

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**TESIS DE GRADO**

PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetia*)

ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES

EN LA COMUNIDAD DE TRINIDAD PAMPA - CORIPATA

Milenka Rojas Peña

La Paz – Bolivia

2005

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Agronomía  
Carrera de Ingeniería Agronómica

PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA  
(*Eisenia foetia*), ELABORADO CON DIFERENTES  
SUSTRATOS VEGETALES EN LA COMUNIDAD DE  
TRINIDAD PAMPA – CORIPATA

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título de  
Ingeniero en Agronomía

Milenka Rojas Peña

**Tutor (es)**

Ing. M.Sc Jorge Pacuali Cabrera .....

Ing. Roberto Miranda Casas .....

**Comité Revisor:**

Ing. Eliseo Quino .....

D Vladimir Orsag .....

Ing. Moisés Quiroga .....

**APROBADA**

Vice decano:

M.Sc. Félix Rojas Ponce .....

*Con mucho cariño  
para mis padres Abdón e Irene  
y mi hermano Ramón*

# Agradecimientos

1. La formación que brinda la Facultad de Agronomía es la base en el desempeño durante la elaboración de la tesis y el principio de la carrera profesional, por ello, quiero agradecer a su personal docente, ya que despertaron mi interés y amor a la carrera.
2. Quiero agradecer a los ingenieros: Jorge Pascuali y Roberto Miranda, por brindarme su amistad y su tiempo en el asesoramiento del documento presentado.
3. También a los ingenieros: Eliseo Quino, Moisés Quiroga y Vladimir Orsag, por brindarme su experiencia y conocimientos en las revisiones realizadas.
4. Agradezco a la institución de Fe y Alegría por permitirme realizar esta investigación en el Internado rural Yatiqañ Uta (Casa del Saber). En especial al Coordinador de la Micro Región de Fe y Alegría, por confiar en mi propuesta de investigación.
4. También quiero manifestar mi gratitud a las hermanas Digna, Josefina, Montserrat, Marcela, Pabla y Tida de Congregación Compañía de María por brindarme su amistad y confianza para la difusión del presente trabajo.
5. También quiero agradecer a los estudiantes del Internado Rural Yatiqañ Uta, por abrirme las puertas de sus vidas, su realidad y brindarme su amistad. En especial a los primeros estudiantes que con entusiasmo y dedicación se introdujeron en el aprendizaje de la lombricultura, ellos son: Carmen, Fernando, Henry, Heidi, Iver, Iván, Mariela, Noel, Sandibel y a todos los estudiantes que se fueron integraron al grupo "Las Lombrices".
6. Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, a mis tías: Lucy, Vicky, y mis primos Carlos, Judith y Luly.
7. Por último a Erick, Ivlin y Yassmin y a mi querido Fer.

# Índice

	Página
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Resumen	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Introducción</b>	
<b>1.1 Objetivos</b>	<b>4</b>
1.1.1 Objetivo General	5
1.1.2 Objetivos Específicos	5
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Marco Teórico</b>	
<b>2.1 La materia orgánica</b>	<b>7</b>
2.1.1 Características químicas de los abonos de origen animal	8
2.1.2 Factores de mineralización	8
2.1.2.1 Relación C/N desde el punto de vista de aplicación al suelo	9
<b>2.2 La Lombricultura</b>	<b>9</b>
2.2.1 La lombriz roja californiana	10
2.2.2 Humus de lombriz	11
2.2.2.1 Características del humus de lombriz	11
<b>2.3 Instalaciones para la crianza de lombrices</b>	<b>12</b>
2.3.1 Lombricario	12
2.3.1.1 Cunas, cúmulos, literas o lechos	12
2.3.1.2 Orientación adecuada	13
a) Viento	13
b) Luz	13
2.3.2 Sanidad de las lombrices	14
2.3.2.1 Enemigos de las lombrices	14
<b>2.4 Alimentación</b>	<b>15</b>
2.4.1 Materiales vegetales	15
2.4.1.1 Hojas de plátano ( <i>Musa sp</i> )	15
2.4.1.2 Pulpa de café ( <i>Coffea</i> )	16
2.4.1.3 Hojas de siquili ( <i>Inga adenophylla</i> )	16
2.4.2 Proceso de compostización	17
2.4.2.1 Fases del compostaje	18
a) Mesófila	18
b) Termófila	18
c) Enfriamiento	18
d) Maduración	18
2.4.2.2 Parámetros que intervienen en el proceso de compostización	19
a) pH	19
b) Temperatura	19

c) Humedad	20
d) Aireación	20
2.4.2.3 Relación C/N	20
2.4.2.4 Comprobación de alimento	21
2.4.2.5 Sistema de siembra	21
<b>2.5 Condiciones ambientales para el desarrollo de las lombriz roja</b>	<b>22</b>
2.5.1 Temperatura	22
2.5.2 pH	23
2.5.3 Humedad	23
2.5.4 Aireación	24
<b>2.6 Reproducción y peso de la lombriz roja</b>	<b>24</b>
2.6.1 Reproducción	24
2.6.2 Peso de la lombriz	25
<b>2.7 Producción y calidad de humus</b>	<b>25</b>
2.7.1 Producción de humus de lombriz	25
2.7.2 Calidad de humus	26
2.7.2.1 Contenido de nutrientes en el humus de lombriz	27
2.7.2.2 pH de humus de lombriz	28
2.7.2.3 Dosis de empleo de humus de lombriz	28
<b>2.8 Costos de producción</b>	<b>29</b>
2.8.1 Medidas de producción	29
2.8.1.1 Beneficio bruto	29
2.8.1.2 Beneficio neto	29
2.8.1.3 Índice de retribución a los factores productivos	30
2.8.1.4 Rentabilidad de inversión	30
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Materiales y Métodos</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Localización</b>	<b>31</b>
3.1.1 Características climáticas	32
3.1.2 Fisiografía	32
3.1.3 Suelos	33
3.1.4 Características de la vegetación	34
<b>3.2 Materiales</b>	<b>36</b>
3.2.1 Material biológico, de campo y de laboratorio	36
3.2.1.1 Material biológico	36
3.2.1.2 Material de campo	36
3.2.1.3 Material de laboratorio	36
<b>3.3 Metodología</b>	<b>37</b>
3.3.1 Primera fase	38
3.3.1.1 Área de estudio	38
3.3.1.2 Diseño experimental	38
3.3.1.3 Croquis experimental	39
3.3.1.4 Material de construcción (Cañihueca silvestre)	40
3.3.1.5 Construcción del lombricario	41
3.3.1.6 Construcción de cunas de cañihueca (carrizo)	41
a) Instalación de cunas	42
3.3.1.7 Construcción de cubiertas	43

3.3.1.8	Construcción del área de compostización	43
3.3.2	Segunda fase	44
3.3.2.1	Determinación del tiempo de descomposición de los diferentes materiales	44
	a) Hojas de plátano	44
	b) Pulpa de café	45
	c) Hojas de siquili	46
3.3.2.2	Proceso de aclimatación de la lombriz roja californiana	47
	a) Comprobación del alimento	48
	b) Sistema de siembra	48
3.3.3	Tercera fase	49
3.3.3.1	Evaluación del desarrollo adecuado de la lombriz roja californiana	49
	a) Temperatura	49
	b) pH	49
	c) Humedad	49
	d) Aireación	50
3.3.3.2	Reproducción de lombrices rojas californianas	50
	a) Número de cocones por tratamiento	50
	b) Número de lombrices nacidas por cocón	50
	c) Número de lombrices juveniles	51
	d) Número de lombrices adultas (edad reproductiva)	51
3.3.3.3	Peso de lombrices	51
3.3.4	Cuarta fase	51
3.3.4.1	Cosecha de lombrices	51
	a) Análisis químico de humus producido	52
	b) Difusión de la crianza de lombrices y producción de humus	52
3.3.4.2	Costos de producción de humus producido	53
	a) Ingreso bruto	53
	b) Margen bruto	53
	c) Ingreso neto	54
	d) Rentabilidad de inversión	54
	e) Índice de retribución a los factores productivos relación beneficio-coste	54
<b>Capítulo 4</b>		
<b>Resultados y Discusiones</b>		<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Determinación del tiempo de descomposición</b>	<b>55</b>
4.1.1	Análisis químico inicial de relación carbono nitrógeno (C/N)	55
4.1.2	pH	56
	a) Hojas de plátano	56
	b) Pulpa de café	57
	c) Hojas de siquili	57
4.1.3	Temperatura	57
	a) Hojas de plátano	58
	b) Pulpa de café	58
	c) Hojas de siquili	58
4.1.4	Disminución de peso de los sustratos elaborados	59

