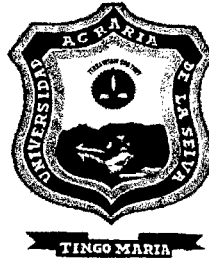


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**EFFECTO DE LA PULPA DE CAFÉ Y LA FERTILIZACIÓN
QUÍMICA EN EL RENDIMIENTO Y EN LA
MACROFAUNA EDÁFICA DEL CULTIVO DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.)**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

EDDIE ELIAS CONTRERAS PORRAS

PROMOCIÓN 2007 – II

**“Unasinos liderando el cambio para el desarrollo del
país”**

TINGO MARÍA – PERÚ

2009

F04

C74

Contreras Porras, Eddie E.

Efecto de la Pulpa de Café y la Fertilización Química en el Rendimiento y en la Macrofauna Edáfica del Cultivo de Café (*Coffea arabica* L.) Tingo María, 2009

84 h.; 45 cuadros; 18 fgrs.; 27 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Agronomía.

COFFEA ARABICA L. / FERTILIZACIÓN / MACROFAUNA EDÁFICA /
RENDIMIENTO / PULPA CAFÉ / CULTIVO / RENTABILIDAD / COSTO /
TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.

DEDICATORIA

A Dios, por ser siempre mi guía y por haberme dado una linda familia.

A mis queridos padres Elias Contreras Schuler y Mila Porras Baldoceca, quienes depositaron toda su confianza en mí y me apoyaron en todo para poder cumplir no solamente uno de mis sueños, sino cumplir el de ellos también.

A mis hermanos Ingobert y Davis, quienes son un gran ejemplo para mí y por haberme incentivado a seguir adelante y a tener presente que podemos lograr todos nuestros objetivos poniendo nuestro esfuerzo y sacrificio.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron a mi formación profesional.
- A mi asesor Ing. M. Sc. Jorge Adriazola Del Águila y al Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio coasesor del presente trabajo, por sus valiosas colaboraciones.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. Luis Mansilla Minaya, Ing. Jorge Cerón Chávez y al Ing. M. Sc. Miguel Anteparra Paredes, por su apoyo.
- Al Ing. M. Sc. Hugo Huamaní Yupanqui, por su valiosa colaboración en el presente trabajo.
- A los señores Dieter Noche Mick e Ingobert Noche Mick, cafetaleros de la ciudad de Villa Rica, por su apoyo en la realización del presente trabajo.
- Al administrador del Fundo "Sudetia del Sur" y a la vez mi padre Elias Contreras Schuler, por su apoyo en la ejecución y dirección del presente trabajo y por compartir sus valiosos conocimientos sobre la caficultura.
- A la señorita Aicsa Natalia Pérez Tijero, por estar siempre conmigo y haberme apoyado en uno de los momentos más difíciles de mi vida.
- A mis grandes amigos, Rolé Saccaco Vásquez, Gabriel Moreno López, Steve Zavala Soria, Pablo Gabancho La Torre, Walter Palomino y Sixta Patricio Egúsquiza, quienes me brindaron su apoyo en todo momento para la realización del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1 El cultivo del café	14
2.2 Los nutrientes para el café.....	17
2.3 Materia orgánica en el suelo	21
2.4 Beneficios de la materia orgánica	22
2.5 Abono orgánico y fertilizante mineral	23
2.6 Macrofauna del suelo.....	25
2.7 Metodología del estudio de la macrofauna del suelo	25
2.8 Descripción de los componentes en estudio.....	27
2.9 Investigaciones realizadas sobre macrofauna y rendimiento del cultivo de café	29
2.10 Rendimiento promedio nacional de café	32
2.11 Relación café cereza/café pergamino seco	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 Campo experimental	34
3.2 Componentes en estudio	37
3.3 Tratamientos en estudio.....	38
3.4 Diseño experimental	38
3.5 Disposición experimental	40
3.6 Ejecución del experimento	41
3.7 Observaciones a registrar y metodología.....	44

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1	Rendimiento de café pergamino seco.....	47
4.2	Porcentaje de infestación de la broca	54
4.3	Peso de 100 granos de café pergamino seco.....	58
4.4	Densidad y biomasa de la macrofauna	62
4.5	Análisis económico	75
V.	CONCLUSIONES.....	77
VI.	RECOMENDACIONES	78
VII.	RESUMEN	79
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
IX.	ANEXO.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Extracción de elementos esenciales por la planta de café para una producción de 20 qq/ha.....	20
2. Densidad y biomasa de la macrofauna en distintos sistemas de uso del suelo.....	30
3. Datos climáticos correspondientes al período experimental.....	35
4. Análisis físico - químico del suelo experimental (Cedropampa – Villa Rica).....	36
5. Descripción de los tratamientos.....	38
6. Esquema del análisis de varianza.....	39
7. Análisis de varianza para el rendimiento de café pergamino seco.....	47
8. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en el rendimiento de café pergamino seco.....	48
9. Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la broca (Datos transformados $\sqrt{x+1}$).....	54
10. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en el porcentaje de infestación de la broca.....	55
11. Análisis de varianza para el peso de 100 granos de café pergamino seco.....	59
12. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en el peso de 100 granos de café pergamino seco.....	59

13.	Análisis de varianza para la densidad de la macrofauna. Datos transformados $\text{Log}(x + 1)$	63
14.	Análisis de varianza para la biomasa de la macrofauna. Datos transformados $\text{Log}(x + 1)$	65
15.	Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en la densidad de la macrofauna	66
16.	Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en la biomasa de la macrofauna	68
17.	Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio en el cultivo de café en la campaña 2007/2008	76
18.	Análisis de la pulpa de café fresca y descompuesta	85
19.	Rendimiento de café cereza por parcela (kg).....	85
20.	Datos originales del porcentaje de infestación de la broca a los 120 días después de la floración	85
21.	Porcentaje de infestación de la broca a los 120 días después de la floración, datos transformados $\sqrt{x+1}$	86
22.	Datos originales del porcentaje de infestación de la broca al final de la cosecha.....	86
23.	Porcentaje de infestación de la broca al final de la cosecha, datos transformados $\sqrt{x+1}$	86
24.	Peso de 100 granos de cereza (g)	87
25.	Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses).....	87

26.	Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses), datos transformados Log (x + 1)	87
27.	Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 2 meses después de la aplicación de los tratamientos	88
28.	Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 2 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	88
29.	Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos	88
30.	Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	89
31.	Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos	89
32.	Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	89
33.	Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 8 meses después de la aplicación de los tratamientos	90
34.	Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 8 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	90
35.	Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m^{-2}) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses).....	90
36.	Biomasa de la macrofauna (gramos m^{-2}) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses), datos transformados Log (x + 1)	91
37.	Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m^{-2}) 2 meses después de la aplicación de los tratamientos	91

38.	Biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 2 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	91
39.	Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos	92
40.	Biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	92
41.	Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos	92
42.	Biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	93
43.	Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 8 meses después de la aplicación de los tratamientos	93
44.	Biomasa de la macrofauna (gramos m ⁻²) 8 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1)	93
45.	Presupuesto para el mantenimiento de una hectárea de café, campaña cafetalera 2007/2008 en Villa Rica	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Metodología de muestreo de la macrofauna del suelo creada por el Programa TSBF.....	26
2.	Efecto de los tratamientos en el rendimiento de café pergamino seco.....	49
3.	Efecto de los tratamientos en el porcentaje de infestación de la broca	56
4.	Efecto de los tratamientos en el peso de 100 granos de café pergamino seco.....	60
5.	Efecto de los tratamientos en la densidad promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones.....	72
6.	Efecto de los tratamientos en la biomasa promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones	74
7.	Croquis del campo experimental.....	96
8.	Detalle de la parcela experimental	97
9.	Visita del Ing. Jorge Luis Adriaola del Águila.....	98
10.	Visita del Ing. Luis Mansilla Minaya.....	98
11.	Pulpa de café descompuesta (al aire libre)	99
12.	Pulpa de café fresca (planta de beneficio)	99
13.	Muestreo de la macrofauna con el monolito (25 x 25 x 5 cm)	100
14.	Aplicación de los tratamientos.....	100
15.	Separación y conteo de la macrofauna (individuos m ⁻²).....	101
16.	Pesado de la macrofauna (gramos m ⁻²)	101

17.	Unidades encontradas en los diferentes tratamientos.....	102
18.	Unidades encontradas en los diferentes tratamientos.....	103

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del cafeto tiene una importancia social muy grande para el Perú. La superficie de 300 mil hectáreas es manejada por 150 mil familias. La cadena productiva involucra a más de un millón de personas. La producción de café aporta el 7% del PBI nacional y el 25% del agrícola, es el principal cultivo lícito de la selva alta, la principal fuente de ingresos y el mayor generador de empleos en esta región (JNC, 2005; citado por ROSADO, 2005). El 85 % de las familias cafetaleras son pequeños productores, con unidades productivas de 0,5 a 5 hectáreas, la mayoría de ellas de bajo nivel tecnológico (INEI & MINAG, 1995 citado por ROSADO, 2005).

En los últimos años se están promocionando sistemas de cultivos de café amigables con la naturaleza, que posibiliten incrementar la biodiversidad, el uso de insumos endógenos y que no contaminen el ambiente. Entre ellos destaca la recomendación de abonar con pulpa de café, donde los pequeños agricultores, que mayormente practican una agricultura tradicional sin uso de fertilizante y plaguicidas sintéticos, se pueden adaptar con cierta facilidad a estos tipos de sistemas. Lamentablemente, trabajos de investigación sobre temas de importancia para el sector cafetalero peruano siguen siendo la excepción.

El suelo alberga a un sin número de organismos vivos dentro de las cuales la diversidad y la abundancia puede ser considerada una importante indicadora de la fertilidad del suelo, dentro de estos organismos tenemos a la macrofauna del suelo, que es un componente importante dentro de los

ecosistemas cumpliendo funciones como descomponedora y recicladora, mejorando la estructura o agregación del suelo, etc.

Desconocemos en nuestros cafetales, qué tipos de macroinvertebrados están presentes en el suelo, cuál es su densidad poblacional y su biomasa, y cómo las fuentes de nutrientes utilizadas pueden afectarlas, ya que dicha comunidad ocupa un gran espacio en el suelo tanto cualitativa como cuantitativamente, y debido a que tanto su estructura como funciones son extremadamente complejas, permanece muy poco estudiada.

En tal sentido, el presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto de la pulpa de café y la fertilización química en el rendimiento del cultivo de café.
2. Determinar el efecto de la pulpa de café y la fertilización química en la macrofauna edáfica del cultivo de café.
3. Determinar los costos de producción y análisis beneficio costo de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo del café

2.1.1 Generalidades

El café se puede cultivar en un rango altitudinal de 400 a 2 000 metros sobre el nivel del mar. La zona que ofrece las mejores condiciones para obtener café de buena calidad está entre 1 200 a 1 800 metros sobre el nivel del mar con temperaturas que oscilan entre 18 a 22°C y extremos de 17°C a 23°C. Por encima de la temperatura promedio de 24°C, se acelera el crecimiento vegetativo con limitaciones tanto en la floración como en el cuajado de los frutos (FIGUEROA, 1984; FIGUEROA *et al.*, 1996).

Es importante que las precipitaciones tengan una buena distribución para satisfacer los requerimientos de agua de la planta del cafeto en las etapas de floración, llenado de grano y cosecha. La cantidad requerida por el café para un buen crecimiento y desarrollo es de 1 600 a 1 800 mm/año (GONZÁLES 2007).

El suelo adecuado para el cafeto es el migajón bien drenado, profundo, ligeramente ácido, rico en nutrientes, particularmente en potasio y con bastante materia orgánica (FIGUEROA, 1984).

2.1.2 Ciclo fisiológico

Se llama así al tiempo transcurrido entre una campaña y otra. Para las condiciones del Perú, según CASTAÑEDA (1997) este ciclo fisiológico

consta de cuatro etapas bien definidas: etapa de descanso, floración, llenado de grano y cosecha.

La etapa de descanso, tiene una duración de dos meses, en la base de las hojas formadas en la campaña anterior, las yemas ya formadas se desarrollan formando las estaquillas, la falta de agua es necesario para que la hormona llamada ácido abscísico que está en las hojas sea eliminada y así puedan desarrollar las estaquillas transformándose después en botones florales, se caracteriza porque la parte aérea está en reposo, no crece el tallo ni las ramas, no se forman hojas nuevas y las ramas formadas en la campaña anterior se engrosan y maduran, en la parte radicular la raíz principal y las raíces secundarias crecen, no hay absorción de agua, ni de sustancias minerales por los pelos absorbentes y las raíces hídricas mantienen el nivel de agua en la planta (CASTAÑEDA, 1997).

La etapa de floración, tiene una duración de tres meses y se inicia con las primeras lluvias. En esta etapa se produce la mayor absorción de sustancias minerales y se caracteriza porque los botones florales se convierten en flores, necesitándose para ello que las hojas produzcan una hormona llamada ácido giberélico, el cual se forma cuando la raíz absorbe agua y ésta llega a las hojas. Las flores se autopolinizan e inmediatamente se forman los frutos. En esta etapa también la planta entra en su máximo desarrollo vegetativo formando una gran cantidad de ramas y hojas, el sistema radicular entra en su máxima actividad, formándose una gran masa de pelos absorbentes, en las ramas que se forman durante la presente campaña vendrá

la producción de la próxima campaña (FIGUEROA *et al.*, 1996; CASTAÑEDA, 1997).

La etapa de llenado de grano, tiene una duración de cuatro meses y coincide con la época de máximas lluvias. La absorción de elementos minerales es menor que durante la etapa de floración (CASTAÑEDA, 1997).

El desarrollo del grano tiene 4 etapas definidas: la primera etapa dura un mes y medio y hay poco crecimiento del fruto; en esta etapa puede faltar agua. La segunda etapa dura dos meses, las semillas que están dentro del fruto crecen rápidamente y alcanzan su máximo tamaño; es la época en que necesita más agua, de lo contrario los frutos no crecen, son chicos y se caen. La tercera etapa dura dos meses y medio, las semillas alcanzan su máximo tamaño y se van llenando de sustancias nutritivas; es necesaria la presencia de agua para que los frutos no se ennegrezcan. La cuarta etapa dura un mes y medio, las lluvias bajan, la cáscara y la pulpa del fruto crecen rápidamente, el fruto cambia de color verde a rojo (CASTAÑEDA, 1997, 2000). La planta sigue produciendo ramas y hojas, pero en una intensidad menor que en la etapa de floración. En el sistema radicular, la formación de los pelos absorbentes es menor que en la etapa de floración (CASTAÑEDA, 1980; Gutiérrez y Soto, 1976; citados por SÁNCHEZ, 1982).

La etapa de cosecha, tiene una duración de tres meses y comienza cuando los frutos cambian de la coloración verde a la roja o amarilla de acuerdo a la variedad. En esta etapa las lluvias empiezan a disminuir. Crece y desarrolla la cáscara y la pulpa. La formación de hojas en las ramas

disminuye. En la base de las hojas formadas durante toda la campaña se forman las yemas para la cosecha de la próxima campaña. Si en esta época se fertiliza con nitrógeno va a producir mayor diferenciación de yemas y la cosecha de la próxima campaña puede aumentar en un 20% (CASTAÑEDA, 1997).

2.2 Los nutrientes para el café

El nitrógeno forma parte de las proteínas, clorofila, alcaloides y enzimas responsables de regular el crecimiento y formación del material vegetal. Es muy móvil dentro de la planta y se absorbe como nitrato (NO_3^-) o como amonio (NH_4^+) constituyendo del 1 al 5% de la materia seca en general. El fósforo forma parte de proteínas (nucleoproteína) y de lipoides y fosfolípidos (lecitina). Desempeña un papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación), en el almacenamiento y transferencia de energía y en la división y el crecimiento celular. Es absorbido como ión H_2PO_4^- y HPO_4^- principalmente y permanece en forma oxidada. Constituye del 0,1 al 0,5% de la materia seca en general. El potasio juega un papel vital en la fotosíntesis y en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en las plantas. En contraste con otros elementos que están envueltos en la formación de estructuras de la célula, el K funciona en el jugo celular. Su alta movilidad permite que se traslade rápidamente de célula a célula, o de tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a órganos de almacenamiento. El inadecuado K para cubrir las necesidades de todas las partes de la planta disminuye el crecimiento y pone al cultivo en condiciones indeseables como incremento de enfermedades, rompimiento del

tallo y susceptibilidad a otras condiciones de estrés. Es esencialmente antagónico con el Mg, Ca y Na. Es absorbido del suelo como catión K^+ y constituye del 0,2 al 2,0% de la materia seca (Malavolta, 1992; Valencia, 1987; citados por VALENCIA, 1998).

