENEZ, J., MORENO, A., DECAENS, T., LAVELLE, P., FISHER, M., THOMAS, R. 1998. Las comunidades de lombrices en las sabanas nativas y en los pastizales introducidos de los Llanos Orientales de Colombia. *Biology and Fertility of Soils*. Vol 28. p 101 – 110.
- LAL, R. 1998. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24: 101-106.

LAVELLE, P., DECAENS, T., AUBERT, M., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MORA, P.; ROSSI, J. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of soil biology*. Vol 42. p 3 -15.

LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., ROBER, P., INCSON, P., HEAL, O.W., Dhillion, S., 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33, 159–193.

LAVELLE, P. y KOHLMAN, B. 1984. Etude quantitative de la macrofaune do sol dans une forest tropicale. *Pedobiologia*, 24: 834 – 845.

LEE, K. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press. Nueva York. 411 p.

LIETTI, M. GAMUNDI, J., MONTERO, G., MOLINARI, A., Y BULACIO, V., 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.

LORANGER, G., PONGE, J.F., BLANCHART, E., LAVELLE, P., 1999. Influence of agricultural practices on arthropod communities in a vertisol (Martinique). *Eur. J. Soil Biol.* 34, 157–165.

MAGURRAN, A. 1988. Ecological diversity and it's measurement. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.

NAVARRETE, J., NEWTON, A. 1996. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. In: Llorente, J., García, A y González, E (Eds). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p 369 - 380.

PARDO L., LOCARNO, M. 2000. Aspectos sistemáticos y bioecológicos del complejo chisa (Col, Melolonthidae) de Caldono, Norte del Cauca. Colombia. Tesis Maestría Universidad del Valle. 139 p.

PEÑA, L.A., M.A. BOLAÑOS, A.M. LUCERO y H. VALLEJO. 2003. Investigación para el manejo integrado de chisas en fincas de minifundio en los municipios de Yacuanquer y Ospina del departamento de Nariño. Boletín técnico No. 3, Corpoica. San Juan de Pasto. 22 p.

PEÑA, L.A. y A.M. LUCERO. 2003. Manejo integrado de chisas en el departamento de Nariño. Boletín divulgativo No. 19, CORPOICA. San Juan de Pasto. 16 p.

PEÑARANDA, M.R.; NARANJO, G.M. 1998. Composición y variación de la edafofauna de un oxisol (Petroférrico acroperox) del complejo migmático de Mitú bajo tres usos diferentes del suelo. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* 28: 273 – 277.

REMY, E.A.D.; DAINAR, T.B. 1982. Effects of tillage methods on earthworm population in monoculture corns. *Canadian J Soil Sci*, 62: 699 – 703.

VIKRAM, M.; KIRAN, V.P.; RAVINDER, V.; BALASHOURI, P.; Yule, D.; Cogle, A.; Jangawad, L.S. 1994. Earthworms biomass response to soil management in semi-arid tropical Alfisol agroecosystems. *Biol Fertil Soils*, 19: 317 – 321.

ZAHRADNÍK, J., 1990. Guía de los Coleópteros de España y de Europa. Omega, Barcelona, 570 p.