<b>4.2</b>	<b>Evaluación de las condiciones ambientales para el desarrollo de la lombriz roja</b>	<b>60</b>
4.2.1	pH del sustrato	60
4.2.2	Temperatura del sustrato	61
4.2.3	Humedad del sustrato	62
<b>4.3</b>	<b>Reproducción y peso de la lombriz roja californiana</b>	<b>64</b>
4.3.1	Análisis de contenido de celulosa de los sustratos vegetales base	64
4.3.1.1	Número de cocones por tratamiento	64
4.3.1.2	Número de lombrices nacidas	67
4.3.1.3	Número de lombrices juveniles	67
4.3.1.4	Número de lombrices adultas	70
4.3.2	Peso de lombrices	72
4.3.2.1	Análisis de contenido de proteína de los sustratos bases	72
4.3.2.2	Peso de lombrices	72
<b>4.4</b>	<b>Rendimiento de humus y calidad de humus producido</b>	<b>75</b>
4.4.1	Rendimiento de humus de lombriz	75
4.4.1.1	Total de humus producido	77
4.4.1.2	Comparación de rendimiento de humus producido con otros estudios	78
4.4.2	Calidad de humus elaborado	79
4.4.2.1	Comparación de pH, de los diferentes materiales vegetales(etapa inicial), pH como sustrato y pH del humus elaborado (etapa final)	80
	a) Valor de pH total en el humus producido comparado con otros estudios	81
4.4.2.2	Relación en el contenido de fósforo total en (%) de acuerdo a la etapa inicial o materia verde y contenido de fósforo en la etapa final o humus elaborado	81
	a) Cantidad de fósforo total en (%) de humus elaborado comparado con otros estudios	82
	b) Promedio en el contenido de fósforo total del humus elaborado comparado con el contenido de fósforo en diferentes estiércoles	83
4.4.2.3	Relación en el contenido de potasio total en (%) de acuerdo a la etapa inicial o materia verde y contenido de potasio en la etapa final o humus elaborado	84
	a) Cantidad de potasio total de humus elaborado comparado con otros estudios	85
	b) Promedio en el contenido de potasio total del humus elaborado comparado con el contenido de potasio en diferentes estiércoles	87
4.4.2.4	Relación en el contenido de nitrógeno en (%) de acuerdo a la etapa inicial en los vegetales o materia verde y etapa final o humus producido	87
	a) Cantidad de nitrógeno total en (%) de humus elaborado comparado con otros estudios	88
	b) Promedio en el contenido de nitrógeno total del humus elaborado comparado con el contenido de nitrógeno en los diferentes estiércoles	90
4.4.2.5	Contenido de materia orgánica en el humus elaborado con diferentes sustratos vegetales	90
	a) Relación en el contenido de MO etapa inicial o materia verde y etapa final o humus producido de lombriz	90
	b) Cantidad de materia orgánica total de humus comparado con otros estudios	92
4.4.2.6	Relación C/N del humus elaborado con diferentes sustratos vegetales	92
	a) Comparación de la relación C/N del humus elaborado comparado con la relación C/N de otros estiércoles	94



---

4.4.2.7	Cantidad de humus de lombriz que debe ser incorporado en los suelos de la zona de estudio	95
4.4.3	Evaluación participativa durante la producción de humus de lombriz	95
<b>4.5</b>	<b>Análisis de costos parciales de humus producido</b>	<b>97</b>
4.5.1	Análisis de costos para la primera cosecha de humus de lombriz	97
4.5.1.1	Análisis de costos de producción	97
4.5.2	Estimación de costos para el primer año de producción de humus	98
4.5.2.1	Análisis de costos de producción para el primer año	98
4.5.3	Beneficios económicos para el agricultor	100
4.5.4	Beneficios técnicos para el agricultor	100
4.5.5	Beneficios ambientales	101
<b>Capítulo 5</b>		
<b>Conclusiones</b>		<b>102</b>
5.1	<b>Determinación del tiempo de descomposición</b>	<b>102</b>
5.2	<b>Evaluación de las condiciones ambientales para el buen desarrollo de las lombrices</b>	<b>102</b>
5.3	<b>Reproducción y peso de la lombriz roja</b>	<b>103</b>
5.4	<b>Cuantificación del rendimiento de producción y la calidad de humus elaborado</b>	<b>103</b>
5.5	<b>Costos de producción de humus de lombriz</b>	<b>104</b>
<b>Capítulo 6</b>		
<b>Recomendaciones</b>		<b>105</b>
<b>Bibliografía</b>		
<b>Anexos</b>		

# Índice de Cuadros

	Página
<b>Capítulo 2</b>	
2.1	Análisis químico de estiércoles 8
2.2	Parámetros que determina si el humus producido es de buena calidad 27
2.3	Análisis de humus de lombriz, según investigaciones realizadas 27
<b>Capítulo 3</b>	
3.1	Análisis físico-químico de suelos y aguas del municipio de Coripata 33
3.2	Vegetación del municipio de Coripata 34
<b>Capítulo 4</b>	
4.1	Relación C/N inicial de los diferentes materiales vegetales 55
4.2	Peso de los diferentes materiales vegetales y peso final del sustrato elaborado 59
4.3	Análisis de varianza de porcentaje de humedad por tratamiento 63
4.4	Prueba de significancia de Duncan al (0.05%) 63
4.5	Análisis de contenido de celulosa en los sustratos vegetales base 64
4.6	Análisis de varianza de número de cocones por tratamiento 65
4.7	Prueba de significancia, según Duncan al (0.05%) 66
4.8	Número de lombrices nacidas por cocón 67
4.9	Análisis de varianza de número de lombrices juveniles por tratamiento 68
4.10	Prueba de significancia, según Duncan al (0.05%) 69
4.11	Análisis de varianza de número de lombrices adultas 70
4.12	Prueba de significancia según Duncan al (0.05%) 71
4.13	Análisis de contenido de proteína en sustratos bases 72
4.14	Análisis de varianza de peso de lombrices por tratamiento 73
4.15	Prueba de significancia según Duncan al (0.05%) 74
4.16	Análisis de varianza de rendimiento de humus de lombriz en (kg), por tratamiento 75
4.17	Prueba de significancia según Duncan al (0.05%) rendimiento de humus de lombriz en kilogramo 76
4.18	Rendimiento total de humus elaborado 77
4.19	Primer grupo capacitado 96
4.20	Siguientes grupos capacitados 96
4.21	Resumen de costo total de humus producido 97
4.22	Análisis de costos de producción, primera cosecha 97
4.23	Resumen de costos para un año de producción de humus de lombriz 98
4.24	Análisis de costos para el primer año de producción de humus 99
4.25	Estimación de análisis de dominancia para el primer año de producción 99

# Índice de Gráficos

	Página	
4.1	pH de los diferentes materiales vegetales en descomposición	56
4.2	Temperatura de los diferentes materiales vegetales en descomposición	58
4.3	Comportamiento de pH, en los diferentes sustratos elaborados por tratamiento	60
4.4	Comportamiento de temperatura ambiente y temperatura de los sustratos elaborados por tratamiento	61
4.5	Porcentaje de humedad de los diferentes sustratos elaborados por tratamiento	62
4.6	Porcentaje de número de cocones por tratamiento	65
4.7	Porcentaje de número de lombrices juveniles por tratamiento	68
4.8	Porcentaje de número de lombrices adultas por tratamiento	70
4.9	Porcentaje de peso de lombrices por tratamiento	73
4.10	Rendimiento de humus de lombriz en kilogramo	75
4.11	Comparación de rendimiento de humus producido en (kg) comparado otros estudios	78
4.12	Valor de pH en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) Vs. valor de pH como sustrato (en cunas) Vs. valor de pH en humus elaborado (etapa final)	80
4.13	Valor de pH de humus producido comparado con valores de pH de otros estudios	81
4.14	Contenido de $P_T$ (%) en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) Vs contenido de $P_T$ (%) en humus elaborado (etapa final)	82
4.15	Cantidad de $P_T$ (%) de humus producido con diferentes sustratos vegetales comparado con otros estudios	83
4.16	Promedio de $P_T$ en el humus de lombriz elaborado con diferentes sustratos vegetales Vs promedio en $P_T$ diferentes estiércoles	84
4.17	Contenido de $K_T$ (%) en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) Vs contenido de $K_T$ en humus elaborado (etapa final)	85
4.18	Cantidad de $K_T$ (%) elaborado con diferentes sustratos vegetales comparado con otros estudios	86
4.19	Promedio $K_T$ en el humus de lombriz elaborado con diferentes sustratos vegetales Vs promedio en $K_T$ diferentes estiércoles	87
4.20	Contenido de $N_T$ en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) Vs contenido de $N_T$ en humus producido (etapa final)	88
4.21	Cantidad $N_T$ en (%) de humus elaborado con diferentes sustratos vegetales y comparado con otros estudios	89
4.22	Promedio de $N_T$ en el humus de lombriz elaborado con diferentes sustratos vegetales Vs Promedio en $N_T$ diferentes estiércoles	90
4.23	Contenido de materia orgánica (%) en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) Vs contenido de materia orgánica (%) total en humus producido (etapa final)	91
4.24	Cantidad de materia orgánica (%) en humus producido con diferentes sustratos	