El mismo autor señala que el calcio se acumula principalmente en las hojas y forma parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca. La ausencia de Ca no permite la división mitótica. Es necesario para el desarrollo de los meristemas apicales. Es cofactor de algunas enzimas. Antagónico con el K, Mg y Na, El Ca es inmóvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como Ca^{++} . El magnesio ocupa el centro de la molécula de clorofila. En forma de ión es activador de enzimas que catalizan reacciones en los procesos de respiración. Incrementa la producción de azúcares. Es antagónico con el K, Ca y Na. Es un nutriente muy móvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como Mg^{++} . El azufre es constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina y por tanto de las proteínas, así como de la tiamina, la biotina y la coenzima A. Es inmóvil dentro de la planta y absorbido del suelo como $SO_4^{=}$.

Asimismo, menciona que el boro al igual que el Ca, está involucrado en la formación de la pared celular (yemas, flores y germinación y crecimiento del tubo polínico). Es poco móvil y el exceso puede provocar toxicidad. Es absorbido como ión $H_4BO_4^-$. El hierro es indispensable para la formación de la clorofila, aun cuando no forma parte de ella. Las formas iónicas fisiológicas reciben y entregan electrones en la transferencia de energía. Es un cofactor de

reacciones enzimáticas. Forma parte de los citocromos (porfirinas). Es poco móvil dentro de la planta y es absorbido como Fe^{+2} y Fe^{+3} . La función del zinc no es completamente conocida, sin embargo, se conoce que es importante en el crecimiento, afectando la elongación de la planta. Es necesario para la síntesis de auxinas y de triptófano. Aumenta la eficiencia del P. Es inmóvil dentro de la planta y se absorbe como Zn^{+2} . El manganeso aunque no forma parte de la molécula de clorofila, este pigmento no se forma en su ausencia. Parece activar ciertas enzimas respiratorias. Es importante en el metabolismo de los azúcares. Es antagónico con el Fe, inmóvil dentro de la planta y se absorbe como Mn^{+2} y Mn^{+3} . El molibdeno funciona más como componente de metaloenzimas que como activador de enzimas. Juega un importante papel en la inducción de la nitrato reductasa. Es un nutriente inmóvil dentro de la planta y se absorbe como MoO_4^{-2} . El cloro actúa conjuntamente con algunas enzimas del fotosistema II en la partición de la molécula de H_2O durante la fotosíntesis. Es un nutriente móvil dentro de la planta y se absorbe como el ión Cl^- .

2.2.1 Requerimientos minerales por el cafeto

El cafeto es una planta que tiene altos requerimientos de nutrientes minerales para producir cosechas rentables, por lo que la fertilización constituye una de las labores efectivas para mejorar su productividad (FIGUEROA, 1984).

CASTAÑEDA (1997) manifiesta que una producción de 20 quintales por hectárea (qq/ha) extrae del suelo (Cuadro 1) los siguientes elementos esenciales:

Cuadro 1. Extracción de elementos esenciales por la planta de café para una producción de 20 qq/ha.

Órganos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Tallo y raíz	15	2	25	9	2	2
Ramas	14	2	20	6	3	1
Follaje	53	11	45	18	7	3
Frutos maduros	30	3	35	3	3	3
Totales	112	18	125	36	15	9

Si analizamos por porcentaje de extracción (%), las hojas son las que extraen la mayor cantidad de elementos minerales; éstas caen al suelo y por el proceso de descomposición estos elementos minerales se reincorporan nuevamente al suelo. Lo que extrae el tallo, la raíz y las ramas es lo que constituye el almacén de la planta y esto se realiza en los primeros 3 años de vida de la planta. Cuando realizamos la cosecha los elementos minerales que forman los frutos no lo devolvemos al suelo, y si no fertilizamos vamos agotando lentamente las reservas del suelo (CASTAÑEDA, 1997).

La máxima absorción de elementos minerales se produce en la etapa de floración en la subida de lluvias y en la etapa de llenado de grano en la bajada de lluvias. Las reservas acumuladas en las hojas y en las ramas son importantes en el llenado de grano para que las semillas alcancen su máximo tamaño, por ello el fraccionamiento y épocas de aplicación de abonos deben

estar relacionadas con estas épocas de mayor absorción de elementos esenciales: Durante la época de floración (Octubre – Noviembre) y al final de la época de llenado de grano (Febrero – Marzo) (CASTAÑEDA, 1997, 2000).

Se puede realizar una tercera aplicación, en el mes de máxima cosecha, solamente nitrógeno cuando la producción pasa de 20 quintales por hectárea, con el objeto de aumentar el número de yemas que se transformarán en frutos y aumentarán los rendimientos de 10 a 20 % en la próxima campaña (CASTAÑEDA, 2000).

La fertilización debe realizarse para lograr devolver los nutrientes utilizados por la planta en la campaña anterior, darle nutrientes a la planta para la campaña actual y lograr que las yemas en latencia formen un nuevo crecimiento ortotrópico y plagiotrópico, así mismo aquel crecimiento preparado en la campaña actual si es bastante aceptable, beneficiará la producción de la campaña que viene (Castañeda, 1980; citado por SÁNCHEZ, 1982).

2.3 Materia orgánica en el suelo

La materia orgánica del suelo contiene alrededor de 5 % de N total y por lo tanto, es una bodega que acumula reservas de N. Pero el N en la materia orgánica se encuentra formando parte de compuestos orgánicos y no está inmediatamente disponible para el uso de las plantas, debido a que la descomposición ocurre lentamente. En la materia orgánica también están contenidos otros elementos esenciales para la planta como P, Mg, Ca, S y micronutrientes. A medida que la materia orgánica se descompone, estos

nutrientes pasan a ser disponibles para la planta en crecimiento (INPOFOS, 1997).

La descomposición de la materia orgánica se llama “mineralización” y la formación de sustancias húmicas “humificación”. La predominancia de uno u otro de estos procesos depende de muchos factores como: la temperatura, precipitación, aireación, textura, minerales amorfos, pH, relación C/N de la materia orgánica, contenido de lignina y la predominancia de bacterias u hongos (BENZING, 2001).

El contenido de materia orgánica de un suelo es el resultado del balance entre humificación y mineralización por un lado y de la productividad del ecosistema por otro; cuánto más productivo es un sistema, tanto más desechos vegetales quedan en el suelo (BENZING, 2001).

2.4 Beneficios de la materia orgánica

La materia orgánica retiene carbono reduciendo el efecto invernadero; regula el ciclaje de agua y de gases atmosféricos; sirve de hábitat, fuente de energía y nutrientes para una enorme variedad de organismos; estabiliza los agregados del suelo previniendo la erosión, el sellado superficial y la compactación; aumenta la capacidad de intercambio de cationes; al aumentar la capacidad tampón regula el pH; forma complejos con aluminio y manganeso en suelos ácidos reduciendo la toxicidad de estos elementos; presenta ciertos complejos orgánicos como los fenoles, que al ser asimilados por las plantas

puede mejorar su resistencia al ataque de plagas y patógenos (BENZING, 2001).

2.5 Abono orgánico y fertilizante mineral

Los abonos orgánicos provienen generalmente de los residuos y desperdicios de la vida vegetal y animal. Son ricos en agua y en compuestos carbonados, pero suelen ser comparativamente pobres en nutrientes inorgánicos. El contenido de nutrientes de los abonos orgánicos es muy variable, dependiendo en gran medida de su fuente y de su contenido de humedad. La mayor parte de N de los abonos se presenta en forma de compuestos orgánicos (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Los mismos autores señalan que incluso en los abonos orgánicos como el estiércol, abonos verdes, etc., la mayoría de los nutrientes vegetales incluyendo el potasio, magnesio y fosfato, están presentes en forma inorgánica. Otros nutrientes en particular nitrógeno y azufre, son convertidos en formas inorgánicas por los microorganismos del suelo antes de su absorción por las raíces. Así, aunque se puedan suministrar abonos orgánicos a las plantas, éstas, de todas formas, absorben los nutrientes derivados de estos abonos orgánicos de forma inorgánica. Ésta es la principal razón básica por la que normalmente no hay diferencias sustanciales entre un cultivo suministrado con abonos orgánicos o inorgánicos. Los abonos orgánicos e inorgánicos, sin embargo, difieren en cuanto a la disponibilidad de los nutrientes que contienen. Los fertilizantes inorgánicos tienen los nutrientes directamente disponibles para las raíces de las plantas, mientras que los nutrientes de los orgánicos,

especialmente el N orgánico, presentan a menudo, una baja disponibilidad. La relativamente lenta liberación del N por los abonos orgánicos en comparación con los inorgánicos nitrogenados puede tener ciertas ventajas en relación a la calidad de los distintos cultivos. El mismo efecto, sin embargo, puede obtenerse usando fertilizantes nitrogenados inorgánicos en aplicaciones divididas o sincronizadas con las necesidades del cultivo.

Asimismo, menciona que una gran desventaja de los abonos orgánicos es su dependencia de los factores ambientales para la liberación del N debido a que la conversión del nitrógeno amino y del N heterocíclico de las sustancias orgánicas vía reducción a $N-NH_4$ y su consecuente oxidación a $N-NO_3^-$ es realizada por un grupo de microorganismos del suelo cuyas actividades metabólicas son muy dependientes de las condiciones edáficas. Bajas temperaturas o sequías reducen su actividad y por esta razón disminuye la tasa de liberación de N disponible. Además menciona que no hay duda de que la aplicación de materiales orgánicos aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo y, por lo tanto, tiene un efecto favorable sobre su estructura, retención de agua, infiltración del agua de lluvia y otras propiedades del suelo, pero sin embargo, los fertilizantes inorgánicos también aumentan el contenido de humus del suelo, ya que inducen una producción más alta de residuos vegetales, e indirectamente también pueden llevar a una mayor producción de estiércol.

2.6 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 cm a 2 cm o más; desarrollan parte de su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial (hojarasca, tronco de la vegetación). Son importantes por su actividad en los procesos de depredación de microbios, modificación de la estructura del suelo, descomposición de la materia orgánica, mezclar con la tierra la materia orgánica descompuesta; por ello han sido clasificados de acuerdo a su función en el suelo en: ingenieros del suelo (Formicidae, Oligochaeta e Isoptera), saprófagos (Diplopoda, Isopoda y Blattaria), predadores (Aranea, Chilopoda, Dermaptera), herbívoros (Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera), larvas (de Coleoptera y Lepidoptera) y otros (Coleoptera, Gasteropoda, Pseudoescorpionidae, Enquitreido) (Jones *et al.* 1994; citados por REÁTEGUI, 2009).

2.7 Metodología del estudio de la macrofauna del suelo

El muestreo de la macrofauna del suelo, sigue la metodología del Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Figura 1), el cual consiste en la colecta de los organismos directamente del suelo luego de trazar una línea recta (transecto), donde los puntos de muestreo se distribuyen a una distancia mínima de 5 m entre si; el número de muestras es no menor de 5 por sistema de uso del suelo para estudios científicos (Anderson & Ingram, 1993; citados por LINARES, 2007).

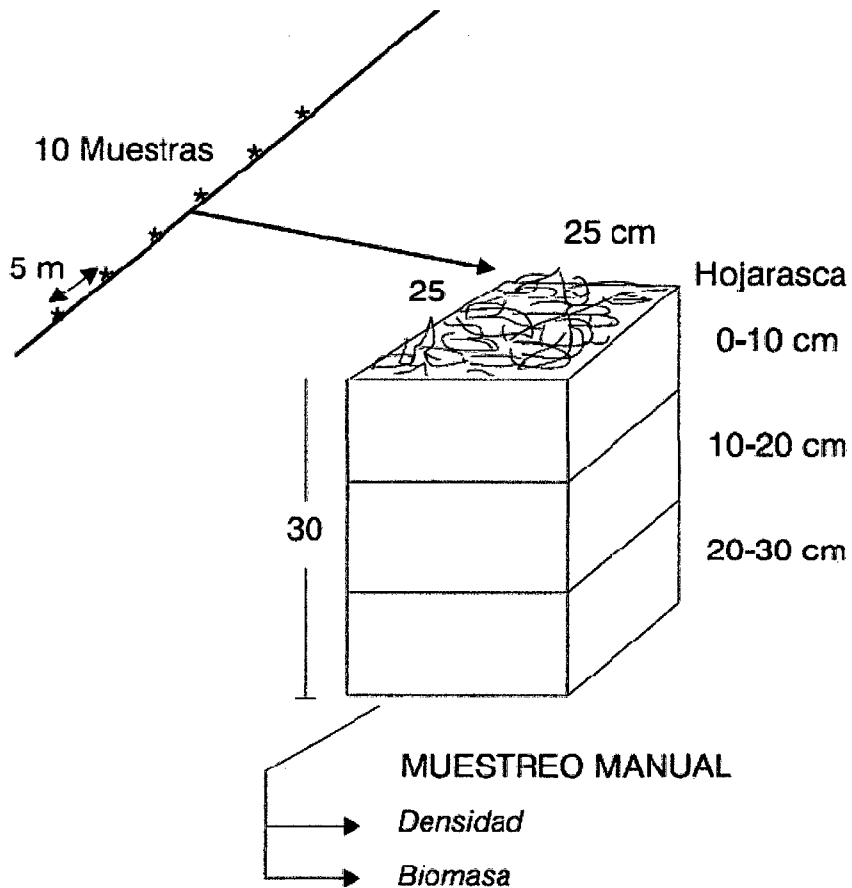


Figura 1. Metodología de muestreo de la macrofauna del suelo creada por el Programa TSBF.

Además, esta metodología no es rígida y podrá ajustarse según sea la necesidad del investigador, por ejemplo Pashanasi (2002) citado por REÁTEGUI (2009), trabajó con 10 muestras para cada sistema de uso del suelo, mientras que Tapia-Coral (2004) citado por REÁTEGUI (2009) consideró 5 muestras en un estudio y en otro sólo 3 muestras; ambos usaron la metodología del TSBF.

2.8 Descripción de los componentes en estudio

2.8.1 Variedad 'Colombia'

En Colombia el Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE) desarrolló la variedad 'Colombia' a partir del cruce de la variedad 'Caturra' con el híbrido de Timor, que se destaca por su resistencia a la roya. Esta variedad tiene básicamente las mismas características físicas que la variedad 'Caturra', con la diferencia que es más precoz, los entrenudos son aún más reducidos y los brotes nuevos de hojas son de color verde o bronceado. Se trata de una variedad altamente productiva, pero exige un intenso plan de abonamiento (FIGUEROA *et al.*, 1996; FISCHERSWORRING & ROSSKAMP, 2001).

CENICAFE (2000) manifiesta que la producción de esta variedad puede variar en un rango de 6 350 kg ha⁻¹ (115,04 qq/ha) a 8 775 kg ha⁻¹ (158,97 qq/ha) de café pergamino seco, con un promedio de 7 887,5 kg ha⁻¹ (142,89 qq/ha). CADENA (1995) manifiesta que la producción promedio de nueve años de la variedad 'Colombia' en la ciudad de Maracay fue de 5 944,44 kg ha⁻¹ (107,69 qq/ha) de café pergamino seco a una densidad de 10 000 plantas ha⁻¹, en la ciudad de Rosario la producción promedio de tres años fue de 6 541,67 kg ha⁻¹ (118,51 qq/ha) de café pergamino seco a una densidad de 10 000 plantas ha⁻¹, en la ciudad La Sirena la producción promedio de dos años fue de 5 956,25 kg ha⁻¹ (107,90 qq/ha) de café pergamino seco a una densidad de 5 000 plantas ha⁻¹.

2.8.2 Fertilizante compuesto

El compomaster café (18% N, 8% P₂O₅, 18% K₂O, 3% MgO, 9% S), es un fertilizante compuesto, granulado, altamente concentrado y homogéneamente mezclado para asegurar una nutrición balanceada en el cultivo de café. Presenta el nitrógeno en forma amoniacal (NH₄⁺) y amídica (NH₂) para una gradual asimilación. Contiene fósforo en forma asimilable para lograr el mejor desarrollo de las raíces. El potasio es completamente asimilable para la etapa de crecimiento y desarrollo del grano. Además, contiene Magnesio y Azufre, nutrientes importantes para lograr una mejor eficiencia de la nutrición del cultivo del café y mejorar la calidad de la cosecha. Contiene micronutrientes (hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno), los cuales complementan adecuadamente la fertilización del cultivo del café (MISTI, 2009).

2.8.3 Pulpa de café

La pulpa es el primer y principal subproducto que se obtiene en el proceso de beneficiado, en la etapa de despulpado, formado por el exocarpio y parte del mesocarpio; representa en base húmeda el 41% en peso del fruto de café (CICAFE, 1992).

VALENCIA (1998) menciona que el aporte de nutrientes por cada 10 toneladas de material de pulpa de café descompuesta (seca) es de 238 – 50 – 353 – 125 – 61 kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO respectivamente, y

de la lombrinaza de pulpa de café es de 196 – 43 – 199 – 140 – 63 kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO respectivamente.

FIGUEROA *et al.* (1996) manifiestan que por lo general se recomienda aplicar según la disponibilidad de abono orgánico de 1 a 6 kilogramos por planta distribuido en dos aplicaciones y que hay que tener presente que la producción de café no aumenta proporcionalmente con la cantidad de abono aplicado.

2.9 Investigaciones realizadas sobre macrofauna y rendimiento del cultivo de café

Feijoo *et al.* (1999) citados por BENZING (2001), en un trabajo realizado en el Valle del Río Cabuyal (Colombia), observaron una reducción drástica tanto de la abundancia como de la diversidad de la macrofauna con la creciente intervención humana y degradación de los ecosistemas, siendo el cafetal tradicional el sistema que obtuvo el segundo mayor número de individuos y el mayor en cuanto a biomasa (Cuadro 2). En este trabajo, la densidad de la vegetación y la presencia de un mantillo orgánico fueron los factores más importantes para los animales del suelo.

Cuadro 2. Densidad y biomasa de la macrofauna en distintos sistemas de uso del suelo.

Sistemas	Individuos total/m²	Biomasa total (g/m²)	Grupos predominantes (biomasa)
Bosque más de 40 años	3 932	91	Lombrices, escarabajos
Bosque de 40 años	2 056	27	Lombrices, escarabajos
Cafetal tradicional	3 352	116	Lombrices, escarabajos
Plantación de pino	870	3	Escarabajos
Cultivo yuca/maíz/frijol	1 187	79	Lombrices, escarabajos
Pasto <i>Brachiaria</i>	1 965	73	Lombrices, escarabajos

LINARES (2007) en un trabajo realizado en el Parque Nacional Tingo María, para evaluar la densidad y biomasa de los macroinvertebrados en diferentes sistemas de uso del suelo, encontró que el Sistema Agroforestal Café fue el que obtuvo la mayor densidad con 896 individuos m⁻² y también la mayor biomasa con 18,55 gramos m⁻², superando al Bosque Primario, Bosque Secundario y al Sistema Agroforestal Cultivos, donde la alta densidad del Sistema Agroforestal Café posiblemente se debió a la disponibilidad de alimento diverso que presentaron estos sistemas al componerse de asociaciones de plantas lo cual diversifica los restos vegetales en la superficie del suelo.

REÁTEGUI (2009), en un trabajo realizado también en Tingo María, encontró en el Sistema Agroforestal Café 848 individuos m^{-2} con una biomasa de 64,61 gramos m^{-2} .

En cuanto al rendimiento, SÁNCHEZ (1982) encontró que la combinación que más destacó en la producción de café pergamino en qq/ha fue la fórmula 100 – 160 – 200 (N, P_2O_5 , K_2O) $kg\ ha^{-1}$, con un rendimiento de 47,60 qq/ha; seguida de la fórmula 200 – 120 – 200 (N, P_2O_5 , K_2O) $kg\ ha^{-1}$, con un rendimiento de 46,18 qq/ha; y finalmente la fórmula 200 – 80 – 100 (N, P_2O_5 , K_2O) $kg\ ha^{-1}$, con un rendimiento de 42,28 qq/ha.

FISCHERSWORRING & ROSSKAMP (2001), manifiestan que en seguimientos realizados a diferentes cultivos en situ se han registrado rendimientos de 1 500 a 2 000 kg de café pergamino seco con aplicaciones de 6,5 toneladas ha^{-1} de abono y que en diversas investigaciones en campo se ha encontrado que niveles de aplicación de 30 toneladas ha^{-1} arrojan niveles de producción de 3 750 $kg\ ha^{-1}$ (67,93 qq/ha) de café pergamino seco en condiciones agroecológicas de buenos suelos y una favorable oferta ambiental. Mencionan también que CENICAFE reporta rendimientos de 8 000 $kg\ ha^{-1}$ (144,93 qq/ha) de café pergamino seco con aplicaciones de 48 toneladas/ha en condiciones óptimas, es decir al contar con una oferta ambiental ideal, excelentes suelos de origen volcánico y dos cosechas al año.

2.10 Rendimiento promedio nacional de café

El rendimiento promedio de café en el Perú es 15 qq/ha ó 690 kilogramos de café oro (MINAG, 2005; citado por ROSADO, 2005). En muchas zonas, de pendientes accidentadas y degradadas por erosión, los rendimientos promedios son de 10 a 12 qq/ha, ó 460 a 552 kilogramos de café oro respectivamente. Según los datos obtenidos de las organizaciones de productores, el rendimiento promedio de los productores orgánicos es 12 qq/ha ó 552 kilogramos de café oro (JNC, 2005; citado por ROSADO, 2005).

Según los resultados del estudio realizado por ROSADO (2005), el rendimiento promedio de los caficultores orgánicos en el Perú fue de 13,9 qq/ha, y la región centro del país fue la que registró el mayor rendimiento promedio, con 16,6 qq/ha, clasificado como nivel medio. Además menciona que esta zona, aparte de presentar condiciones más favorables al desarrollo del cultivo, en cuanto a suelos y regímenes de precipitación, muestra una caficultura de mayor tecnificación. También menciona que en esta zona los cafetales tienen un tamaño promedio de seis hectáreas, y están más difundidas las variedades de porte bajo y alto rendimiento como 'Caturra' y 'Catimor'.

2.11 Relación café cereza/café pergamino seco

La relación café cereza/café pergamino seco nos permite determinar el factor de conversión, que se obtiene dividiendo el peso fresco del café (cereza) entre el peso seco (pergamino). CENICAFÉ (2009) citado por SACCACO (2009) menciona que normalmente en Colombia la relación de café cereza a

café pergamino seco oscila entre 4,7 y 5,3 cuando se utiliza el beneficio tradicional, con fermentación natural del mucílago.

SACCACO (2009) en un trabajo realizado en la localidad de Ñagazu (Villa Rica) para evaluar el efecto de bioestimulantes en la formación de frutos y en el rendimiento de café de la variedad 'Caturra rojo', encontró que los factores de conversión de cereza a pergamino fluctuaron entre 4,76 y 4,86 sin diferencias estadísticas entre los tratamientos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Campo experimental

3.1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el fundo “Sudetia del Sur” del señor Dieter Noche Mick, ubicado en la localidad de Cedropampa, distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.

Las coordenadas UTM en el centro del campo experimental se determinaron con equipo GPS, navegador, cuyas unidades son las siguientes:

Unidades UTM : N 8806602
E 472202
Altitud : 1 240 msnm

La plantación está conformada por la variedad ‘Colombia’, con distanciamiento de 1,80 m entre hileras y 1,00 m entre plantas (5 555 plantas ha⁻¹ con dos ejes por planta), manejada con sombra regulada.

3.1.2 Condiciones climáticas

Las condiciones meteorológicas durante la ejecución del experimento se muestran en el Cuadro 3, donde se observa que la temperatura osciló entre 18,9 y 21,5°C con un promedio de 20,3°C, las precipitaciones

oscilaron entre 40,5 y 283,4 mm, con un acumulado de 1 429,4 mm, las cuales se consideran apropiadas para el cultivo del café.

Cuadro 3. Datos climáticos correspondientes al período experimental.

Meses	Temperatura (° C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima	Media		
Octubre	14,9	27,5	21,2	97,2	111,8
Noviembre	15,4	26,2	20,8	89,7	151,5
Diciembre	16,4	26,7	21,5	88,9	210,0
Enero	16,4	24,8	20,6	88,7	283,4
Febrero	15,2	24,0	19,6	89,2	239,5
Marzo	15,4	25,3	20,4	87,4	149,9
Abril	15,3	24,9	20,1	86,5	110,1
Mayo	14,6	25,5	20,0	86,4	51,1
Junio	13,9	23,9	18,9	85,7	40,5
Julio	14,1	26,4	20,3	82,6	81,6
Total	151,6	255,2	203,4	882,3	1 429,4
Promedio	15,2	25,5	20,3	88,2	142,9

Fuente: SENAMHI, Villa Rica (2008).

3.1.3 Historia del campo experimental

El campo experimental estuvo sometido al siguiente cronograma de explotación agrícola:

Año	Cultivos y manejo
Antes del 2005	Pastizal
Mayo 2005	Instalación de café variedad 'Colombia'
Mayo 2005	Aplicación de dolomita
Mayo 2005 - Octubre 2006	Aplicación de Fosfato diamónico + úrea
Octubre 2006	Aplicación de fertilizante compuesto 18 – 8 – 18 – 3 - 9 (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO, S)
Octubre 2007 - Julio 2008	Conducción de la presente tesis

3.1.4 Características del suelo

El cafetal se encuentra instalado en un suelo que presenta una textura media, reacción extremadamente ácida, con contenido medio de materia orgánica y N total, además contenido medio de P y K disponible. Relaciones catiónicas normales de Ca/Mg.

Cuadro 4. Análisis físico – químico del suelo experimental (Cedropampa – Villa Rica).

Característica	Valor	Método empleado
Análisis físico:		
Arena (%)	38,00	Hidrómetro
Limo (%)	49,00	Hidrómetro
Arcilla (%)	15,00	Hidrómetro
Clase textural (%)	Franco	Triángulo textural

Análisis químico:

pH (1/1)	4,30	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	3,10	Walkley – Black
Nitrógeno total (%)	0,14	%M.O. x 0.045
Fósforo disponible (ppm P)	10,70	Olsen modificado
Potasio disponible (K ₂ O en Kg/ha)	317,00	Ácido sulfúrico 6N
ClCe (meq./100 g suelo)	5,70	KCl 1 N
Ca (meq./100 g suelo)	3,70	Absorción atómica
Mg (meq./100 g suelo)	0,50	Absorción atómica
Al (meq./100 g suelo)	1,30	Yuan
H (meq./100 g suelo)	0,30	Yuan

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad Nacional Agraria de la Selva (2007).

3.2 Componentes en estudio

3.2.1 Café variedad `Colombia`

Plantación de 2 años y 5 meses de edad.

3.2.2 Fuentes de abono

a. Fertilizante químico

18% N – 8% P₂O₅ – 18% K₂O – 3% MgO – 9% S, más elementos menores (Zn, Fe, Mn, Cu, B, Mo).

b. Pulpa de café fresca

2,30% N – 0,17% P – 2,20% K – 0,81% Mg.

c. Pulpa de café descompuesta

2,40% N – 0,18% P – 2,40% K – 0,80% Mg.

3.3 Tratamientos en estudio

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Fuente	Cantidad aplicada
T ₀	Testigo	-
T ₁	Fertilización química	200 N - 90 P ₂ O ₅ - 200 K ₂ O kg/ha
T ₂	Pulpa fresca ^{1/}	33,33 t/ha (Base Húmeda) 27,99 t/ha (Base Seca)
T ₃	Pulpa descompuesta ^{2/}	33,33 t/ha (Base Húmeda) 30,85 t/ha (Base Seca)

^{1/} De dos meses

^{2/} De un año

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar con 4 tratamientos incluyendo el testigo y 4 repeticiones por tratamiento.

Las características a evaluar en el experimento fueron sometidas al análisis de variancia (ANVA) y a la prueba de significación estadística de Duncan al nivel de $\alpha = 0,05$.

Cuadro 6. Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Tratamientos	3
Error Experimental	9
Total	15

Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida en la u.e correspondiente al j-ésimo bloque, al cual se le aplicó la i-ésima fuente de abono.

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental de la u. e correspondiente al j-ésimo bloque al cual se le aplicó la i-ésima fuente de abono.

Para: $i = 1, \dots, 4$ tratamientos

$j = 1, \dots, 4$ bloques

3.5 Disposición experimental

a. Dimensiones del campo experimental

Largo	33,00 m
Ancho	32,40 m
Área total	1 069,20 m ²

b. Dimensiones del bloque

Largo	33,00 m
Ancho	5,40 m
Área total	178,20 m ²

c. Parcelas

Número de parcelas por bloque	4
Número total de parcelas	16
Largo de cada parcela	6,00 m
Ancho de cada parcela	5,40 m
Área de cada parcela	32,40 m ²

d. Características de las hileras

Número de hileras por bloque	4
Número de hileras por tratamiento	4
Distancia entre hileras	1,80 m
Distancia entre plantas	1,00 m

e. Características del bloque experimental

Número de plantas totales	40
Nº de plantas a evaluar por parcela	10

f. Características de la unidad experimental

Número de plantas totales	28
Nº de plantas a evaluar por parcela	10
Nº total de plantas a evaluar	160

3.6 Ejecución del experimento

3.6.1 Demarcación del área experimental

El experimento se realizó en una parcela ya instalada con la variedad `Colombia` de 2 años y 5 meses de edad. Se realizó un recorrido en todo el terreno para la elección del área experimental, tratando de que ésta sea representativa y con plantas homogéneas libres de plagas y enfermedades. Luego se marcaron las plantas correspondientes a cada tratamiento.

3.6.2 Muestreo del suelo

El muestro de suelo se efectuó al inicio del trabajo de investigación, en forma de zigzag en toda el área experimental, a una profundidad de 30 cm; se mezclaron uniformemente las submuestras obtenidas en una sola muestra representativa de 1 kilogramo, que fue llevada para su

análisis al laboratorio de suelos de la UNAS. Las muestras fueron tomadas debajo del área de proyección de la copa de la planta.

3.6.3 Muestreo de la macrofauna del suelo

El muestreo se realizó de acuerdo con la metodología del programa TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility, IUBS/UNESCO) (Anderson & Ingram, 1993; citados por LINARES, 2007), siendo modificado en el presente trabajo, colectándose una muestra de 25 x 25 x 15 cm en cada tratamiento a lo largo del bloque, haciendo un total de 4 muestras por bloque.

El muestreo se inició colocando el monolito (25 cm x 25 cm x 5 cm) dentro del área de muestreo que consistió en el área de aplicación de las fuentes de abono. Primero se recolectó la hojarasca, luego se prosiguió a tomar las otras tres submuestras (0-5 cm, 5-10 cm y 10-15 cm de profundidad), haciendo un total de 4 submuestras por punto de muestreo. Las submuestras obtenidas fueron colocadas en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas, para su evaluación en el laboratorio.

El primer muestreo se realizó antes de aplicar los tratamientos para tener los datos iniciales de densidad (individuos m^{-2}) y biomasa (gramos m^{-2}), luego se realizaron muestreos cada dos meses hasta el final de la cosecha sumando en total cinco evaluaciones incluyendo el muestreo inicial. Los muestreos se realizaron en plantas que no fueron evaluadas anteriormente, es decir, de las 10 plantas que estaban dentro del área neta de cada tratamiento fueron evaluadas cinco, una por vez.

3.6.4 Conteo y pesado de la macrofauna

En el laboratorio las submuestras fueron colocadas en bandejas y con la ayuda de una pinza se separaron los macroinvertebrados que fueron colocados en frasquitos con una solución de 75% de alcohol.

La macrofauna colectada tanto en el suelo como en la hojarasca fue contabilizada para determinar su densidad y luego fue pesada con la ayuda de una balanza analítica para obtener su biomasa. Tanto el conteo como el pesado de la macrofauna se hicieron por cada tratamiento y cada repetición.

3.6.5 Aplicación de las fuentes de abono

La aplicación de los tratamientos se realizó en la etapa de floración, a inicios de las primeras lluvias, después de realizar el muestreo de suelo y el primer muestreo de la macrofauna; se realizó una sola aplicación para todos los tratamientos incluyendo el fertilizante químico, debido a que los agricultores realizan mayormente una sola aplicación de fertilizantes y no en dos fraccionamientos como recomiendan los representantes de las empresas que brindan el asesoramiento. El modo de aplicación para todos los tratamientos fue en semicírculo, debajo de la proyección de la copa de la planta. La dosis de aplicación para el tratamiento T₁ (fertilización química) fue de 200 gramos por planta de la fórmula 200 N – 90 P₂O₅ – 200 K₂O, para una producción estimada de 50 qq/ha, donde la dosis aplicada representa el 80% de la dosis normal recomendada (250 gramos por planta); para los tratamientos T₂ (pulpa de café fresca) y T₃ (pulpa de café descompuesta) la dosis fue de 6

kilogramos por planta. Después de aplicar el fertilizante (T_1), éste fue cubierto con la hojarasca. El tratamiento T_0 (testigo), no recibió ninguna aplicación por lo que se consideró como testigo.

3.6.6 Control de malezas, plagas y enfermedades

El control de malezas se realizó manualmente. Para el control de plagas y enfermedades no se aplicó ningún producto.

3.6.7 Cosecha

La cosecha de las cerezas se realizó en forma selectiva y conforme los granos fueron madurando; estos granos fueron colocados en sacos de polipropileno debidamente identificados, para luego ser pesados.

En el experimento se realizó cuatro cosechas o “pasadas”: la primera cosecha “rebusque”, las dos siguientes cosechas “plena” y la última cosecha “raspa”.

3.7 Observaciones a registrar y metodología

3.7.1 Rendimiento de café pergamino seco

Para esta evaluación se cosechó de las 10 plantas de las parcelas netas de cada tratamiento, cuyas producciones fueron registradas en cada cosecha, conforme los granos de café fueron madurando. Al final de la cosecha se sumaron todas las cantidades que correspondían a cada parcela para tener un total de la producción de cereza en kg parcela^{-1} ; posteriormente

para los respectivos análisis estos resultados fueron convertidos en gabinete a café pergamino seco en kg parcela^{-1} y en kg ha^{-1} , dividiendo cada valor entre el factor de conversión de 4,71, obtenido en base a una relación promedio de la zona de 260 kg de café cereza a 55,2 kg de café pergamino seco.