	vegetales comparado con otros estudios	92
4.25	Relación de C/N en el humus elaborado con diferentes sustratos vegetales	93
4.26	Comparación de la relación C/N del humus elaborado con diferentes sustratos Vegetales Vs relación C/N en estiércoles de distintas especies animales	94

# Índice de Figuras

	Páginas	
<b>Capítulo 3</b>		
3.1	Ubicación de la zona de trabajo (Mapa)	31
3.1	Comunidad de Trinidad Pampa	32
3.2	Fisiografía de la zona de estudio	33
3.3	Cañihueca silvestre ( <i>Arundo donax</i> )	40
3.4	Recolección de carrizos y charos por estudiantes del internado	40
3.5	Traslado de carrizos y charos	40
3.6	Construcción del lombricario	41
3.7	Lombricario	41
3.8	Rellenado de cunas	42
3.9	Armado de cunas	42
3.10	Cuna armada	42
3.11	Cunas instaladas	43
3.12	Cubiertas con alambre tejido	43
3.13	Estudiantes rellenoando el almacén de trocos con charos	44
3.14	Estudiantes recolectando hojas de plátano	44
3.15	Primera remoción de hojas de plátano	45
3.16	Coloración oscura y suavidad en las hojas de plátano	45
3.17	Agricultor pelando café	45
3.18	Incorporación de pulpa de café a la caja de descomposición	46
3.19	Segunda remoción	46
3.20	Árbol de siquili ( <i>Inga adhenophilla</i> )	46
3.21	Incorporación de siquili a cajas de descomposición	46
3.22	Presencia de taninos en siquili	47
3.23	Lombriz roja californiana ( <i>Eisenia foetia</i> )	47
3.24	Formación de colchón de paja en las cunas	48
3.25	Siembra de lombrices	48
3.26	Determinación de pH del sustrato alimenticio	49
3.27	Riego como lluvia	49
3.28	Reproducción de la lombriz roja californiana	50
3.29	Determinación de peso	51
3.30	Humus producido	51
3.31	Sustrato trampa sobre la red plástica	52
3.32	Cosecha de lombrices	52
3.33	Construcción del almacén de la cuna de lombrices	52
3.34	Familia construyendo lombricario, comunidad San Félix-Arapata	53

# Resumen

La baja productividad de las tierras cultivables de nuestro país, coincide con la disminución acelerada de la materia orgánica de los suelos (Villarreal; en FAO: 1996) éste es uno de los principales limitantes en la producción agrícola de la comunidad de Trinidad Pampa que pertenece al municipio de Coripata (Provincia Nor Yungas del departamento de La Paz).

La comunidad de Trinidad Pampa presentan serranías con pendientes de 20, 60 e inclusive 100% y éstas provocan el lavado de nutrientes (erosión hídrica) a causa de las precipitaciones que sobrepasan los 1000 mm/ anuales. De la misma forma, los agricultores de la zona de estudio ayudan a acelerar la pérdida de nutrientes de sus suelos de cultivo, porque la mayoría se dedican al cultivo de la hoja de coca, monopolizando poco a poco este producto, utilizando de manera indiscriminada agroquímicos no permitidos (como el tamarol, folidol y otros) y deforestando diversidad de especies arbóreas (especialmente cafetales y cítricos) para habilitar nuevos cocales. La preferencia del agricultor hacia la plantación de esta especie es principalmente por su demanda en el mercado (Spedding, 2004); pero, al mismo tiempo, los mismos están concientes que en cualquier momento el gobierno nacional y la comunidad internacional dispondrán la erradicación forzosa de esta plantación. Por ello, muchos campesinos yungueños de la zona de estudio están dispuestos a diversificar su producción. Por lo tanto, se hace imprescindible la mejora de los suelos de cultivo y la tecnificación de la producción. Es así, que la presente investigación propone la producción de humus de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetia*), un fertilizante orgánico de primer orden, protege al suelo de la erosión, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Sánchez, 2003).

Este trabajo se realizó con la participación de estudiantes que provienen de diferentes comunidades del Municipio de Coripata, los que residen en el internado Rural Yatiqañ Uta (Casa del Saber) que es apoyado y coordinado por las instituciones católicas de Fe y Alegría y Compañía de María. La finalidad de la participación de los estudiantes es poder difundir por

medio de ellos a sus familias y comunidades que es posible obtener un abono orgánico con buenas características nutricionales, técnicamente y económicamente asequible.

Para producir humus se utilizaron sustratos vegetales que abundan en la zona de estudio como son: hojas de plátano (*Musa sp*), pulpa de café (*coffea*) y hojas de siquili (*Inga adenophylla*) para alimentar a las lombrices. Y se utilizaron materiales de construcción conocidos en el lugar con el nombre de carrizo y charo (*Arundo donax*) para la crianza de lombrices. Para evaluar la producción de humus de lombriz se cuantificó el tiempo de descomposición de los diferentes materiales vegetales, en el que se determinó la relación C/N, seguidamente estas pasaron por un proceso de descomposición, tomándose mediciones diarias de temperatura y pH. El tiempo de descomposición y porcentaje de disminución de peso de las hojas de plátano fue de 37 días (15%), seguida por la pulpa de café con 32 días (25%) y las hojas de siquili a los 19 días (10%). Conjuntamente se realizó la aclimatación y adaptación de las lombrices al nuevo sustrato y nuevo medio de crianza. Posteriormente se realizó la siembra de 350 lombrices con 13 kg de sustrato elaborado en las diferentes cunas o unidades experimentales. El diseño experimental que se utilizó fue de DBA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Durante la crianza de lombrices se determinó las condiciones ambientales para su desarrollo donde la temperatura de las cunas osciló entre 14 – 21° C, y el comportamiento de la humedad entre tratamientos fue variable porque existió menor pérdida de humedad en los T1,T2 y T5 y mayor perdida los T4 y T3. El comportamiento del pH estuvo muy relacionado con la humedad ya que lo T4 y T3 se acidificaron. Asimismo, se pudo determinar que las cunas construidas con carrizo favorecieron al drenaje del agua y la instalación de las mismas ayudaron a prevenir el ataque de plagas.

El tiempo de crianza de las lombrices dentro de la cunas fue de cuatro meses, durante este tiempo las lombrices se acoplaron y desarrollaron. Para conocer la reproducción de lombrices se determinó el número de cocones, lombrices nacidas por cocón y juveniles donde los T1,T4 y T5 tienen mayor número, es posible que favoreció la humedad, suavidad y el contenido de celulosa en los sustratos. También se determinó los sustratos que favorecen al incremento de peso y número de adultas donde los T2,T5 y T1 contienen mayor número de adultas y con mayor peso, posiblemente la humedad, suavidad y contenido de proteínas presentes favorecieron al desarrollo de las lombrices. Además se pudo determinar que las hojas de siquili ( presencia de taninos) en el T-5 fueron consumidas por las lombrices.

Los mayores rendimientos en producción de humus están en los T2, T5 y T1. El pH del humus elaborado oscila 7.22-7.98. El humus producido es pobre en fósforo, existe mayor contenido de potasio en T2 y T5. Los T1,T2,T3,T4 y T5 son ricos en nitrógeno y ricos en MO (sobrepasan el 40%). La relación C/N indica que los T1 y T5 son asimilables en el suelo y los T2, T3 y T4 tienen que pasar un proceso de mineralización. La cantidad de abono que se tiene que aportar a una hectárea de terreno en la zona (suelo en recuperación) de estudio es de 840 kg de humus.

Durante el trabajo de campo se pudo evaluar el interés de los estudiantes y sus padres hacia la crianza de lombrices y obtención de humus. En la actualidad existen dos familias (Maldonado y Palabra) que están criando lombrices en sus comunidades (Huaycuni y San Félix) de origen. Para el futuro se espera difundir esta tecnología junto con otras medidas de conservación de suelos y diversificación de la producción en la zona de estudio, todo esto podrá ser posible gracias a la Fundación Internacional de la Compañía de María.

El análisis de costos de producción indica que los T1 y T2 son los más rentables por la menor mano de obra empleada. Asimismo, es económicamente rentable y técnicamente accesible para el agricultor, y no causa daños al medio ambiente.



# Introducción

El bajo contenido de materia orgánica en los suelos de la comunidad de Trinidad Pampa, es uno de los principales limitantes en la producción agrícola ya que las características fisiográficas presentan serranías con pendientes de 20, 60 e inclusive 100% y éstas provocan el lavado de nutrientes a causa de las precipitaciones que sobrepasan los 1000 mm/anuales. De la misma forma, los agricultores de la zona ayudan a acelerar la pérdida de nutrientes de sus suelos de cultivo, porque la mayoría de los pobladores se dedican al cultivo de la hoja de coca, monopolizando poco a poco éste producto, utilizando de manera indiscriminada agroquímicos no permitidos (tamarón, folidol y otros) y deforestando diversidad de especies arbóreas (especialmente cafetales y cítricos) para habilitar nuevos cocales. La preferencia del agricultor hacia la plantación de esta especie es principalmente por su demanda en el mercado; pero, al mismo tiempo, los mismos están concientes que en cualquier momento el gobierno nacional y la comunidad internacional dispondrán la erradicación forzosa de esta plantación. Por ello, muchos campesinos yungueños de la zona de estudio están dispuestos a diversificar su producción. Por lo tanto, se hace imprescindible la mejora de los suelos de cultivo y la tecnificación de la producción.

Es así, que la presente investigación propone la producción de humus de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetia*), un fertilizante orgánico de primer orden, protege al suelo de la erosión y mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Para la producción de humus se utilizaron materiales vegetales como: las hojas de plátano (*Musa sp*), pulpa de café (*coffea*) y las hojas de siquili (*Inga adenophylla*) que sirvieron como sustratos alimenticios para las lombrices y para la crianza de las lombrices se utilizó la cañihueca silvestre (*Arundo donax*).que sirvió para la construcción de las cunas o lechos.

El motivo, del uso de los diferentes materiales. Es demostrar la crianza de Lombrices Rojas Californiana utilizando materiales vegetales que abundan en la zona de estudio y así producir un abono orgánico con buenas características nutricionales, técnicamente y económicamente asequible para los agricultores de la zona.

La presente investigación se realizó en el internado Rural Yatiquañ Uta (Casa del Saber) que es apoyado y coordinado por las instituciones católicas de Fe y Alegría y Compañía de María. En el que participaron estudiantes (hijos de agricultores) que cursan desde el 8<sup>vo</sup> de primaria hasta 4<sup>to</sup> de secundaria, viven en el internado y provienen de diferentes comunidades del Municipio de Coripata.

## **1.1 OBJETIVOS**

Tomando en cuenta que se trata de un estudio de obtención de humus, se utilizan sustratos vegetales para la alimentación y materiales del lugar para la crianza de las lombrices rojas californianas. Del mismo modo, durante el trabajo de campo se pudo evaluar el interés de los estudiantes del internado hacia la crianza y obtención de humus. Por ello, se asumieron los siguientes objetivos:

### **1.1.1 Objetivo General**

- Evaluar en forma participativa la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetia*) con diferentes sustratos vegetales en la comunidad de Trinidad Pampa perteneciente al Municipio de Coripata.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- A. Cuantificar el tiempo de descomposición de los diferentes materiales vegetales.

- B. Determinar las condiciones ambientales para el desarrollo de la lombriz roja californiana.
- C. Conocer la reproducción y peso de la lombriz roja californiana.
- D. Evaluar los rendimientos de producción y calidad de humus producido, en forma participativa con los estudiantes que viven en el internado rural Yatiqañ Uta.
- E. Analizar los costos parciales de producción de humus de lombriz.

## Capítulo 2

# Revisión Bibliográfica

### 2.1 LA MATERIA ORGANICA

La materia orgánica que ingresa al suelo es atacada por los microorganismos mineralizando una parte y humificando el resto. En el proceso se encuentran: residuos sin atacar, residuos algo descompuestos, productos intermedios, complejos orgánicos nuevos (el humus), compuestos orgánicos solubles y compuestos minerales fácilmente asimilables por las plantas (Rodríguez, 1982).

Para Guerrero (1993), la materia orgánica incorporada en forma adecuada al suelo representa una estrategia básica para darle vida a éste, ya que sirve de alimento a todos los organismos que viven en él. Particularmente a la microflora responsable de realizar una serie de procesos de gran importancia en la dinámica del suelo..

La agricultura tradicional de Bolivia (antes de la aparición de los fertilizantes químicos) estuvo basada en el uso y la aplicación en el suelo de abonos orgánicos. El aumento demográfico de nuestro país, ha provocado un incremento significativo de la superficie de tierras cultivables, provocando una disminución en la capacidad de abastecimiento de abonos orgánicos. La baja productividad de las tierras cultivables de nuestro país, coincide con la disminución acelerada de materia orgánica de los suelos (Villaruel; en FAO: 1996).

Depende de la cantidad y calidad de la materia orgánica ya que puede cambiar las propiedades del suelo, cuando la estructura y disponibilidad de los nutrientes mejoran (Sánchez; CLADES: 1997).

El abonamiento consiste en aplicar las sustancias minerales u orgánicas al suelo con el objetivo de mejorar su capacidad nutritiva, mediante esta práctica se retribuyen los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo (Sánchez, 2003).

### 2.1.1 Características Químicas de los Abonos de Origen Animal

El cuadro 2.1, muestra el contenido promedio de nutrimentos en estiércoles de diferente procedencia en Bolivia.

**CUADRO 2.1**  
**ANÁLISIS QUÍMICO DE ESTIERCOLES**

DETERMINACIÓN	GALLINAZA	BOVINO	OVINO	CAPRINO	CAMELIDOS	CERDOS	EQUINO
PH	7,6	8,3	8	8	7,9	7,3	7,4
Materia Orgánica	82,6	46	48	74,5	81	48	92,7
Nitrógeno total	2,7	1,73	1,68	1,75	1,5	2,2	1,13
P2O5 total	2,72	1,65	1,28	1,53	0,85	2,28	1,6
K2O total	1,54	1,52	1,39	1,06	1,16	2,11	1,48
Relación C/N	15,9	21,2	23,8	15,8	29,8	19,9	38,3

Fuente: (Villarreal; en FAO: 1996).

### 2.1.2 Factores de Mineralización

Las condiciones que determinan la descomposición o mineralización en el suelo:

- Temperatura: a temperaturas altas, aumenta la actividad de descomposición microbiana. Temperaturas bajas las detienen.
- Aireación del suelo: el suelo debe contener una óptima proporción de aire en sus poros para el normal funcionamiento de los microorganismos.
- Humedad del suelo: una humedad excesiva significa una menor actividad de los microorganismos aerobios.
- Tipos de residuos: los microorganismos actúan sobre los residuos extrayendo de ellos sustancias vitales, como el nitrógeno, para su actividad fisiológica y para la constitución de sus propias proteínas.

### 2.1.2.1 Relación C/N desde el punto de vista de aplicación al suelo

Al incorporar nuevos compuestos orgánicos al suelo los microorganismos actúan sobre ellos utilizando una cierta cantidad de nitrógeno. Si el nuevo conjunto tiene una relación C/N superior a 30, es atacado por los microorganismos liberándose mucho bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que es un gas que se pierde o se transforma en ácido carbónico ( $\text{CO}_3\text{H}_2$ ) en la solución del suelo inmovilizándose además el nitrógeno del suelo. Cuando la relación C/N esta entre el 15 y 30 los microorganismos solo utilizan el nitrógeno del residuo agregado y cuando el C/N es menor de 15 los microorganismos comienzan a liberar nitrógeno soluble para las plantas (antes lo usaron para su propio desarrollo y luego lo liberan). El humus formado posee una relación C/N 10 (Rodríguez,1982).