3.7.2 Incidencia de la broca en frutos de la planta

La evaluación de la infestación inicial se realizó aproximadamente a los 120 días después de la floración, cuando los frutos se encontraban todavía en etapa de crecimiento, cuando empezaban a endurecerse, luego se realizó otra evaluación al final de la cosecha. Se evaluaron 10 plantas por tratamiento y repetición, se tomó al azar 10 frutos por planta, haciendo un total de 100 frutos por tratamiento. La fórmula utilizada para determinar la infestación de broca fue:

$$\% \text{ infestación} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ frutos brocados}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de frutos}} \times 100$$

3.7.3 Peso de 100 granos de café pergamino seco

Al final de cada cosecha se sacó al azar 100 granos de cereza de cada tratamiento; luego se determinó el peso en una balanza gravimétrica. Posteriormente para los respectivos análisis estos resultados fueron llevados en gabinete a café pergamino seco, dividiendo cada valor entre el factor de conversión de 4,71, obtenido en base a una relación promedio de la zona de 260 kg de café cereza a 55,2 kg de café pergamino seco.

3.7.4 Densidad de la macrofauna

Dado que para cada muestreo se utilizó un cuadrado de 25 x 25 cm, lo que representa $1/16 \text{ m}^2$, los datos de cada punto de muestreo fueron multiplicados por 16 para obtener las unidades de número de individuos por metro cuadrado (individuos m^{-2}) (Correia y Oliveira, 2000; citados por LINARES, 2007). Se realizaron cinco evaluaciones.

3.7.5 Biomasa de la macrofauna

Al igual que en la determinación de la densidad, los datos (pesos) de cada punto de muestreo fueron multiplicados por 16 para obtener las unidades de gramos por metro cuadrado (gramos m^{-2}) (Correia y Oliveira, 2000; citados por LINARES, 2007). Se realizaron cinco evaluaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de café pergamino seco

De los resultados del análisis de varianza (Cuadro 7) para el rendimiento de café pergamino seco, se deduce que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques, indicando de esta manera que el diseño utilizado fue el adecuado. Sin embargo, no se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos. Asimismo el coeficiente de variabilidad de 17,00 %, nos muestra que el 83,00% del factor rendimiento se debe al efecto de los tratamientos y el 17,00% se debe a otros factores.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de café pergamino seco.

F. de variación	GL	Cuadrados medios	Significación
Bloques	3	8,5881	AS
Tratamientos	3	1,8849	NS
Error experimental	9	0,8084	
Total	15		

C.V. = 17,00 %

AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

En el Cuadro 8 y Figura 2, la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) nos muestra que los rendimientos promedio de café pergamino seco fluctuaron entre 2 382,53 kg ha⁻¹ (43,16 qq/ha) y 3 207,06 kg ha⁻¹ (58,10 qq/ha), sin diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en el rendimiento de café pergamino seco.

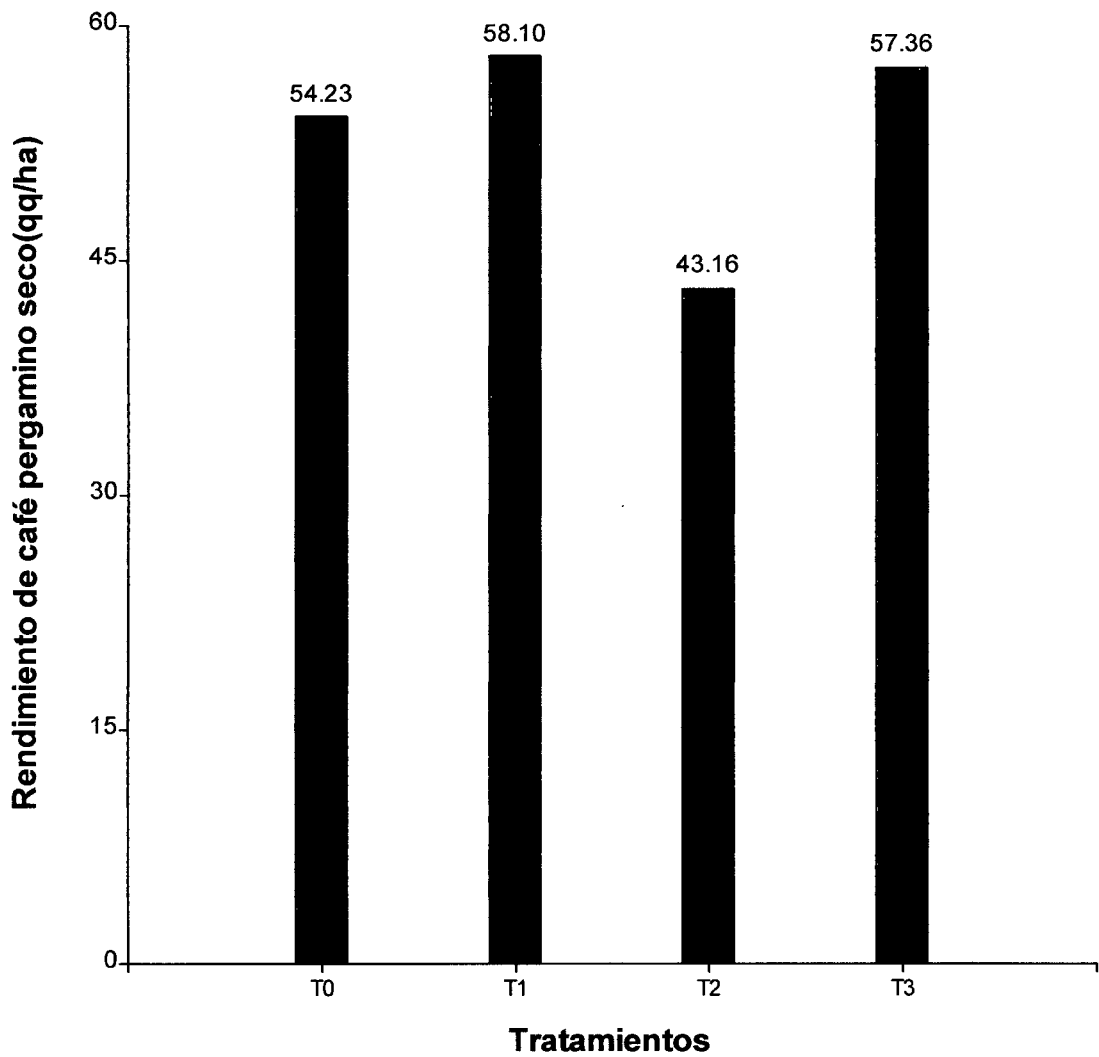
Tratamiento	Fuente	Rendimiento			
		(kg parcela ⁻¹) ^{1/}		(kg ha ⁻¹) ^{2/}	
T ₁	Fertilización química	5,77	a	3 207,06	a
T ₃	Pulpa descompuesta	5,70	a	3 166,52	a
T ₀	Testigo	5,39	a	2 993,48	a
T ₂	Pulpa fresca	4,29	a	2 382,53	a

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

^(1/) Kg parcela⁻¹ en 10 cafetos.

^(2/) Kg ha⁻¹ en 5 555 cafetos.

Los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas, debido posiblemente a la condición de mediana fertilidad del suelo, que no permitió obtener respuestas al abonamiento. Valente & Oliver (1993) citados por BENZING (2001) manifiestan que el efecto de la fertilización nitrogenada es tanto mayor, cuanto menor es el contenido de materia orgánica del suelo. Es importante tener en cuenta el historial donde se realizó el presente trabajo, donde se observa que en la campaña anterior (2006/2007) a todas las plantas se le aplicó un fertilizante compuesto (18% N – 8% P₂O₅ – 18% K₂O – 3% MgO – 9% S), que posiblemente pudo haber influenciado de alguna manera en los rendimientos de esta campaña (2007/2008), ya que normalmente los frutos se desarrollan en los nudos de la parte de la rama que se formó el año anterior (FIGUEROA *et al.*, 1996). Por ello se recomienda realizar el trabajo por varios años consecutivos para poder observar mejor los efectos de cada tratamiento.



Leyenda:

T0: Testigo

T1: Fertilización química

T2: Pulpa de café fresca

T3: Pulpa de café descompuesta

Figura 2. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de café pergamino seco.

Sin embargo, la fertilización química (T_1) produjo numéricamente el mayor rendimiento de café pergamino seco con 3 207,06 kg ha⁻¹ (58,10 qq/ha). Esto podría deberse a que pudo haber aumentado el peso de los granos de café, aumentando de esta manera el rendimiento por hectárea pero que no fue percibido por el análisis estadístico posiblemente porque el peso de los granos es sólo uno de los factores que influyen en el rendimiento. GONZÁLES (2007) menciona que la expresión completa del potencial o carga genética (desarrollo y producción) de un cultivo, depende de la oferta ambiental del lugar de siembra. Sin embargo VALENCIA (1998) menciona que este potencial no puede incrementarse con aplicación de altas dosis de fertilizantes, pero también menciona que si bien la producción de café no siempre se incrementa aumentando la cantidad de fertilizante aplicado cuando se ha alcanzado el potencial que permite la oferta ambiental, es también cierto que la reducción de la producción será evidente si se aplica menos fertilizante del requerido para cumplir con las necesidades de la oferta ambiental del lote o finca (producción histórica).

El rendimiento del tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) fue numéricamente inferior al del tratamiento T_1 (fertilización química), a pesar de haber aplicado 33,33 t/ha, tal como menciona SÁNCHEZ (2003) que los abonos orgánicos tienen que ser aplicados a tasas muy altas (como 20 000 – 40 000 kg ha⁻¹ por año) para compensar por el contenido bajo de nutrimentos y para suplir suficiente humus para mejorar la condición física del suelo. Esta inferioridad podría deberse a que la respuesta del cafeto a los abonos orgánicos no es inmediata, es decir, el cafeto requiere cierto tiempo para

aprovechar los abonos en su nutrición, que según FIGUEROA *et al.* (1996) este período se extiende entre los 25 y 60 días posteriores a la aplicación del abono, dependiendo de la humedad disponible en el suelo, de la presencia de lluvia o de la aplicación de riego. MENGEL & KIRKBY (1987) mencionan que los abonos orgánicos e inorgánicos difieren en cuanto a la disponibilidad de los nutrientes que contienen, donde los fertilizantes inorgánicos tienen los nutrientes directamente disponibles para las raíces de las plantas, mientras que los nutrientes de los orgánicos, especialmente el N orgánico, presentan a menudo, una baja disponibilidad. Por ello se podría decir que sus efectos (T_3) sobre el rendimiento posiblemente se reflejarán de mejor manera en la siguiente campaña. Sin embargo, el rendimiento del tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) guarda similitud con los rendimientos obtenidos en diversas investigaciones en campo con niveles de aplicación de abono de 30 tn/ha que arrojaron niveles de producción de 3 750 kg ha⁻¹ (67,93 qq/ha) de café pergamino seco en condiciones agroecológicas de buenos suelos y una favorable oferta ambiental (FISCHERSWORRING & ROSSKAMP, 2001), pero no coinciden con lo que menciona FIGUEROA (1984) que en la caficultura moderna por sí solos los abonos orgánicos no son suficientes para proveer de las cantidades requeridas para cosechas relativamente altas.

El rendimiento del tratamiento T_0 (testigo) que produjo 2 993,48 kg ha⁻¹ (54,23 qq/ha) de café pergamino seco, se debe posiblemente a que el suelo tuvo los nutrientes necesarios para poder producir dicha cantidad de café. Sin embargo es importante tener en cuenta lo que manifiesta ROSADO (2005), que el cultivo extrae una serie de macro y micro nutrientes durante el crecimiento y

en el proceso de formación de frutos, que cuando no se da una reposición de los nutrientes extraídos y exportados vía producto, el cafetal sufrirá un empobrecimiento paulatino de sus reservas, y con una limitada disponibilidad de nutrientes, el desarrollo del cultivo y la producción de frutos se verán seriamente afectados; entonces podría decirse que a pesar de haber obtenido en esta campaña (2007/2008) estos rendimientos de café pergamino seco con el tratamiento T₀ (testigo), el rendimiento de la siguiente campaña posiblemente se verá afectado debido a un crecimiento reducido de las ramas, las cuales presentarán un menor número de nudos, ya que normalmente los frutos se desarrollan en los nudos de la parte de la rama que se formó el año anterior (FIGUEROA *et al.*, 1996). FIGUEROA (1984) hace referencia sobre este punto, manifestando que el cafeto es una planta que tiene altos requerimientos de nutrientes minerales para producir cosechas rentables en forma sostenida año tras año.

El tratamiento T₂ (pulpa de café fresca) produjo 2 382,53 kg ha⁻¹ (43,16 qq/ha) de café pergamino seco, siendo numéricamente inferior al tratamiento T₀ (testigo). La disminución del rendimiento podría deberse a los efectos de las sustancias fitotóxicas que se producen durante la descomposición de abonos frescos, que pudieron haber causado un efecto inhibitor sobre las raíces, limitando posiblemente la absorción de agua y sales minerales por parte de la planta, ya que BENZING (2001) menciona que durante el proceso inicial de descomposición de los abonos frescos, el consumo de O₂, la producción de CO₂ y de ciertas sustancias fitotóxicas, afectan la germinación y el desarrollo radicular de las plantas. Bernal *et al.* (1998) citados por BENZING (2001)

manifiestan que uno de los compuestos fitotóxicos que se producen durante la descomposición de material orgánico, es el ácido acético. Sin embargo es importante tener en cuenta la relación C/N de la pulpa de café fresca (T_2) porque generalmente cuando se añade materia orgánica al suelo esta relación es muy alta (GIL, 1995), pudiendo haber afectado el rendimiento de este tratamiento debido a que posiblemente hubo una competencia por el nitrógeno disponible entre los organismos del suelo y la planta, ya que los microorganismos que descomponen la materia orgánica requieren de N para construir los bloques de proteínas en sus cuerpos y si la materia orgánica en descomposición tiene una alta relación C/N, es decir una baja cantidad de N, los microorganismos a cargo de la descomposición utilizan el N nativo del suelo y el N de los fertilizantes para formar las proteínas, inmovilizando en esta forma este nutriente y haciendo de esta manera más lenta la descomposición y la liberación del nitrógeno como amonio o nitrato (ZVALETA, 1992; INPOFOS, 1997).

Al comparar los resultados del presente trabajo con los rendimientos del país, todos los tratamientos superan el rendimiento promedio nacional que es de 15 qq/ha ó 690 kilogramos de café oro (MINAG, 2005; citado por ROSADO, 2005) y el rendimiento promedio de los productores orgánicos que es de 12 qq/ha ó 522 kilogramos de café oro (JNC, 2005; citado por ROSADO, 2005). Sin embargo si los comparamos con los rendimientos obtenidos en Colombia que superan los 100 qq/ha (CADENA, 1995) con la misma variedad, todos los rendimientos fueron inferiores a los de Colombia. Esta diferencia se debe según ROSADO (2005) a que los niveles de productividad del cafetal son el

resultado de un conjunto de factores interrelacionados, y dependen de las condiciones climáticas, la variedad sembrada, la edad del cultivo, la densidad de siembra, y del manejo agronómico.

4.2 Porcentaje de infestación de la broca

En el Cuadro 9, se observa los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la broca, donde no existe significación estadística entre bloques ni tratamientos, tanto a los 120 días después de la floración como al final de la cosecha. Asimismo los coeficientes de variabilidad de 35,24% y 31,30% nos muestran que el 64,76% y el 68,70% del factor porcentaje de infestación de la broca se deben al efecto de los tratamientos y el 35,24 % y 31,30 % se deben a otros factores.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el porcentaje de infestación de la broca (Datos transformados $\sqrt{x+1}$).

F. de Variación	GL	Cuadrados medios			
		120 días después de la floración	Sig.	Final de la cosecha	Sig.
Bloques	3	0,1987	NS	0,5305	NS
Tratamientos	3	0,2486	NS	0,2065	NS
Error experimental	9	0,1789		0,1729	
Total	15				
	C.V.	35,24 %		31,30 %	

NS: No existe significación estadística.

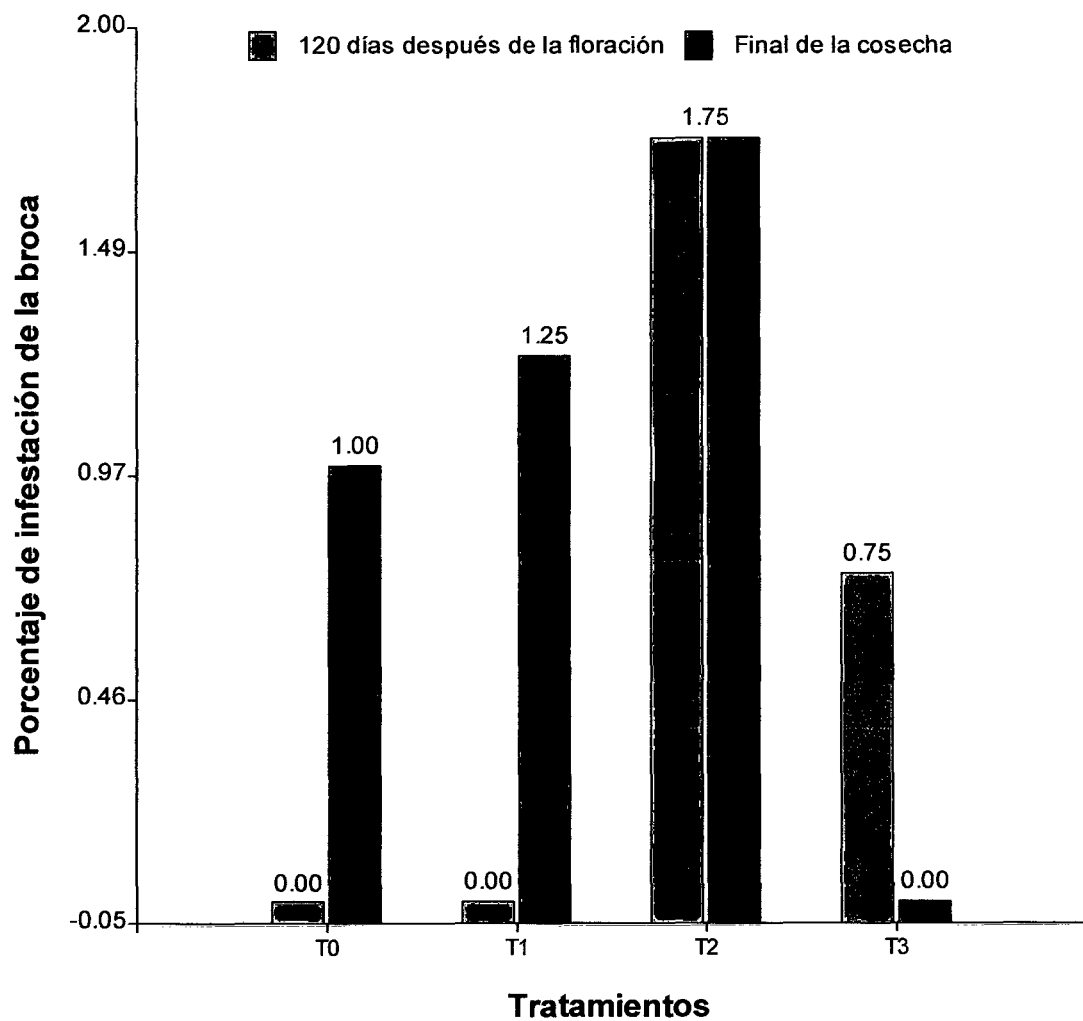
En el Cuadro 10 y Figura 3, la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) nos muestra que los porcentajes de infestación de la broca a los 120 días después de la floración y al final de la cosecha fluctuaron entre 0,00 y 1,75%, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos; pero el tratamiento T₂ (pulpa de café fresca) fue numéricamente superior a los otros tratamientos con 1,75% de infestación en ambos períodos. Es importante tener en cuenta el porcentaje de infestación de la broca en este tratamiento (T₂) porque posiblemente pudo haber afectado el rendimiento de café pergamino seco de dicho tratamiento, ya que fue el que produjo menos qq/ha, tal como mencionan García & Barrios (1999) citados por SCHULLER (2003) que las pérdidas se estiman en 30% del peso de cosecha en parcelas sin tratamientos para la broca.

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en el porcentaje de infestación de la broca.

Trat.	Fuente	% Infestación de la broca					
		120 días después de la floración			Final de la cosecha		
T ₂	Pulpa fresca	1,75	(1,52) ^{1/}	a	1,75	(1,52) ^{1/}	a
T ₃	Pulpa descompuesta	0,75	(1,29)	a	0,00	(1,00)	a
T ₁	Fertilización química	0,00	(1,00)	a	1,25	(1,43)	a
T ₀	Testigo	0,00	(1,00)	a	1,00	(1,37)	a

^(1/) Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.



Leyenda:

T0: Testigo

T1: Fertilización química

T2: Pulpa de café fresca

T3: Pulpa de café descompuesta

Figura 3. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de infestación de la broca.

A los 120 días después de la floración, el tratamiento T₂ (pulpa de café fresca) y el tratamiento T₃ (pulpa de café descompuesta) fueron los únicos que presentaron ataque por causa de la broca. Giordenango *et al.* (1993) & Mathieu *et al.* (1997) citados por SCHULLER (2003), mencionan que las hembras fecundadas emergen en horas de la tarde en busca de frutos maduros en los cuales oviponen y que se orientan por estímulos olfatóricos y visuales; podría decirse entonces que el olor de la pulpa fresca y la pulpa descompuesta pudo haber atraído a las brocas, ocasionando que los frutos de estos tratamientos sí sean atacados, coincidiendo de esta manera con lo que mencionan FIGUEROA *et al.* (1996) que no se debe regar la pulpa fresca al cafetal como una manera de disminuir la infestación por esta plaga.

Al final de la cosecha, se observa que el tratamiento T₃ (pulpa de café descompuesta) ya no presenta ataque por broca, esto podría deberse a que estas plantas posiblemente fueron menos atractivas para las brocas debido a que el abono dejó de liberar ciertos olores a medida que fue descomponiéndose (BENZING, 2001). Sin embargo se observa que los tratamientos T₁ (fertilización química) y T₀ (testigo) sí presentan daños causados por la broca cuando en la primera evaluación (120 días después de la floración) no presentaron ningún ataque, esto podría deberse a que posiblemente las brocas al detectar frutos sanos en las plantas de estos tratamientos, pudieron haber volado hacia ellas para poder infestarlas, ya que Bartra *et al.* (1982) citados por KAQUI (2003) mencionan que las hembras después de fecundadas abandonan los frutos dañados y van en busca de frutos sanos para ovipositar. Esto también pudo haber influenciado de alguna

manera a que el tratamiento T₃ (pulpa descompuesta) no presente ningún ataque de broca en esta etapa.

Teniendo en cuenta el porcentaje de infestación de todos los tratamientos, éstos no superan el umbral económico que para la broca es del 5% (ICAFE, 1989, citado por SCHULLER, 2003), lo que demuestra que muy aparte de la influencia de las fuentes de nutrientes utilizadas y a que no se aplicó ningún producto para controlar esta plaga, las labores agronómicas realizadas fueron las adecuadas para mantener las poblaciones de broca por debajo de estos niveles (5%). A ello también se suma posiblemente la influencia de la altitud del área donde se realizó el trabajo de investigación (1 240 msnm), ya que según FIGUEROA (1984) el grado de infestación de la broca es menor sobre los 1 200 msnm.

4.3 Peso de 100 granos de café pergamino seco

En el Cuadro 11, se observa los resultados del análisis de varianza para el peso de 100 granos de café pergamino seco, donde existe alta significación estadística tanto entre bloques, indicando de esta manera que el diseño utilizado fue el adecuado, y entre tratamientos. Asimismo el coeficiente de variabilidad de 2,11% nos muestra que el 97,89% del factor peso de 100 granos de café pergamino seco se debe al efecto de los tratamientos y el 2,11% se debe a otros factores.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso de 100 granos de café pergamino seco.

F. de variación	GL	Cuadrados medios	Significación
Bloques	3	3,7107	AS
Tratamientos	3	5,0573	AS
Error experimental	9	0,3002	
Total	15		

C.V. = 2,11 %

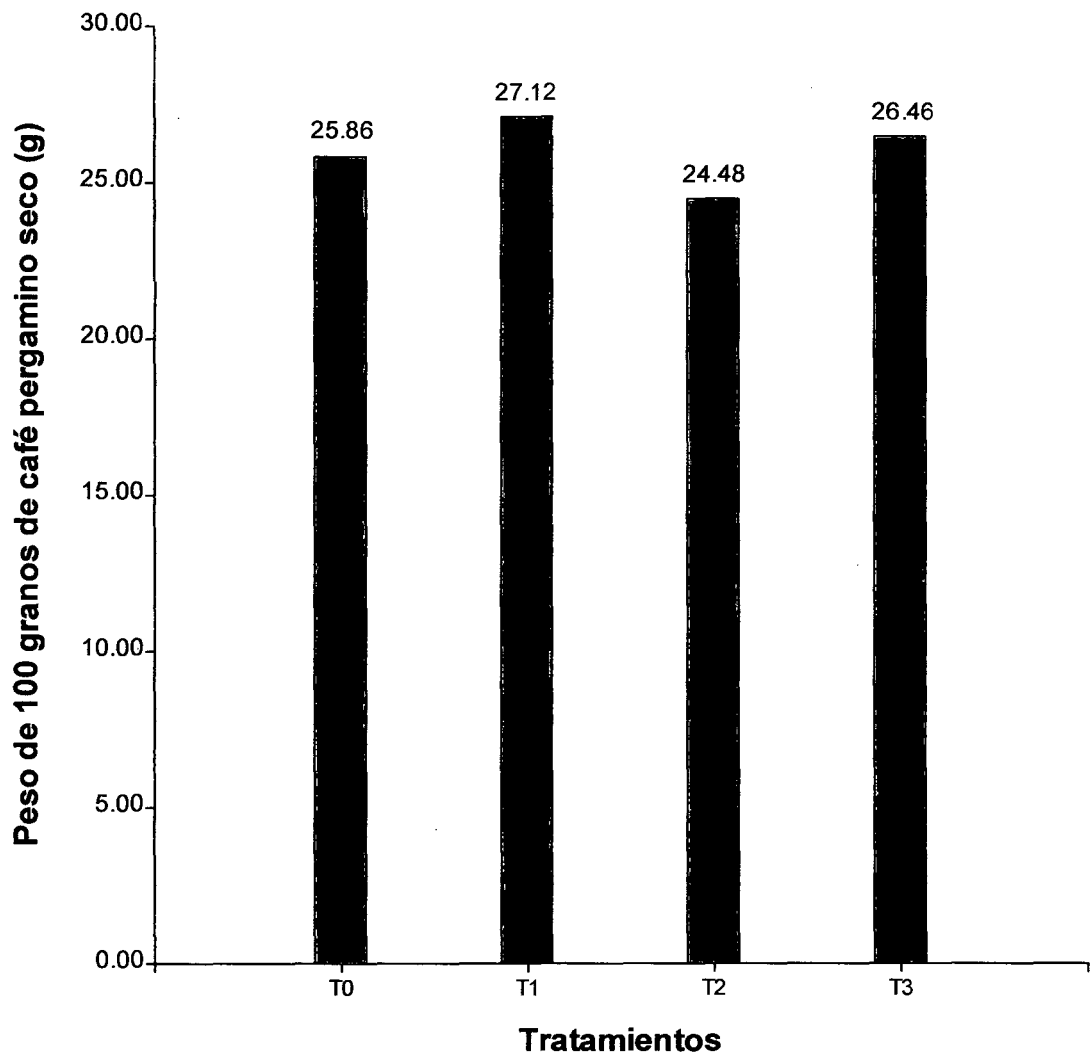
AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

En el Cuadro 12 y Figura 4, la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) nos muestra que el mayor peso de 100 granos de café pergamino seco correspondió al tratamiento T_1 (fertilización química), pero no se diferenció estadísticamente del tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta), pero sí de los tratamientos T_0 (testigo) y T_2 (pulpa de café fresca) quienes obtuvieron menores pesos.

Cuadro 12. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en el peso de 100 granos de café pergamino seco.

Tratamiento	Fuente	Peso de 100 granos de café pergamino seco (g)	
T_1	Fertilización química	27,12	a
T_3	Pulpa descompuesta	26,46	a b
T_0	Testigo	25,86	b
T_2	Pulpa fresca	24,48	c

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.



Leyenda:

T0: Testigo

T1: Fertilización química

T2: Pulpa de café fresca

T3: Pulpa de café descompuesta

Figura 4. Efecto de los tratamientos en el peso de 100 granos de café pergamino seco.

El tratamiento T_1 (fertilización química) obtuvo el mayor peso de 100 granos de café pergamino seco con 27,12 gramos, mas no difiere estadísticamente del tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) con 26,46 gramos; esto podría deberse a que ambos tratamientos proporcionaron los nutrientes requeridos en uno de los momentos de mayor absorción por parte de la planta, ya sea en la etapa de floración (T_1) debido a que presentó los nutrientes más disponibles para la planta permitiendo que los aproveche en menor tiempo, o en la etapa de llenado de grano (T_3) debido a que se requiere de cierto tiempo para aprovechar los nutrientes del abono orgánico que según FIGUEROA *et al.* (1996) se extiende entre los 25 y 60 días posteriores a la aplicación del abono.

En el tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) el peso de 100 granos de café pergamino seco fue de 26,46 gramos, que no se diferenció estadísticamente del tratamiento T_0 (testigo) con 25,86 gramos, pero sí del tratamiento T_2 (pulpa de café fresca) con 24,48 gramos. Esto podría deberse a que el tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) posiblemente no proporcionó adecuadamente los nutrientes requeridos por la planta en la primera etapa de mayor absorción que es en la floración (CASTAÑEDA, 1997), pero sí en la etapa de llenado de grano, el cual pudo haber determinado la diferencia numérica entre ambos tratamientos.

El tratamiento T_2 (pulpa de café fresca) obtuvo el menor peso de 100 granos de café pergamino seco, esto podría deberse a que la fuente utilizada posiblemente no pudo aportar los nutrientes requeridos por la planta en las

etapas de mayor absorción, ya sea en la floración o en el llenado de grano (CASTAÑEDA, 1997), debido a que antes de ser aplicado no pasó por un previo proceso de descomposición que según CASTAÑEDA (2000) debería ser de unos tres meses, para que los nutrientes que contiene sean transformados a su forma inorgánica y puedan ser absorbidas por las plantas. RAMÍREZ *et al.* (2002) manifiestan que a los 90 días después del pico de floración, todos los elementos excepto el potasio, han sido consumidos en un 50 % del requisito total de los frutos.

4.4 Densidad y biomasa de la macrofauna

En el Cuadro 13, se observa el análisis de varianza para la densidad de la macrofauna, donde para bloques sólo existió diferencias estadísticas significativas antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses), indicando de esta manera que el diseño utilizado fue el adecuado; para tratamientos sólo hubo diferencias estadísticas significativas a los cuatro meses después de la aplicación de las fuentes de abono. Asimismo los coeficientes de variabilidad de 7,98% (0 meses), 8,91% (2 meses), 6,28% (4 meses), 5,15% (6 meses) y 9,72% (8 meses) nos muestran que el 92,02%, 91,09%, 93,72%, 94,85% y el 90,28% del factor densidad de la macrofauna se deben al efecto de los tratamientos y el 7,98%, 8,91%, 6,28%, 5,15% y 9,72% se deben a otros factores.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la densidad de la macrofauna. Datos transformados Log (x + 1).

		Cuadrados medios									
Fuente de variación	GL	Meses después de la aplicación									
		0 meses ^{1/} (Octubre)	Sig.	2 meses (Diciembre)	Sig.	4 meses (Febrero)	Sig.	6 meses (Abril)	Sig.	8 meses (Junio)	Sig.
Bloques	3	0,1707	S	0,0317	NS	0,0856	NS	0,0186	NS	0,0253	NS
Tratamientos	3	0,0339	NS	0,0641	NS	0,1517	S	0,0175	NS	0,0320	NS
Error experimental	9	0,0432		0,0652		0,0333		0,0228		0,0687	
Total	15										
	C.V.	7,98 %		8,91 %		6,28 %		5,15 %		9,72 %	

^{1/} Antes de la aplicación de los tratamientos.

NS: No existe significación estadística.

S: Significación estadística al 5% de probabilidad.

En el Cuadro 14, se observa el análisis de varianza para la biomasa de la macrofauna, donde no existen diferencias estadísticas significativas para bloques ni para tratamientos. Asimismo los coeficientes de variabilidad de 24,96% (0 meses), 26,96% (2 meses), 31,66% (4 meses), 16,26% (6 meses) y 37,52% (8 meses) nos muestran que el 75,04%, 73,04%, 68,34%, 83,74% y el 62,48% del factor biomasa de la macrofauna se deben al efecto de los tratamientos y el 24,96%, 26,96%, 31,66%, 16,26% y 37,52% se deben a otros factores.

En el Cuadro 15, la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) nos muestra que las densidades de la macrofauna fluctuaron durante las cinco evaluaciones entre 408 individuos m^{-2} y 1 280 individuos m^{-2} , donde sólo se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los cuatro meses después de la aplicación de tratamientos, en los cuales el tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) obtuvo la mayor densidad de macrofauna con 1 280 individuos m^{-2} , comportándose estadísticamente igual al tratamiento T_0 (testigo) y al tratamiento T_2 (pulpa de café fresca) con 1 036 individuos m^{-2} y 996 individuos m^{-2} respectivamente; el tratamiento T_1 (fertilización química) difirió estadísticamente de todos los tratamientos y es quién ostenta la menor densidad de macrofauna con 452 individuos m^{-2} .

Cuadro 14. Análisis de varianza para la biomasa de la macrofauna. Datos transformados Log (x + 1).