Chilón (1997) clasifica a la relación C/N en:

- C/N < 17 = mineralización (proceso de transformación microbial de la materia orgánica incorporada al suelo, en nutrientes para la planta)
- C/N 17 – 33 = equilibrio
- C/N > 33 = mineralización (proceso de transformación de los minerales del suelo en sustancias orgánicas).

## 2.2 LA LOMBRICULTURA

Para Guerrero (1993), la lombricultura es una tecnología sencilla y está al alcance de muchos agricultores o pobladores urbanos interesados

La técnica de crianza y manejo de lombrices en cautiverio, con fines de obtención de humus y de harina de lombriz (Pineda, 1994).

La lombricultura es una biotecnología, en virtud de la cual se aplican determinadas normas y técnicas de producción utilizándose las lombrices rojas californianas para reciclar residuos orgánicos biodegradables y como fruto de la ingestión de los mismos, los anélidos efectúan sus deyecciones en el fertilizante orgánico mas importante disponible sobre la tierra (Torres, 2000).

La lombricultura como una actividad, cuya finalidad es el producto final llamado lombricompost (humus de lombriz) suave al tacto, de olor agradable y excelente mejorador de los suelos. La lombriz misma, como fuente de alimento de alta calidad proteica (Ochoa, 2003).

Para Sánchez (2003) la lombricultura es una biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo. La lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de los suelos de las zonas rurales.

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamientos, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos (Lombricultura, 2004).

### **2.2.1 Lombriz Roja Californiana**

El nombre científico de la lombriz roja californiana es *Eisenia foetia*, pertenece al orden de los oligoquetos (que significa: oligo = escaso y queto = pelo) por alusión a las diminutas filas de cerdas que recorren su cuerpo (Cabrera, 1988).

La lombriz roja californiana es una variedad obtenida mediante cruces genéticos con diversas lombrices, es un gusano que vive sobre la superficie del suelo se alimenta de hojas secas y estiércol en descomposición. Las lombrices son hermafroditas, poseen tanto órganos femeninos como masculinos, sin embargo, los individuos deben cruzarse para intercambiar gametos. Respira por medio de la piel, no soportan la luz, no posee dientes (Compagnoni y Putzulu, 1990).

La acción química que realiza la lombriz es de reciclar desechos orgánicos convirtiéndolos en humus que sirve para enriquecer la fertilidad del suelo (Sánchez, 2003).

## 2.2.2 Humus de Lombriz

Indica Valdivia (1995), el humus es un fertilizante bio-orgánico es un producto ligero, suelto. Es completamente estable y no se pudre.

El humus de lombriz es la deyección de la lombriz “la acción de las lombrices da al fundamento un valor agregado”, a sí se lo valora como un abono completo y eficaz para mejorar el suelo”. El lombricompuesto tiene un aspecto terroso, suave e inodoro, de esta manera facilita su manipulación, se dice que el humus es uno de los fertilizantes mas completos porque aportan todos los nutrientes para la dieta de las plantas, de los cuales carecen muy frecuentemente los fertilizantes químicos (Ochoa, 2003).

El humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, según Sánchez (2003) es un mejorador de las características físico-químicas-biológicas del suelo (haciéndola mas permeable al agua y al aire).

El humus favorece a la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Su acción antibiótica aumenta la resistencia a las plantas al ataque de plagas y patógenos como también a la resistencia de las heladas (Bravo, 2004).

### 2.2.2.1 Características del humus de lombriz

Guerrero (1993) indica que el humus de lombriz:

- Vivifica el suelo, debido a la gran flora microbiana que contiene 2 billones de colonias de bacterias por gramo de humus de lombriz.
- La microflora permite que se realice la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica en el suelo.



- El alto contenido de ácidos fúlvicos favorece a la asimilación casi inmediata de los nutrientes minerales por las plantas.
- Permite mejorar la estructura del suelo, favorece a la aireación, permeabilidad, retención de humedad y disminuye la compactación del suelo.
- Los agregados del humus de lombriz son resistentes a la erosión hídrica.

Para Valdivia (1995) el humus de lombriz beneficia:

- Mejora las características físicas de la tierra, y la mantiene suelta, debido a su estructura coloidal, aumenta la capacidad del suelo en retener agua.
- Tiene una elevada capacidad de sustituir las bases de la tierra, y ayuda a la solubilización de los elementos nutritivos inorgánicos en minerales solubles.
- Aporta elementos nutritivos y minerales, es muy rico y completo.
- Es rico en oligoelementos.

## **2.3 INSTALACIONES PARA LA CRIANZA DE LOMBRICES**

### **2.3.1 Lombricario**

El lombricario es el lugar a cielo abierto o cerrado dispuesto en cunas, cajas o contenedores donde se acondiciona un sustrato para la posterior cría de lombrices (San Jorge del Pilar, 2004).

#### **2.3.1.1 Cunas, cúmulos, literas o lechos**

Para Cabrera (1988), la litera es una unidad de medida de  $2 \times 1 = 2\text{m}^2$  que sirve para identificar las multiplicaciones y divisiones de lombrices, la producción de biofertilizante, la extensión del criadero, los costos de gestión y la cantidad necesaria de alimentación.

Para Dávila (1996), la cuna constituye el proceso de lombricultura, donde se puede utilizar para su fabricación diferentes materiales como: esterilla, guadúa o ladrillo.

Con el fin de ahorrar y evitar el alto costo en la construcción de cunas y previendo siempre la utilización de los recursos de la propia finca o de fincas aledañas es esencialmente importante el uso de guadua o bambú ( De Sanso, 2001).

Compacnoni y Putzulu (1990) basándose en su propia experiencia, el mejor sistema de instalación consiste en el cultivo al aire libre, en lechos colocados directamente sobre el terreno, sin instalaciones ni estructuras de ningún tipo, del modo más sencillo y menos costoso.

La instalación de la cuna debe estar levantada sobre el nivel del suelo para evitar el ataque de hormigas y roedores y tapada para evitar la entrada de luz y lluvia (López, 2002).

### **2.3.1.2 Orientación adecuada**

Para que la lombriz tenga un buen desarrollo se deben considerar algunos aspectos, con relación a factores climáticos como el viento y la luz principalmente.

#### **a) Viento**

Para Cabrera (1988), es preciso orientar las literas (cuna de lombriz) frente al viento dominante. Es decir, que la longitud de la litera se encuentre con vista al viento, cuando éste sopla fuerte la lombriz debe tener la posibilidad de refugiarse en la parte media de la litera.

#### **b) Luz**

La lombriz es alérgica a la luz, según Compacnoni y Putzulu (1990) si bien carece de ojos puede percibir la más leve luminosidad y le molesta.

La Lombriz Roja teme a la luz y los rayos ultravioletas la matan, según Ferruzi (1994) por esta razón la iluminación natural o artificial no tiene que incidir directamente sobre su habitat (interior de las cunas).

Las lombrices no logran distinguir las imágenes perciben la luz mediante foto receptores ubicados en el epitelio (Sánchez, 2003).

### **2.3.2 Sanidad de las Lombrices**

La lombriz californiana no sufre ni transmite enfermedades. Tampoco sufre impacto ecológico ante una eventual fuga a un medio natural. En cambio es común encontrar daños ocasionados por las condiciones de cuna.

Las causas pueden ser:

- Lesiones e infecciones producidas por acción de insecto o parásitos.
- La muerte de la lombriz provoca una pequeña infección que causa daño a otras.
- La presencia de sustancias nocivas en la comida puede provocar una disminución de las lombrices y una pérdida de peso.
- Intoxicación proteica o “gozzo ácido”. Este es un síndrome desencadenado por la presencia de un alto contenido de sustancias proteicas (no transformadas en el alimento de las lombrices (Sánchez, 2003).

#### **2.3.2.1 Enemigos de las lombrices**

De acuerdo con Compacnoni y Putzulo (1990), la naturaleza ha dispuesto que toda especie animal tenga sus enemigos. También la lombriz, por lo tanto, cuenta con sus adversarios, contra los cuales hemos de intentar protegerla.

- Las hormigas: pueden perjudicar el cultivo porque llevan alimentos y a veces hasta matan las crías, por lo cual hay que eliminarlas poniendo cualquier tipo de insecticida comercial a los lados del terreno.
- Los ratones y las ratas: llegan a constituir un problema cuando se presentan en un número considerable, debido a que revuelven el lecho buscando la comida y estorban a las lombrices en su labor. Conviene eliminarlas empleando cualquier raticida.