		Cuadrados medios									
Fuente de variación	GL	Meses después de la aplicación									
		0 meses ^{1/} (Octubre)	Sig.	2 meses (Diciembre)	Sig.	4 meses (Febrero)	Sig.	6 meses (Abril)	Sig.	8 meses (Junio)	Sig.
Bloques	3	0,2537	NS	0,1559	NS	0,0600	NS	0,0307	NS	0,2253	NS
Tratamientos	3	0,0548	NS	0,0809	NS	0,0516	NS	0,0061	NS	0,3105	NS
Error experimental	9	0,1076		0,1203		0,2149		0,0689		0,1378	
Total	15										
	C.V.	24,96 %		26,96 %		31,66 %		16,26 %		37,52 %	

^{1/} Antes de la aplicación de los tratamientos.

NS: No existe significación estadística.

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el efecto de los tratamientos en la densidad de la macrofauna.

		Densidad de la macrofauna (individuos m ⁻²)									
Trat.	Fuente	Meses después de la aplicación									
		0 meses ^{1/}		2 meses		4 meses		6 meses		8 meses	
		(Octubre)		(Diciembre)		(Febrero)		(Abril)		(Junio)	
T ₀	Testigo	444	(2,48) ^{2/} a	924	(2,91) a	1 036	(3,00) a	1 044	(3,00) a	408	(2,57) a
T ₁	Fertilización química	508	(2,70) a	596	(2,77) a	452	(2,63) b	740	(2,86) a	660	(2,77) a
T ₂	Pulpa fresca	456	(2,63) a	1 272	(3,02) a	996	(2,92) a	1 052	(2,98) a	624	(2,72) a
T ₃	Pulpa descompuesta	476	(2,61) a	616	(2,76) a	1 280	(3,07) a	788	(2,89) a	556	(2,73) a

^{1/} Antes de la aplicación de los tratamientos.

^{2/} Datos transformados Log (x + 1).

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

En el Cuadro 16, la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) nos muestra que las biomásas de la macrofauna fluctuaron durante las cinco evaluaciones entre 4,87 gramos m^{-2} y 55,00 gramos m^{-2} , donde sólo se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a los ocho meses después de la aplicación de tratamientos, en los cuales el tratamiento T_1 (fertilización química) obtuvo la mayor biomasa (23,30 gramos m^{-2}) diferenciándose numéricamente mas no estadísticamente de los tratamientos T_2 (pulpa de café fresca) con 14,88 gramos m^{-2} y T_3 (pulpa de café descompuesta) con 11,08 gramos m^{-2} ; el tratamiento T_0 (testigo) difirió estadísticamente de los otros tratamientos, y es el que ostenta la menor biomasa (4,87 gramos m^{-2}).

Los tratamientos durante las cinco evaluaciones no presentaron diferencias estadísticas significativas para la densidad ni para la biomasa de la macrofauna, excepto a los cuatro (densidad) y a los ocho meses (biomasa) después de la aplicación de los tratamientos. Esto podría deberse a la disponibilidad de alimento que encontró la macrofauna (3,1% de materia orgánica) y a la textura media del suelo (Cuadro 4) ya que según Guild (1948) citado por BENZING (2001) una textura mediana del suelo es óptima para la mayoría de las especies. BENITES (2008) menciona que la cantidad de organismos está determinada por la disponibilidad de alimentos como la materia orgánica, los cultivos presentes, la cantidad y calidad de residuos en la superficie, la humedad y temperatura del suelo, textura, aireación, etc.

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto de los tratamientos en la biomasa de la macrofauna.

		Biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²)														
Trat.	Fuente	Meses después de la aplicación														
		0 meses ^{1/}		2 meses		4 meses		6 meses		8 meses						
		(Octubre)		(Diciembre)		(Febrero)		(Abril)		(Junio)						
T ₀	Testigo	24,26	(1,15) ^{2/}	a	20,75	(1,30)	a	34,96	(1,52)	a	45,26	(1,60)	a	4,87	(0,59)	b
T ₁	Fertilización química	25,47	(1,39)	a	27,32	(1,41)	a	38,87	(1,59)	a	39,60	(1,56)	a	23,30	(1,23)	a
T ₂	Pulpa fresca	22,76	(1,32)	a	20,13	(1,08)	a	32,19	(1,33)	a	52,22	(1,65)	a	14,88	(1,08)	a b
T ₃	Pulpa descompuesta	24,77	(1,40)	a	25,22	(1,35)	a	55,00	(1,42)	a	43,84	(1,64)	a	11,08	(1,07)	a b

^{1/} Antes de la aplicación de los tratamientos.

^{2/} Datos transformados Log (x + 1).

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

A los cuatro meses después de la aplicación de los tratamientos, el tratamiento T₁ (fertilización química) es el que ostentó la menor densidad de macrofauna con 452 individuos m⁻² (Cuadro 15). Esto podría deberse posiblemente a los efectos tóxicos de los residuos de los fertilizantes, ya que HUAMÁN (2005) menciona que la aplicación excesiva de fertilizantes minerales produce la contaminación de los suelos, debido a que las plantas no consumen el total del producto depositado, dejando residuos químicos en la superficie del suelo y afectando considerablemente a los microorganismos y al resto de la fauna del suelo. A los ocho meses después de la aplicación de los tratamientos, el tratamiento T₁ (fertilización química) es el que ostentó la mayor biomasa de macrofauna con 23,30 gramos m⁻² (Cuadro 16), lo que podría deberse a la mayor presencia de lombrices dentro de las pocas especies que se encontraron en este tratamiento posiblemente por los efectos tóxicos de los fertilizantes minerales, donde las lombrices al presentar individualmente mayor peso que la mayoría de organismos en el suelo (Berry, 1993 y Wood, 1995; citados por BENZING, 2001), hizo que este tratamiento obtenga la mayor biomasa de macrofauna en este período. Didden *et al.* (1997) citados por BENZING (2001) mencionan que muchas veces se reduce la diversidad de especies pero aumenta la población total de algunas, posiblemente porque disminuye la competencia por otros organismos.

Es importante tener en cuenta el efecto que pudo haber tenido la precipitación (Cuadro 3) sobre la densidad y biomasa de la macrofauna durante el desarrollo del trabajo, ya que generalmente se observa que a medida que aumentó o disminuyó la precipitación también aumentó o disminuyó en cierta

forma la densidad y la biomasa de la macrofauna, pudiéndose decir entonces que existe una cierta relación entre ambos factores. En el Cuadro 15 y 16 podemos observar cómo fue variando tanto la densidad y la biomasa de la macrofauna durante todo el período de evaluación, donde al octavo mes se puede observar con mayor claridad que tanto la densidad y biomasa de la macrofauna como la precipitación disminuyeron notablemente respecto al sexto mes. Esto coincide con lo que menciona SÁNCHEZ (2003) que la actividad biológica se reduce o se detiene si el suelo se torna muy frío o excesivamente seco y que el número de microorganismos, la fauna edáfica, la temperatura y la humedad cambian con las estaciones.

Estos resultados tienen cierta relación con lo que mencionan García & Chamorro (1994) citados por BENZING (2001) que en los Andes muchos grupos de animales del suelo incrementan su población al inicio de la época lluviosa, para disminuir en la época seca y en momentos donde el suelo está saturado con agua. Cavalier & Peñuela (1990) citados por BENZING (2001) realizaron un trabajo para comparar las densidades de lombrices de un bosque nublado y un bosque seco de la serranía de Macuira en Colombia, donde encontraron 64 lombrices m^{-2} en el bosque nublado pero ninguna en el bosque seco. Sin embargo señalan que además de la humedad, el pH del suelo puede explicar buena parte de las variaciones entre ambos lugares.

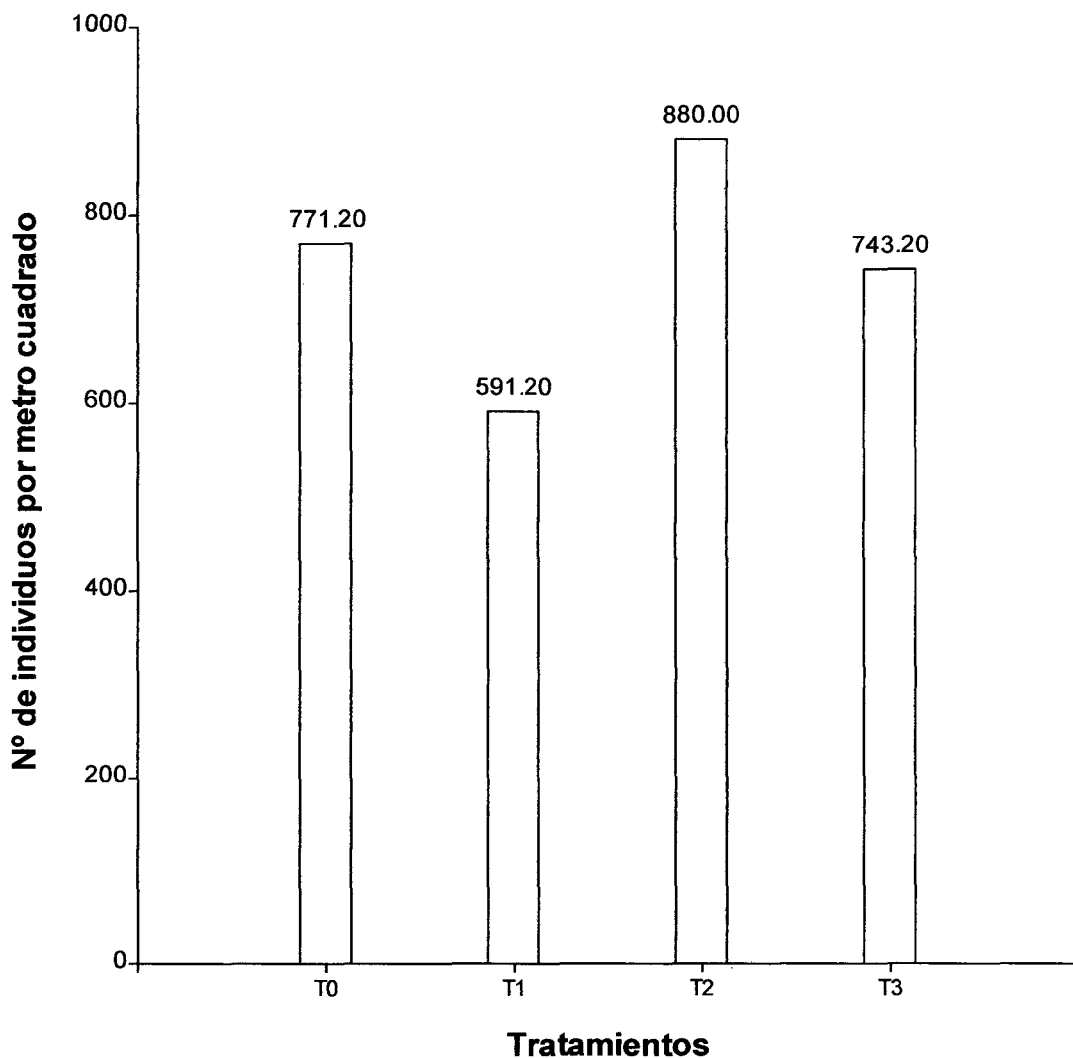
Sin embargo si tenemos en cuenta las densidades promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones (Figura 5), el tratamiento T₂ (pulpa de café fresca) fue el que obtuvo numéricamente la mayor densidad de

macrofauna con 880 individuos m^{-2} , lo que podría deberse a que se estimuló la vida en el suelo al incorporarse abono orgánico fresco, fomentando de esta manera una mayor cantidad y diversidad de organismos (SÁNCHEZ, 2003). BENZING (2001) menciona que el abono orgánico influye positivamente sobre la materia orgánica, la actividad biológica y sobre la fauna del suelo, y que cuanto más fresco es el abono orgánico, tanto más contribuye a la actividad biológica del suelo.

Al comparar los tratamientos (Figura 5) donde se utilizó la pulpa de café, el tratamiento T₃ (pulpa de café descompuesta) obtuvo una densidad promedio menor (743,20 individuos m^{-2}) que el tratamiento T₂ (pulpa de café fresca). Esto podría deberse a que el tratamiento T₃ (pulpa de café descompuesta) fue quizás al inicio menos atractiva para los organismos debido a que pasó por un previo proceso de descomposición, ya que Bernal *et al.* (1998) citados por BENZING (2001) mencionan que la madurez de un compost se define a parte de la ausencia de sustancias fitotóxicas por la reducción de la actividad biológica. Sin embargo es importante tener en cuenta que la pulpa de café descompuesta presentaba algunas partículas medianas relativamente duras al momento de aplicarla, que posiblemente pudo haber dificultado la labor de los organismos.

El tratamiento T₁ (fertilización química) ostenta la menor densidad promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones con 591,20 individuos m^{-2} , lo que podría deberse a los efectos tóxicos que tienen los fertilizantes minerales sobre los organismos del suelo (SÁNCHEZ, 2003). Estos

resultados también tienen cierta relación con un trabajo realizado en los Llanos Orientales de Colombia por Decaëns *et al.* (1994) citados por BENZING (2001), quienes manifiestan que los cultivos intensivos, con fuertes aplicaciones de agroquímicos, redujeron casi a cero las poblaciones de la macrofauna.



Leyenda:

T0: Testigo

T1: Fertilización química

T2: Pulpa de café fresca

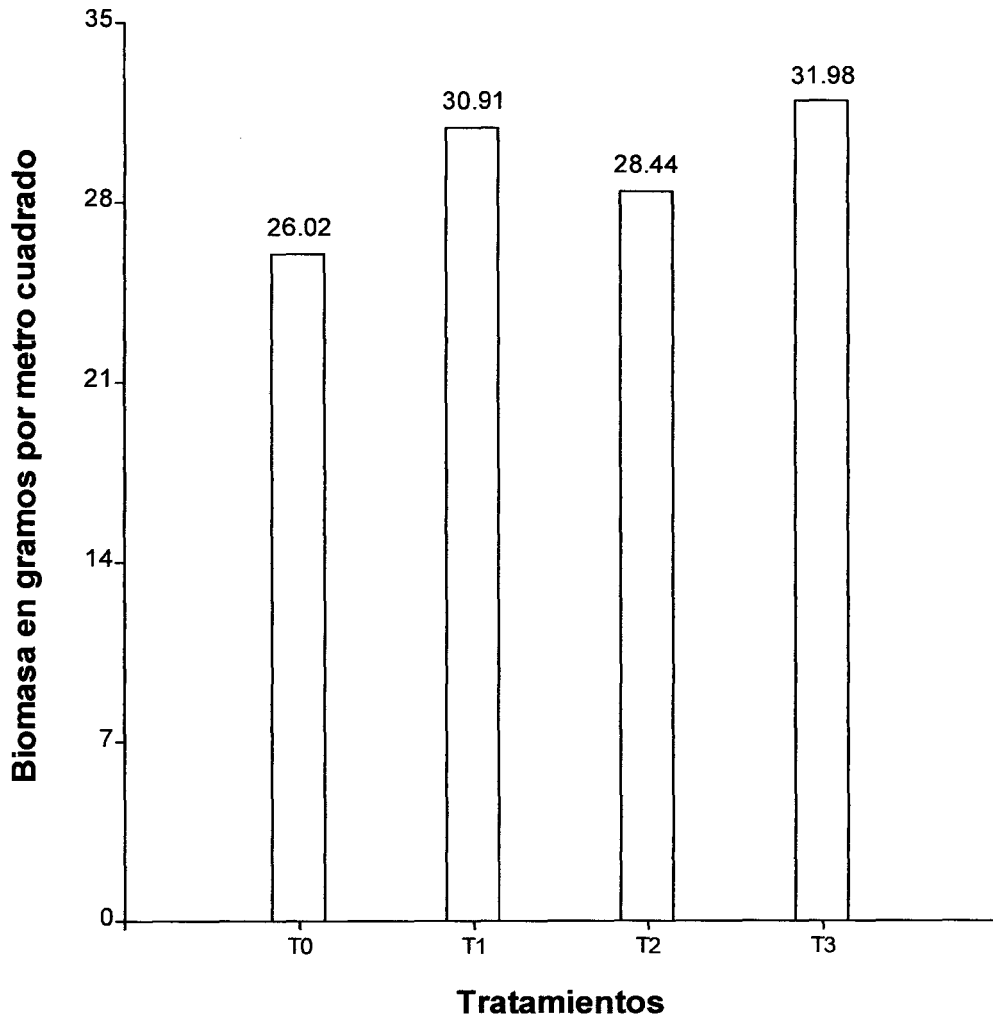
T3: Pulpa de café descompuesta

Figura 5. Efecto de los tratamientos en la densidad promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones.

En cuanto a la biomasa promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones (Figura 6) el tratamiento T₃ (pulpa de café descompuesta) obtuvo numéricamente la mayor biomasa con 31,98 gramos m⁻², a pesar de no haber obtenido numéricamente la mayor densidad promedio. Esto podría deberse a que presentó una mayor cantidad de lombrices durante las cinco evaluaciones comparado a los demás tratamientos que posiblemente permitieron obtener una mayor biomasa, tal como lo mencionan Berry (1993) y Wood (1995) citados por BENZING (2001) que las lombrices constituyen la mayor parte de la biomasa animal en muchos suelos, aunque sus poblaciones pueden variar considerablemente entre 0 y 1 300 individuos m⁻², es decir de 0 a 300 gramos m⁻².

El tratamiento T₂ (pulpa de café fresca) a pesar de haber obtenido numéricamente la mayor densidad promedio de macrofauna durante las cinco evaluaciones no obtuvo la mayor biomasa promedio (Figura 6), lo que podría deberse al aumento de la diversidad de organismos, dentro de las cuales también se encuentran los predadores por las condiciones adecuadas que encontraron en este tratamiento como la disponibilidad de alimento, humedad, etc., donde estos predadores posiblemente se alimentaron de las lombrices o de sus huevos, disminuyendo así su densidad y por ende la biomasa promedio de este tratamiento, ya que las lombrices como se mencionó anteriormente son las que constituyen la mayor parte de la biomasa animal en muchos suelos. SÁNCHEZ (2003) menciona que los escarabajos, moscas, ácaros, gorgojos, babosas, etc., compiten con las lombrices en el consumo del material

alimenticio y alteran las condiciones del medio y que las hormigas y los ratones se comen a las lombrices.



Leyenda:

T0: Testigo

T1: Fertilización química

T2: Pulpa de café fresca

T3: Pulpa de café descompuesta

Figura 6. Efecto de los tratamientos en la biomasa promedio de la macrofauna durante las cinco evaluaciones.

4.5 Análisis económico

El Cuadro 17, muestra el análisis económico realizado a los tratamientos en estudio donde se observa que el mayor índice de rentabilidad fue obtenido por el tratamiento T₀ (testigo) con 3,62 debido a los menores costos de producción y al rendimiento alcanzado de café pergamino seco (2 993.47 kg ha⁻¹). Este valor indicaría que por cada nuevo sol de inversión, se obtendría una ganancia de 3,62 nuevos soles, es decir aproximadamente el 362 %.

El segundo mejor tratamiento en lo que respecta al índice de rentabilidad, correspondió al tratamiento T₁ (fertilización química) con 2,15 debido a que obtuvo el mayor rendimiento de café pergamino seco con 3 207,06 kg ha⁻¹. El tratamiento T₂ (pulpa de café fresca) obtuvo uno de los menores índices de rentabilidad con un valor 2,07 debido al bajo rendimiento de café pergamino seco, seguido del tratamiento T₃ (pulpa de café descompuesta) quien ostenta el menor índice de rentabilidad con un valor de 1,62 debido al mayor costo de producción.

Cuadro 17. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio en el cultivo de café en la campaña 2007/2008.

Clave	Costo de producción (S/.)				Inversión Total	Rendimiento de cps (kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto (S/.)	Utilidad (S/.)	Relación B/C	Índice de rentabilidad
	Mano de obra	Insumos	Cosecha	Beneficio						
T ₀	352,00	45,00	3 493,93	0,00	3 890,93	2 993,47	17 960,82	14 069,89	4,62	3,62
T ₁	484,00	1 885,00	3 743,37	0,00	6 112,37	3 207,06	19 242,36	13 129,99	3,15	2,15
T ₂	1 166,00	711,60	2 781,30	0,00	4 658,90	2 382,53	14 295,18	9 636,28	3,07	2,07
T ₃	1 166,00	2 378,10	3 695,54	0,00	7 239,64	3 166,52	18 999,12	11 759,48	2,62	1,62

Utilidad neta = Ingreso bruto – Inversión total

Relación beneficio/costo = Ingreso bruto / Inversión total

Índice de rentabilidad = Utilidad / Inversión total

Precio de 1 kg de café pergamino seco = S/. 6,00

Cps: Café pergamino seco

Leyenda:

T₀: Testigo

T₁: Fertilización química

T₂: Pulpa de café fresca

T₃: Pulpa de café descompuesta

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento T_1 (fertilización química) produjo el más alto rendimiento de café pergamino seco y el menor rendimiento lo obtuvo el tratamiento T_2 (pulpa de café fresca), sin embargo no se diferenciaron estadísticamente, siendo el peso de los granos la característica que influyó sobre el rendimiento.
2. El tratamiento T_2 (pulpa de café fresca) determinó la mayor densidad promedio de macrofauna y el tratamiento T_1 (fertilización química) la menor densidad promedio de macrofauna.
3. El tratamiento T_3 (pulpa de café descompuesta) determinó la mayor biomasa promedio de macrofauna y el tratamiento T_0 (testigo) la menor biomasa promedio de macrofauna.
4. El tratamiento T_0 (testigo) y el tratamiento T_1 (fertilización química) fueron más rentables con índices de rentabilidad de 3,62 y 2,15 respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la investigación en campañas continuas, por lo menos cinco campañas para sacar mejores conclusiones.
2. Repetir el trabajo realizando la aplicación de los fertilizantes químicos en dos fraccionamientos.
3. Realizar las evaluaciones del crecimiento vegetativo, para observar los efectos de las fuentes de abono en la siguiente campaña.
4. Identificar la macrofauna encontrada en cada tratamiento, ya que varían mucho de acuerdo a las fuentes utilizadas.

VII. RESUMEN

De Octubre 2007 a Julio del 2008, se llevó a cabo el presente experimento en la localidad de Cedropampa en el distrito de Villa Rica a 1 240 msnm, con temperatura promedio de 20,3°C y precipitación acumulada de 1 429,4 mm, con la finalidad de evaluar el efecto de la pulpa de café y la fertilización química en el rendimiento y en la macrofauna edáfica del cultivo de café, y obtener información sobre el análisis económico. El experimento fue instalado en un suelo coluvial de fertilidad media. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (BCA) con cuatro bloques y cuatro tratamientos; los tratamientos y los momentos de aplicación fueron: T₀ (testigo), T₁ (fertilización química) en el período de floración, T₂ (pulpa de café fresca) en el período de floración y T₃ (pulpa de café descompuesta) en el período de floración.

Los resultados mostraron que el tratamiento T₁ produjo el más alto rendimiento de café pergamino seco con 3 207,06 kg ha⁻¹ no diferenciándose estadísticamente del tratamiento T₂ que ostentó el más bajo rendimiento con 2 382,53 kg ha⁻¹. La característica que influenció en el rendimiento de café pergamino seco fue el peso de los granos. El tratamiento T₂ determinó la mayor densidad promedio de macrofauna y el tratamiento T₁ la menor densidad promedio. El tratamiento T₃ determinó la mayor biomasa promedio de macrofauna y el tratamiento T₀ la menor biomasa promedio. El mejor índice de rentabilidad se obtuvo con el T₀ (testigo) con 3,62 seguido del T₁ con 2,15.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. BENITES, J. 2008. Evaluación visual del suelo. *In*: XI Congreso Nacional y IV Internacional de la ciencia del suelo. Tarapoto, Perú. p. 165-182.
2. BENZING, A. 2001. Agricultura orgánica. Villingen-Schwenningen, Alemania, Neekar-Verlag. 682 p.
3. CADENA, G. 1995. La investigación científica de la federación nacional de cafeteros de Colombia y la productividad de las plantaciones de café. *Revista Cafetera de Colombia*. 1(204):15-55.
4. CASTAÑEDA, E. 1997. Manual técnico cafetalero. Perú, TECNATROP S.R.L. 164 p.
5. CASTAÑEDA, E. 2000. El ABC del café. Lima, Perú, TECNATROP S.R.L. 181 p.
6. CENICAFE. 2000. La variedad Colombia. Chinchiná - Caldas (Colombia). Boletín técnico N° 22. 32 p.
7. CICAFFE. 1992. Centro de Investigación en Café. Herediz, Costa Rica, Instituto del Café de Costa Rica. 18 p.
8. FIGUEROA, R. 1984. La caficultura en el Perú. Servicio de copias S.A. Lima, Perú. 202 p.
9. FIGUEROA, R., FISCHERSWORRING, B. & ROSSKAMP, R. 1996. Guía para la caficultura ecológica. Novella Publigráf S.R.L. Lima, Perú, 171 p.

10. FISCHERSWORRING, B. & ROSSKAMP, R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3 ed. Editorial López. Lima, Perú. 153 p.
11. GIL, F. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. P. Madrid, España. 250-251.
12. GONZALES, H. 2007. Ecofisiología del cultivo del café. *In*: Diplomado de cultivos industriales tropicales de café, cacao y palma aceitera; Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 191 p.
13. HUAMÁN, H. 2005. Recuperación de tierras agrícolas. Ediciones CITAEPRA. Huancayo, Perú. 80 p.
14. INPOFOS. 1997. Manual Internacional de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute. Quito, Ecuador. 144 p.
15. KAKUI, L. 2003. Relaciones de crianza de *Hypothenemus hampei* Ferr. y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem. en condiciones de laboratorio. Informe de Prácticas Pre-Profesionales Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 53 p.
16. LINARES, D. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el Parque Nacional Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 49 p.
17. MENGEL, K. & KIRKBY, E. 1987. Principios de nutrición vegetal. Basel, Suiza, Internacional Potash Institute. p. 316-342.

18. MISTI. 2009. Productos compuestos. [En línea]: Misti Fertilizantes, (http://www.misti.com.pe/home.asp?pgTmp=pag_MenuProd2.htm, 21 Julio 2009).
19. RAMÍREZ, F., BERTSCH, F., MORA, L. 2002. Consumo de nutrientes de los frutos y bandolas de café caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Turrialba, Costa Rica. *Informaciones agronómicas*. Quito, Ecuador. N° 50: 7-12.
20. REÁTEGUI, H. 2009. Efecto de los sistemas de uso en los macro invertebrados bajo cinco condiciones en el distrito de Rupa Rupa. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 64 p.
21. ROSADO, L. 2005. Caracterización de la producción de café orgánico en Perú. Junta Nacional del Café. Lima, Perú. 210 p.
22. SACCACO, R. 2009. Influencia de bioestimulantes en la inducción floral y el rendimiento del cafeto (*Coffea arabica* L.) variedad 'Caturra rojo' en Villa Rica. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 112 p.
23. SÁNCHEZ, C. 2003. Abonos orgánicos y lombricultura. Ediciones Ripalme. Lima, Perú. 136 p.
24. SÁNCHEZ, J. 1982. Efectos de la aplicación de cal, fósforo y potasio en la producción de café (*Coffea arabica* L.) Var. 'Caturra'. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 88 p.

25. SCHULLER, S. 2003. La problemática fitosanitaria del cultivo del cafeto en el Perú. Junta Nacional del Café. Lima, Perú. p. 20-21.
26. VALENCIA, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Instituto de la potasa y el fósforo. Quito, Ecuador. 61 p.
27. ZAVALETA, A. 1992. Edafología. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima, Perú. 223 p.

IX. ANEXO

Cuadro 18. Análisis de la pulpa de café fresca y descompuesta.

Componentes	Pulpa fresca	Pulpa descompuesta
pH	7,40	6,80
Humedad (%)	16,00	7,44
Materia seca (%)	84,00	92,56
Nitrógeno (%)	2,30	2,40
Fósforo (%)	0,17	0,18
Potasio (%)	2,20	2,40
Calcio (%)	1,18	1,20
Magnesio (%)	0,81	0,80
Sodio (%)	0,90	0,91

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad Nacional Agraria de la Selva (2007).

Cuadro 19. Rendimiento de café cereza por parcela (kg).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	22,24	18,90	13,31	24,55	78,99
II	21,89	23,57	18,96	13,50	77,92
III	24,53	31,27	21,23	28,07	105,10
IV	32,87	35,03	27,30	41,29	136,50
Σ	101,53	108,77	80,81	107,40	398,50
X	25,38	27,19	20,20	26,85	99,63

Cuadro 20. Datos originales del porcentaje de infestación de la broca a los 120 días después de la floración.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00
III	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
IV	0,00	0,00	6,00	1,00	7,00
Σ	0,00	0,00	7,00	3,00	10,00
X	0,00	0,00	1,75	0,75	2,50

Cuadro 21. Porcentaje de infestación de la broca a los 120 días después de la floración, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
II	1,00	1,00	1,00	1,73	4,73
III	1,00	1,00	1,41	1,00	4,41
IV	1,00	1,00	2,65	1,41	6,06
Σ	4,00	4,00	6,06	5,14	19,20
X	1,00	1,00	1,52	1,29	4,80

Cuadro 22. Datos originales del porcentaje de infestación de la broca al final de la cosecha.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00
II	2,00	0,00	1,00	0,00	3,00
III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IV	2,00	3,00	6,00	0,00	11,00
Σ	4,00	5,00	7,00	0,00	16,00
X	1,00	1,25	1,75	0,00	4,00

Cuadro 23. Porcentaje de infestación de la broca al final de la cosecha, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1,00	1,73	1,00	1,00	4,73
II	1,73	1,00	1,41	1,00	5,14
III	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
IV	1,73	2,00	2,65	1,00	7,38
Σ	5,46	5,73	6,06	4,00	21,25
X	1,37	1,43	1,52	1,00	5,31

Cuadro 24. Peso de 100 granos de cereza (g).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	243,50	263,50	241,50	262,00	1 010,50
II	257,00	265,00	236,00	252,00	1 010,00
III	238,50	247,50	219,50	247,00	952,50
IV	235,50	246,00	225,50	236,00	943,00
Σ	974,50	1 022,00	922,50	997,00	3 916,00
X	243,63	255,50	230,63	249,25	979,00

Cuadro 25. Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m⁻²) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	128	496	288	256	1 168
II	160	528	320	208	1 216
III	1 120	432	672	560	2 784
IV	368	576	544	880	2 368
Σ	1 776	2 032	1 824	1 904	7 536
X	444	508	456	476	1 884

Cuadro 26. Densidad de la macrofauna (individuos m⁻²) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses), datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	2,11	2,70	2,46	2,41	9,68
II	2,21	2,72	2,51	2,32	9,76
III	3,05	2,64	2,83	2,75	11,27
IV	2,57	2,76	2,74	2,95	11,02
Σ	9,94	10,82	10,54	10,43	41,73
X	2,48	2,70	2,63	2,61	10,43

Cuadro 27. Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m⁻²)
2 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	784	544	1 904	592	3 824
II	1 648	512	352	288	2 800
III	864	624	1 024	672	3 184
IV	400	704	1 808	912	3 824
Σ	3 696	2 384	5 088	2 464	13 632
X	924	596	1 272	616	3 408

Cuadro 28. Densidad de la macrofauna (individuos m⁻²) 2 meses después de
la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	2,89	2,74	3,28	2,77	11,68
II	3,22	2,71	2,55	2,46	10,94
III	2,94	2,80	3,01	2,83	11,58
IV	2,60	2,85	3,26	2,96	11,67
Σ	11,65	11,10	12,10	11,02	45,87
X	2,91	2,77	3,02	2,76	11,47

Cuadro 29. Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m⁻²)
4 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	752	224	432	1 680	3 088
II	832	512	544	608	2 496
III	1 376	608	1 072	1 776	4 832
IV	1 184	464	1 936	1 056	4 640
Σ	4 144	1 808	3 984	5 120	15 056
X	1 036	452	996	1 280	3 764

Cuadro 30. Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados $\text{Log}(x + 1)$.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	2,88	2,35	2,64	3,23	11,10
II	2,92	2,71	2,74	2,78	11,15
III	3,14	2,78	3,03	3,25	12,20
IV	3,07	2,67	3,29	3,02	12,05
Σ	12,01	10,51	11,70	12,28	46,50
X	3,00	2,63	2,92	3,07	11,63

Cuadro 31. Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1 648	576	608	784	3 616
II	832	800	1 840	800	4 272
III	784	928	1 088	976	3 776
IV	912	656	672	592	2 832
Σ	4 176	2 960	4 208	3 152	14 496
X	1 044	740	1 052	788	3 624

Cuadro 32. Densidad de la macrofauna (individuos m^{-2}) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados $\text{Log}(x + 1)$.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	3,22	2,76	2,78	2,89	11,65
II	2,92	2,90	3,27	2,90	11,99
III	2,89	2,97	3,04	2,99	11,89
IV	2,96	2,82	2,83	2,77	11,38
Σ	11,99	11,45	11,92	11,55	46,91
X	3,00	2,86	2,98	2,89	11,73

Cuadro 33. Datos originales de la densidad de la macrofauna (individuos m⁻²)
8 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	656	608	1 008	432	2 704
II	272	864	352	416	1 904
III	496	256	896	512	2 160
IV	208	912	240	864	2 224
Σ	1 632	2 640	2 496	2 224	8 992
X	408	660	624	556	2 248

Cuadro 34. Densidad de la macrofauna (individuos m⁻²) 8 meses después de
la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	2,82	2,78	3,00	2,64	11,24
II	2,44	2,94	2,55	2,62	10,55
III	2,70	2,41	2,95	2,71	10,77
IV	2,32	2,96	2,38	2,94	10,60
Σ	10,28	11,09	10,88	10,91	43,16
X	2,57	2,77	2,72	2,73	10,79