- Los pájaros: de un cierto tamaño como los mirlos, los tordos, los faisanes, etc., constituyen un serio peligro para la lombriz tanto si aparecen en bandadas o en gran número. Un método eficaz es colocar una red por encima de los lechos.
- Los topos: son particularmente peligrosos y pueden destruir cultivos enteros. Por esto es indispensable proteger los lechos con cualquier tipo de material para formar un pavimento aislante que el topo no pueda atravesar.
- El hombre: en el pasado exterminaba a las lombrices porque eran consideradas perjudiciales para la agricultura. Incluso se pensaba que comían raíces de las plantas, porque al arrancar una planta muerta es muy frecuente encontrar lombrices entre las raíces. La lombriz únicamente se alimenta de raíces en putrefacción puesto que éste carece de dientes para masticar (Compacnoni y Putzulo, 1990).

## **2.4 ALIMENTACION**

Para Cabrera (1988), la característica fundamental del alimento de las lombrices es que no contenga ácido tánico, urea y otros.

La lombriz puede ingerir toda clase de estiércoles animales (sobre todo de herbívoros), materiales vegetales en putrefacción, residuos orgánicos y otros alimentos de residuos industriales (Valdivia, 1995).

### **2.4.1 Materiales Vegetales**

#### **2.4.1.1 Hojas de Plátano (*Musa sp.*)**

Señala Spedding (1993), las diferentes variedades de plátano que existe dentro de la huerta del agricultor yungueño son: enano, guineo, isla, sedita, manzano rojo, manzano amarillo, guayaquil, turco y plátano.

Según el Plan de Desarrollo Municipal (PDM) 2002 - 2006 de Coripata, en la actualidad todavía existen huertos frutícolas con estas especies, las cuales no son aprovechadas, en

muchos casos los frutos se quedan en los árboles o en el suelo y no son comercializados o vendidos. Entre los frutales que son para auto consumo se encuentra el Plátano cuyas variedades son: manzana, guayaquil, enano, guineo, etc.

#### **2.4.1.2 Pulpa de café o sultana ( *coffea* )**

Se puede utilizar pulpa de café para alimentar a las lombrices, esta puede ser sola, obtenida por un beneficio tradicional o mezclado con mucílago, esta última proveniente de beneficiaderos que utilizan despulpado sin agua (Dávila, 1996).

La utilización de la pulpa de café, sirve como una “buena materia prima” para la formación del sustrato. La lombriz se reproduce rápidamente y produce enormes cantidades de humus (San Fernando, 1998).

La pulpa de café está compuesta por el epicarpio y parte del mesocarpio del fruto. La pulpa de café se degrada muy rápidamente, sí se permite una fermentación aireada. Con base a varios análisis químicos efectuados en centro América, la composición química de la pulpa de café es: nitrógeno total 1.4-1.9%, fósforo total 0.30-0.35% y potasio 3.5-3.7% (IRD, 1999).

Según el PDM (2002), la extensión del cultivo de café en el Municipio de Coripata es 242.31 ha y la producción de café es 3.228.19 qq.

#### **2.4.1.3 Hojas de Siquili ( *Inga adenophylla* )**

Indica Spedding (1993), el árbol de siquili es leguminoso, está difundido por todos los yungas. Tiene unas vainas de carne dulce como pacaes pequeños, muy apetecidos por los niños yungueños, da una sombra abierta y aumenta el contenido de nitrógeno al suelo.

Se determinó mediante estudios químicos que la *Inga* sp es una fuente de taninos (CINPAV, 1999).

Se ha demostrado (Meinicke,1988) que las hojas de: abeto rojo, ciprés, haya y roble, producen restos vegetales no palatables para la lombriz, por el contenido de ácidos tánicos.

Los taninos son compuestos fenolicos hidrosolubles de sabor áspero y amargo, suelen acomodarse en raíces, cortezas de las plantas y en menor proporción en las hojas (Eroski, 2004).

En el municipio de Coripata (PDM,2002) existe una gran variedad de frutas silvestres como ser Pacay silvestre y otros, que son aprovechados como alimento por las especies silvestres existentes en la zona, sin dejar de mencionar el aprovechamiento humano (niños).

#### **2.4.2 Proceso de Compostización**

La particularidad fundamental del compostaje, según Compacnoni y Putzolu (1990) está basado en una sucesión de procesos fermentativos producidos por agentes microbianos.

El volumen del compost alimento que se debe preparar debe ser mayor, éste depende principalmente del tipo de rastrojo y de su grado de fragmentación (Pineda, 1994).

El proceso de descomposición con oxígeno es el producto de la respiración de los microorganismos que liberan anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), agua y no genera olores desagradables (Kolmans y Vasquez, 1996).

El compostaje puede definirse como: la descomposición biológica de los materiales residuales orgánicos bajo condiciones aerobias hasta alcanzar un nivel de estabilidad que permita que el material sea apto para su uso final o para almacenamiento seguro (De Silguy, 1999).

El tiempo de descomposición, depende del tipo de material y condiciones ambientales. Los residuos mas succulentos demoran 3-6 semanas, los mas secos y maduros de 2 a 4 meses y los de mayor diámetro 1 año o mas. El compost será adecuado cuando los productos tomen color marrón oscuro y se rompan fácilmente (Ochoa, 2003).

### **2.4.2.1 Fases del compostaje**

Indica De Silguy (1999), durante el proceso de compostaje existe la presencia de cuatro fases:

#### **a) Mesófila**

Pasa de temperatura ambiente a 40° C, las bacterias mesófilas inician el inicio del proceso (bacteria que se desarrolla preferentemente entre 30-40° C).

Los microorganismos, bacterias, hongos y actinomicetes principalmente aparecen en el comienzo de la fase mesófila (Ochoa, 2003).

#### **b) Termófila**

La temperatura oscila entre 40-60° C, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas e inician el trabajo los microorganismos termófilos (microorganismos que se desarrollan bien a temperaturas elevadas).

#### **c) Enfriamiento**

Cuando la temperatura supera los 60° C desaparecen los órganos termófilos y el proceso continúa gracias a organismos (bacterias) esporógenas y actinomicetes. A medida que se va consumiendo el material fácilmente degradable, la temperatura va disminuyendo hasta alcanzar la del ambiente.

#### **d) Maduración**

Reaparecen lo microorganismos mesófilos.

#### **2.4.2.2 Parámetros que intervienen en el proceso de compostización**

Durante el proceso de descomposición existe la presencia de parámetros esenciales (Sánchez, 2003).

##### **a) PH**

En la primera fase (fase mesófila), el pH puede bajar por la formación de ácidos para volver aumentar posteriormente (Emison, 2000).

El pH es variable en el tiempo de permanencia de los sustratos, durante el proceso de compostaje a los diferentes sustratos se adicionó ceniza y al sustrato de gallinaza se adicionó yeso para llegar a un pH 7.49 (Huaynoca, 2002).

El pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos factores son manejados adecuadamente, podremos controlar el pH (Legall, 1993).

##### **b) Temperatura**

Durante el proceso de descomposición ( De Silguy, 1999) la temperatura no debe exceder de los 65° C, temperaturas mas altas aminora la actividad de los microorganismos y provoca un efecto de “cocción” y destrucción del humus.

Es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: criófilos de 5 a 15 °C y mesófilos de 15 a 45 °C (Emison, 2000).

La temperatura debe mantenerse en un rango de 15 – 45° C, según (Bollo, 2001) porque pueden trabajar los microorganismos mesófilos que se caracterizan por modificar el pH de las sustancias y llevarlo a pH medio o neutro.



### **c) Humedad**

La humedad es indispensable para la descomposición de la materia orgánica, esta debe estar entre 50% y 60%. Una descomposición pobre en humedad provoca la aparición de mohos que reduce el volumen y la calidad del compost, por el contrario, una humedad excesiva genera el escurrido de sustancias y pérdida de elementos fertilizantes y provoca la fermentación anaeróbica (De Silguy, 1999).

La humedad es un parámetro muy importante porque los microorganismos necesitan agua para su actividad. Los valores óptimos están entre el 40-60%, dependiendo de la textura del material, para materiales fibrosos la humedad máxima es 75% y para residuos con papel o material vegetal es 50-60% (Emison, 2000).

La materia orgánica en compostaje tiene una humedad óptima cerca a 50%. Los materiales gruesos pueden tener mayor humedad sin peligro de anaerobiosis y los materiales finos debe tener una humedad inferior a 60% (Ochoa, 2003).