Cuadro 35. Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²)
antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	0,55	13,01	19,15	17,65	50,36
II	14,64	39,53	21,83	20,52	96,52
III	53,37	27,36	41,40	32,65	154,78
IV	28,48	21,97	8,65	28,25	87,35
Σ	97,04	101,87	91,03	99,07	389,01
X	24,26	25,47	22,76	24,77	97,25

Cuadro 36. Biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) antes de la aplicación de los tratamientos (0 meses), datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	0,19	1,15	1,30	1,27	3,91
II	1,19	1,61	1,36	1,33	5,49
III	1,74	1,45	1,63	1,53	6,35
IV	1,47	1,36	0,98	1,47	5,28
Σ	4,59	5,57	5,27	5,60	21,03
X	1,15	1,39	1,32	1,40	5,26

Cuadro 37. Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 2 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	12,53	21,54	34,24	8,86	77,17
II	28,57	11,88	3,35	16,08	59,88
III	12,44	32,65	2,38	43,31	90,78
IV	29,47	43,23	40,55	32,64	145,89
Σ	83,01	109,30	80,52	100,89	373,72
X	20,75	27,32	20,13	25,22	93,43

Cuadro 38. Biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 2 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1,13	1,35	1,55	0,99	5,02
II	1,47	1,11	0,64	1,23	4,45
III	1,13	1,53	0,53	1,65	4,84
IV	1,48	1,65	1,62	1,53	6,28
Σ	5,21	5,64	4,34	5,40	20,59
X	1,30	1,41	1,08	1,35	5,15

Cuadro 39. Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	52,27	45,31	2,55	22,39	122,52
II	30,41	47,25	28,41	10,74	116,81
III	15,42	36,24	27,13	178,25	257,04
IV	41,72	26,69	70,67	8,61	147,69
Σ	139,82	155,49	128,76	219,99	644,06
X	34,96	38,87	32,19	55,00	161,02

Cuadro 40. Biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 4 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1,73	1,67	0,55	1,37	5,32
II	1,50	1,68	1,47	1,07	5,72
III	1,22	1,57	1,45	2,25	6,49
IV	1,63	1,44	1,86	0,98	5,91
Σ	6,08	6,36	5,33	5,67	23,44
X	1,52	1,59	1,33	1,42	5,86

Cuadro 41. Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	14,06	74,34	28,81	34,45	151,66
II	39,54	24,08	58,67	65,30	187,59
III	59,73	28,05	99,76	40,43	227,97
IV	67,69	31,93	21,65	35,18	156,45
Σ	181,02	158,40	208,89	175,36	723,67
X	45,26	39,60	52,22	43,84	180,92

Cuadro 42. Biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 6 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1,18	1,88	1,47	1,55	6,08
II	1,61	1,40	1,78	1,82	6,61
III	1,78	1,46	2,00	1,62	6,86
IV	1,84	1,52	1,36	1,56	6,28
Σ	6,41	6,26	6,61	6,55	25,83
X	1,60	1,56	1,65	1,64	6,46

Cuadro 43. Datos originales de la biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 8 meses después de la aplicación de los tratamientos.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	10,27	49,89	23,21	7,76	91,13
II	8,24	28,49	4,56	10,58	51,87
III	0,19	11,63	27,42	9,95	49,19
IV	0,78	3,20	4,33	16,03	24,34
Σ	19,48	93,21	59,52	44,32	216,53
X	4,87	23,30	14,88	11,08	54,13

Cuadro 44. Biomasa de la macrofauna (gramos m⁻²) 8 meses después de la aplicación de los tratamientos, datos transformados Log (x + 1).

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Σ
I	1,05	1,71	1,38	0,94	5,08
II	0,97	1,47	0,75	1,06	4,25
III	0,07	1,10	1,45	1,04	3,66
IV	0,25	0,62	0,73	1,23	2,83
Σ	2,34	4,90	4,31	4,27	15,82
X	0,59	1,23	1,08	1,07	3,96

Cuadro 45. Presupuesto para el mantenimiento de una hectárea de café,
campaña cafetalera 2007/2008 en Villa Rica.

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Valor (s/).	Frecuencia	Parcial (s/.)	Total (s/.)
Mano de obra:						
Manejo de sombra						
T ₀	Jornal	1,00	22,00	1,00	22,00	
T ₁	Jornal	1,00	22,00	1,00	22,00	
T ₂	Jornal	1,00	22,00	1,00	22,00	
T ₃	Jornal	1,00	22,00	1,00	22,00	
Control de malezas						
T ₀	Jornal	5,00	22,00	3,00	330,00	
T ₁	Jornal	5,00	22,00	3,00	330,00	
T ₂	Jornal	5,00	22,00	3,00	330,00	
T ₃	Jornal	5,00	22,00	3,00	330,00	
Fertilización/abonamiento						
T ₀	Jornal	0,00	22,00	0,00	0,00	
T ₁	Jornal	6,00	22,00	1,00	132,00	
T ₂	Jornal	37,00	22,00	1,00	814,00	
T ₃	Jornal	37,00	22,00	1,00	814,00	
Insumos agrícolas:						
Fertilizantes/abonos						
T ₀	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
T ₁	Saco	23,00	75,00	1,00	1 725,00	
T ₂	Kilogramos	33 330,00	0,00	1,00	0,00	
T ₃	kilogramos	33 330,00	0,05	1,00	1 666,50	
Transporte de insumos						
T ₀	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
T ₁	Saco	23,00	5,00	1,00	115,00	
T ₂	Kilogramos	33 330,00	0,02	1,00	666,60	
T ₃	Kilogramos	33 330,00	0,02	1,00	666,60	
Materiales y equipos						
T ₀	Unidad	3,00	15,00	1,00	45,00	
T ₁	Unidad	3,00	15,00	1,00	45,00	
T ₂	Unidad	3,00	15,00	1,00	45,00	
T ₃	Unidad	3,00	15,00	1,00	45,00	
Recolección de cosecha:						
Cosecha						
T ₀	Kilogramos	14 099,70	0,24	1,00	3 383,93	
T ₁	Kilogramos	15 105,71	0,24	1,00	3 625,37	
T ₂	Kilogramos	11 222,07	0,24	1,00	2 693,30	
T ₃	Kilogramos	14 914,76	0,24	1,00	3 579,54	
Materiales y otros						
T ₀	Saco (60 kg)	55,00	1,50	1,00	82,50	
T ₁	Saco (60 kg)	59,00	1,50	1,00	88,50	
T ₂	Saco (60 kg)	44,00	1,50	1,00	66,00	
T ₃	Saco (60 kg)	58,00	1,50	1,00	87,00	

Transporte café a beneficio

T ₀	Saco (60 kg)	55,00	0,50	1,00	27,50
T ₁	Saco (60 kg)	59,00	0,50	1,00	29,50
T ₂	Saco (60 kg)	44,00	0,50	1,00	22,00
T ₃	Saco (60 kg)	58,00	0,50	1,00	29,00

Costo por tratamiento

T ₀					3 890,93
T ₁					6 112,37
T ₂					4 658,90
T ₃					7 239,64

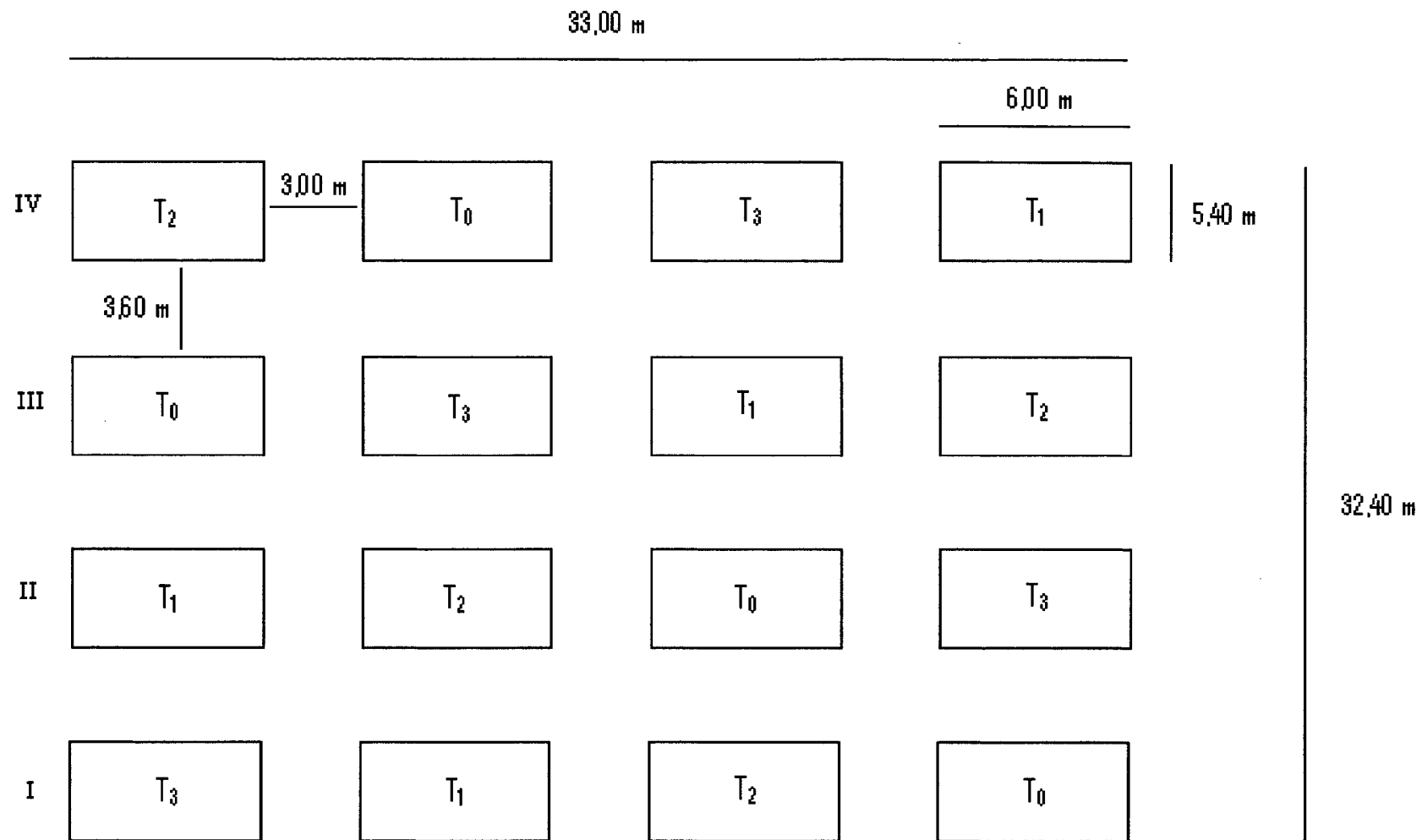
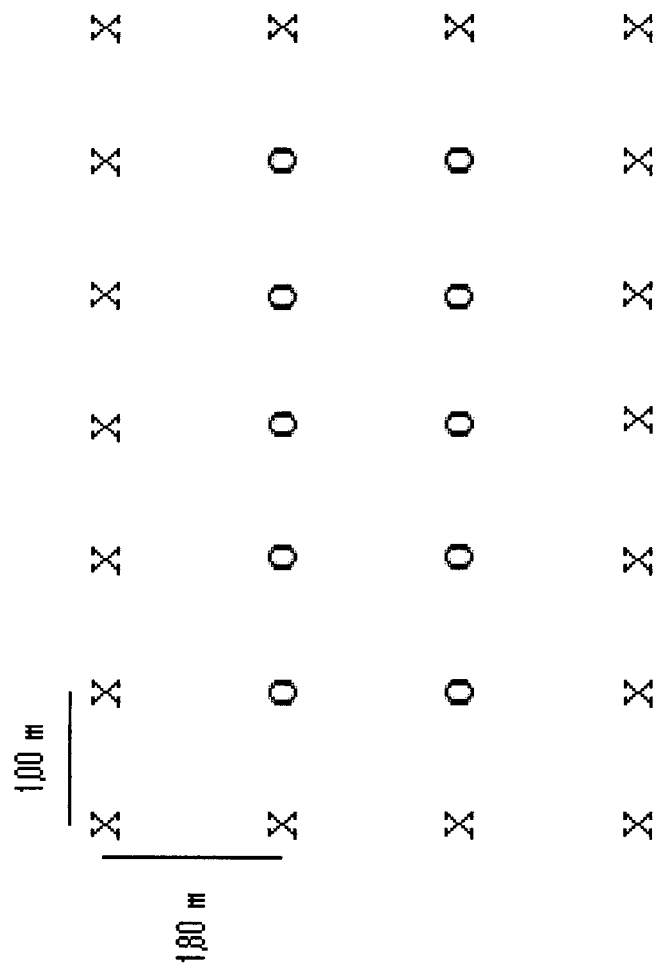


Figura 7. Croquis del campo experimental.



LEYENDA	
O	Plantas evaluadas
X	Plantas no evaluadas

Figura 8. Detalle de la parcela experimental.



Figura 9. Visita del Ing. Jorge Luis Adriazola Del Águila.



Figura 10. Visita del Ing. Luis Mansilla Minaya.



Figura 11. Pulpa de café descompuesta (al aire libre).



Figura 12. Pulpa de café fresca (planta de beneficio).



Figura 13. Muestreo de la macrofauna con el monolito (25 x 25 x 5 cm.).



Figura 14. Aplicación de los tratamientos.



Figura 15. Separación y conteo de la macrofauna (individuos m^{-2}).



Figura 16. Pesado de la macrofauna (gramos m^{-2}).



Oligochaeta



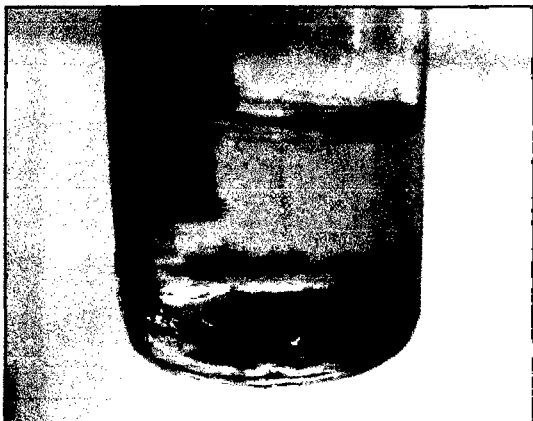
Diplopoda



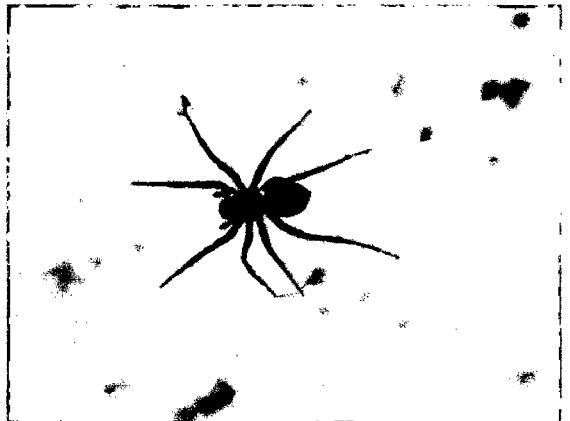
Hymenoptera



Pseudoescorpionidae



Isópoda



Aranea

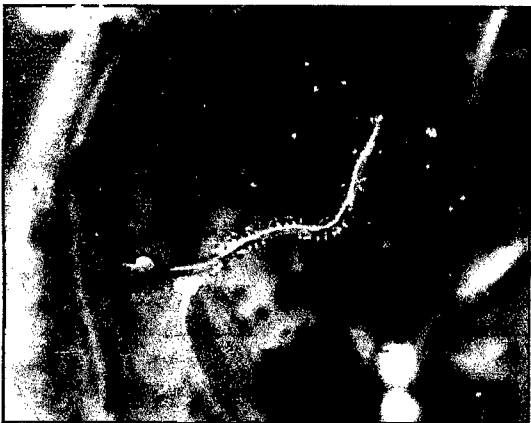
Figura 17. Unidades encontradas en los diferentes tratamientos.



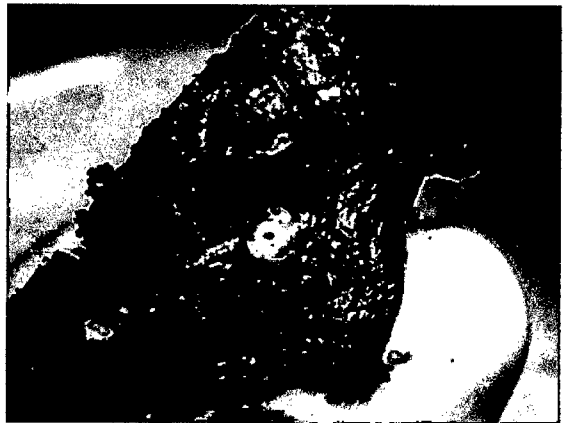
Dermaptera



Enchytraeido



Chilopoda



Gasteropoda



Coleoptera



Larvas

Figura 18. Unidades encontradas en los diferentes tratamientos.