### **d) Aireación**

La fermentación del compost debe ser principalmente aerobia. En un montón demasiado apelmazado y mal aireado se desarrollan compuestos (alcohol, ácidos orgánicos, etc) que inhiben los microorganismos (De Silguy, 1999).

El aire es vital para los microorganismos aeróbicos hacia el interior de la pila (Ochoa, 2003).

#### **2.4.2.3 Relación C/N**

La relación (C/N) es una característica importante para la calidad del compost (Bonolzer, 1997), idealmente no debe exceder la relación 20:1 porque esta corresponde a las necesidades nutricionales de las plantas.

De Silguy (1999) clasifica a la materia orgánica desde el punto de vista de compostización esta comprendida entre 20 y 30.

- La materia orgánica ricas en nitrógeno y pobres en carbono ( $C/N < 20$ ).
- La materia orgánica ricas en carbono y pobres en nitrógeno ( $C/N > 30$ ).
- La materia orgánica igual a 20.

Para la elaboración del compost se requiere de tres clases de materiales orgánicos y minerales (celulosa, lignina, azúcares). Los materiales orgánicos que tienen una relación C/N 35:1 clasificado en este grupo: aserrín de madera, cascarilla de arroz, caña de maíz, bagazo de caña de azúcar, paja, vástago, hojas de plátano, pulpa de café, desechos de fruta, ramas y hojas verdes de arbustos, desechos de cocina y otros. Materiales ricos en nitrógeno con una estrecha relación C/N, como estiércoles de toda clase de animales: gallinaza, sangre, harina de hueso, hierbas frescas, hojas de leguminosas, mantillo de bosque y otros. Fuente de materia mineral: cal agrícola, roca fosfórica, ceniza vegetal y tierra común (Fischersworrig y Robkamp, 2001).

#### **2.4.2.4 Comprobación de alimento**

El alimento cuando se prepara con nuevos ingredientes o en cualquier circunstancia en que se pueda tener alguna duda sobre la calidad del mismo. Se llena un recipiente con el alimento preparado cuya calidad se quiere probar, luego se extraen 50 lombrices y se depositan en el recipiente antes indicado, después de 24 horas se podrá comprobar si las lombrices están vivas, han fugado o están muertas (Pineda, 1994).

Se prueba echando cinco lombrices en una botella plástica con sustrato. Si las lombrices se sumergen significa que sí les gustó el nuevo alimento (San Fernando, 1998).

Colocar en un pequeño recipiente el alimento, luego poner sobre éste unas cuantas lombrices y exponerlas a la luz del sol. Si las lombrices se entierran rápidamente y no salen del recipiente, el alimento es apto para su consumo (Sánchez, 2003).

#### **2.4.2.5 Sistema de siembra**

Para Pineda (1994), el sistema de siembra se realiza cuando el compost-alimento queda listo. El alimento se traslada a las cunas, a esta operación se denomina generalmente la

“primera carga” o la carga de instalación (a una altura de 10 cm del total de la cama) porque luego de ella se hace la incorporación inmediata de las lombrices.

Un agricultor de Molitor (1998) relata su experiencia: “sembramos las lombrices extendiéndolas en toda la cajoneta posteriormente incorporamos una nueva capa de alimento. Colocamos los desperdicios de la cocina y de las cosechas y cubrimos con paja de páramo y ramas para proteger del sol, de los animales y conserva su humedad”.

Para conocer la cantidad de lombriz pura inicial, se debe realizar un muestreo en el que: se pesa todo el sustrato con lombriz, se toma tres muestras de un kilogramo de cada cama y se colocan a la luz sobre un plástico hasta observar que las lombrices se concentran en el fondo. Luego se pesan las lombrices de cada muestra y se calcula el promedio por kilogramo.

## **2.5 CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LA LOMBRIZ ROJA**

De acuerdo con Sánchez (2003), un buen manejo de la cuna o lecho significa tomar en cuenta todos los factores que condicionan el buen desarrollo de la lombriz y producción de humus. Para ello, los más importantes son:

### **2.5.1 Temperatura**

La temperatura óptima para las lombrices, según Cabrera (1988) es de 19 °C aunque puede desarrollarse sin problemas en un rango de 10 a 30 ° C.

La temperatura corporal de las lombrices es de 20° C, el frío afecta y limita su crianza (Pineda, 1994).

La temperatura del medio óptimo para la Lombriz Roja es aquella que se acerca lo más posible a la de su propio cuerpo (19° C ). Por lo tanto, la cuna no puede estar expuesta a los rayos solares y durante la noche a los fríos de la misma (Ferruzi, 1994).

Es posible criar a las lombrices en terrenos libres, sin necesidad de alojamientos fijos, ni invernaderos (De Sanso, 2001).

Las lombrices californianas son el resultado de la selección natural, según Sánchez (2003) es la especie mas cultivada en el mundo entero dada su rusticidad y tolerancia a los factores ambientales. Por lo tanto, pueden criarse en cualquier lugar del planeta que posea temperaturas que no superen los 40° C siendo ideales los climas templados.

La temperatura influye en la reproducción, fecundidad de cápsulas y producción de humus. Se considera óptima para las lombrices si está entre los 18-25° C. Cuando la temperatura desciende por debajo de 15° C, los cocones (huevos) no eclosionan hasta que se presenten condiciones favorables (Emison, 2004).

### **2.5.2 pH**

La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4, fuera de esta escala la lombriz entra en una etapa de latencia (Emison, 2004).

Durante la crianza de lombrices Huaynoca (2002) determino que el pH de los diferentes sustratos no terminaron su proceso de descomposición.

### **2.5.3 Humedad**

Para Cabrera (1988), la humedad es un factor imprescindible en el desarrollo vital de las lombrices. Si la humedad es baja impediría la alimentación de las lombrices y si es muy alta afectaría a su respiración.

Indica Ferruzi (1994), que el riego debe efectuarse cada vez que el módulo o lecho lo requiera, creando condiciones óptimas para que succionen sus alimentos las lombrices.

Una vez que la lombriz ha sido incorporada a su nuevo medio de vida, es necesario mantener una adecuada humedad, esto se consigue a través de un manejo cuidadoso del riego, según Pineda (1994) la cantidad y frecuencia de riego depende exclusivamente de las condiciones del clima.

El alimento de la lombriz, según Sánchez (2003) tendrá un 70 - 85% de humedad para facilitar la ingestión y el deslizamiento a través del material.

Si la humedad es superior a 85% ocasiona la disminución de la reproducción de las lombrices y producción de vermicompost. Si es inferior a 70% crea condiciones desfavorables para las lombrices. Por último, si la humedad es inferior a 55% es mortal para las lombrices (Emison, 2004).

#### **2.5.4 Aireación**

El lecho tiene que ser suave y estar bien aireado (Ferruzi, 1994), si está demasiado mojado fallará la oxigenación indispensable para poder garantizar la supervivencia de las lombrices.

El factor aireación en el interior del lecho es muy importante (Pineda, 1994). No se puede olvidar que la lombriz es un organismo aeróbico (necesita aire), el medio en el que vive no debe compactarse.

Se debe confeccionar una "cama" que permita la entrada de aire porque las lombrices son muy sensibles a las altas temperaturas, por lo que deben mantenerse en un lugar ventilado (López, 2002).

Es fundamental la aireación para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices, según Sánchez (2003) si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce, además del apareamiento y reproducción debido a la compactación del sustrato.

## **2.6 REPRODUCCIÓN Y PESO DE LA LOMBRIZ ROJA**

### **2.6.1 Reproducción**

Durante el apareamiento, las lombrices intercambian espermatozoos los cuales no fertilizan inmediatamente. Las huevas quedan depositadas en una envoltura viscosa, alojada en una especie de faja translúcida y situada a un tercio de la longitud del cuerpo (Compacnoni y Putzulu, 1990).

Las lombrices son hermafroditas (Pineda, 1994) cada lombriz posee a la vez gónadas masculinas y femeninas, de modo que al aparearse se fecundan mutuamente. También, ambos individuos producen un huevo que se denomina cocón.

El aparato digestivo de la lombriz contiene enzimas que transforman la celulosa y los carbohidratos en elemento asimilables, según Valdivia (1995) un elevado contenido de celulosa resulta muy eficaz para estimular la reproducción.

La cápsula tiene un color amarillo verdoso con unas dimensiones aproximadas de 2-3 por 3-4 mm, tiene una forma parecida a una pera muy pequeña. En el momento del nacimiento las crías rompen la envoltura cuando ésta ha adquirido un color más oscuro (De Sanso, 2001).

Cada capullo o cocón contiene albúmina esta sustancia alimenta a los huevos durante la incubación, periodo que dura entre 14 y 30 días (Sánchez, 2003).

### **2.6.2 Peso de Lombrices**

Para valorar la validez de un alimento hay que conocer su contenido proteico que favorece al engorde de las lombrices, este contenido no debe pasar del 20% si el valor es superior a éste las lombrices se intoxican y mueren (Valdivia, 1995).

Las lombrices adultas pesan de 0.24 a 1.4 gramos, según Sánchez (2003) una lombriz come una ración diaria que tiende a su propio peso.

La presencia de sustancias nocivas en la comida de las lombrices pueden provocar una disminución de su población y pérdida de peso. En algunos casos afecta a su musculatura impidiendo su locomoción y apareamiento (Arella, 1996).

## **2.7 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE HUMUS PRODUCIDO**

### **2.7.1 Producción de Humus de Lombriz**

Para Guerrero (1993), las lombrices producen cantidades importantes de humus en el suelo:

- Se supone que 1000 lombrices adultas, teniendo a su disposición materia orgánica suficiente pueden producir unos 600 gr de humus por m<sup>2</sup> de suelo por día.

Los rendimientos de producción de humus de lombriz elaborado con desechos sólidos urbanos determinan que los tratamientos a base de desechos vegetales tiene un rendimiento de 34.015 kg (39%), seguida por: ingesta + restos vegetales con 33.810 kg (38%) e ingesta con 28.51 kg (32%) de producción de humus de lombriz (Pati, 2002).

También Huaynoca (2002) indica los resultados de producción de humus elaborados con diferentes sustratos alimenticios. Las lombrices alimentadas con pulpa de café producen 50.67 kg (46.70%) de humus, seguido por los alimentos: pulpa de café + desechos vegetales con 45.42 kg (43.67%), desechos vegetales con 36.46 kg (42.64%), desechos vegetales + gallinaza 35.74 kg (34.77%) y las lombrices alimentadas con gallinaza producen 22.20 kg (29.79%) de humus de lombriz.

Del alimento ingerido por la lombriz (Sánchez, 2003) cerca del 60 % es convertido en humus o excremento de lombriz y el 40 % restante es asimilado y utilizado como fuente de energía para sus propias funciones vitales.

### **2.7.2 Calidad de Humus**

Las lombrices atacan las sustancias orgánicas en descomposición mediante sus enzimas digestivas; su alimentación esta relacionada en correspondencia con la composición de los estiércoles y de los distintos vegetales, de los cuales, libera el nitrógeno, fósforo, potasio y diversos oligoelementos (Cabrera, 1988)

Los intestinos de las lombrices contienen especialmente, los mismos tipos de organismos que están presente en el suelo donde las lombrices están viviendo (Meinicke, 1988).

La calidad del humus depende del tipo de alimento que se le dé a las lombrices como: estiércol, rastrojo u otros desechos (Pineda, 1994).

El contenido nutritivo del humus depende de la calidad de materia prima procesada por la lombriz (Molitor, 1998).

### 2.7.2.1 Contenido de nutrientes en el humus de lombriz

El humus de lombriz resulta rico en elementos nutritivos (Sánchez, 2003). El cuadro 2.2, presenta los parámetros que determinan la calidad del humus.

**Cuadro 2.2**  
**PARÁMETROS QUE DETERMINA SI EL HUMUS**  
**PRODUCIDO ES DE BUENA CALIDAD**

Parámetros	Valores
pH	6,7-7,3
Materia orgánica	28%
Nivel de nitrógeno	1,5
C/N	9 y 13

Fuente: (Sanchez, 2003)

Los parámetros presentados en el anterior cuadro muestra los valores que debe poseer el humus en el momento de la cosecha.

El cuadro 2.3, muestra los rangos en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y pH de humus de lombriz. Pati (2002) presenta el análisis químico del humus elaborado con residuos sólidos (Cota-Cota). Asimismo Huaynoca (2002) presenta el humus elaborado con diferentes sustratos alimenticios (Coroico).

**Cuadro 2.3**  
**ANÁLISIS DE HUMUS DE LOMBRIZ, SEGÚN**  
**INVESTIGACIONES REALIZADAS (Rangos)**

Pati (2002)	(Cota-Cota)	Huaynoca (2002)	(Yungas)
C/N	7-9.4	C/N	
PH	6.8-7.6	pH	7.38-8.93
Nitrógeno	1.6-2	Nitrógeno	1.38-2.58%
Fósforo (mg/kg)	0.82-1	Fósforo	0.22-2.56%
Potasio (mg/kg)	1.4-1.7	Potasio	0.24-0.81%
Materia Orgánica	25-32	Materia Orgánica	28.07-35.59%



### **2.7.2.2 pH del humus de lombriz**

La lombriz succiona sus alimentos, según Ferruzi (1994) cuando éste llega a su estómago unas glándulas especiales se encargan de segregar carbonato de calcio, cuya finalidad es neutralizar los ácidos presentes en la comida.

Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa al esófago donde se localizan la glándulas calíferas. Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido-básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH (Sánchez, 2003).

Las características fisiológicas de la lombriz californiana son sus glándulas calcíferas. Estas y otras particularidades inertes al proceso digestivo, hace que el producto elaborado tenga una acción como enmienda fertilizadora y fitosanitaria muy superior a un compost (Bravo, 2004).

### **2.7.2.3 Dosis de empleo de humus de lombriz**

Para Guerrero (1993) el humus se debe aplicar cada 6 años, ya que tiene duración ilimitada. La flora microbiana se reproduce continuamente y prácticamente no tiene fin, el humus de debe aplicarse en el campo con preferencia en forma localizada (en bandas, entres golpes y nunca al voleo).

La dosificación de humus depende básicamente del tipo de suelo y de cultivo. Una respuesta precisa a esta pregunta podría darse sólo después de analizar el suelo y también el humus y luego de información experimental que se obtuviera en cada lugar (Pineda, 1994).

El humus de lombriz es un fertilizante de acción inmediata y de larga duración debido a la presencia de macro y micro nutrientes en forma fácilmente asimilables. La dosis de empleo de humus de lombriz para recuperación de terrenos es de 1200-1500 kg/ha (Sánchez, 2003).

## **2.8 COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Para Cabrera (1988), el asunto de los costos es siempre algo complicado porque hay muchos factores que influyen el tipo de instalación, materiales empleados, en el lugar, etc.

Los costos de producción son los egresos necesarios para adquirir o producir bienes. El tamaño de la inversión y los costos de producción deben estar relacionados con la disponibilidad de recursos. Existen costos variables y costos fijos. Los costos variables son gastos anuales como la mano de obra, costos de materiales, equipos, pago de alquileres, transporte y los costos fijos son: la tierra, la depreciación de todos los equipos y el pago de intereses por préstamo (Bishop y Toussaint, 1991).

El objetivo de explotación, está directamente relacionado con la “decisión de inversión” del potencial del lombricultor (Torres, 2000).

- Producción de fertilizantes orgánicos (lombricompuesto y humus de lombriz).
- Reproducción intensivo de lombrices rojas californianas (para producción de carne de lombriz).
- Producción a “escala” tanto de humus como de reproducción de lombrices.

### **2.8.1 Medidas de Producción**

Las medidas de producción expresa la producción física total (Bishop y Toussaint, 1991).

#### **2.8.1.1 Beneficio bruto**

El beneficio bruto se encarga de medir el tamaño productivo (Bishop y Toussaint, 1991).

#### **2.8.1.2 Beneficio neto**

El beneficio neto es la estimación de la ganancia o perdida, según la inversión realizada (Bishop y Toussaint, 1991).

### **2.8.1.3 Índice de retribución a los factores productivos relación beneficio / costo**

Indica la pérdida o ganancia bruta por cada unidad monetaria invertida. Si la relación es mayor que uno, se considera que existe un apropiado beneficio. Si es igual a uno, los beneficios son iguales a los costos y la actividad no es rentable. Por último si los valores son menores que uno indican pérdida y la actividad no es productiva (Bishop y Toussaint, 1991).

### **2.8.1.4 Rentabilidad de inversión**

La rentabilidad de inversión, indica la ganancia o pérdida por cada unidad de dinero invertido (Bishop y Toussaint, 1991).

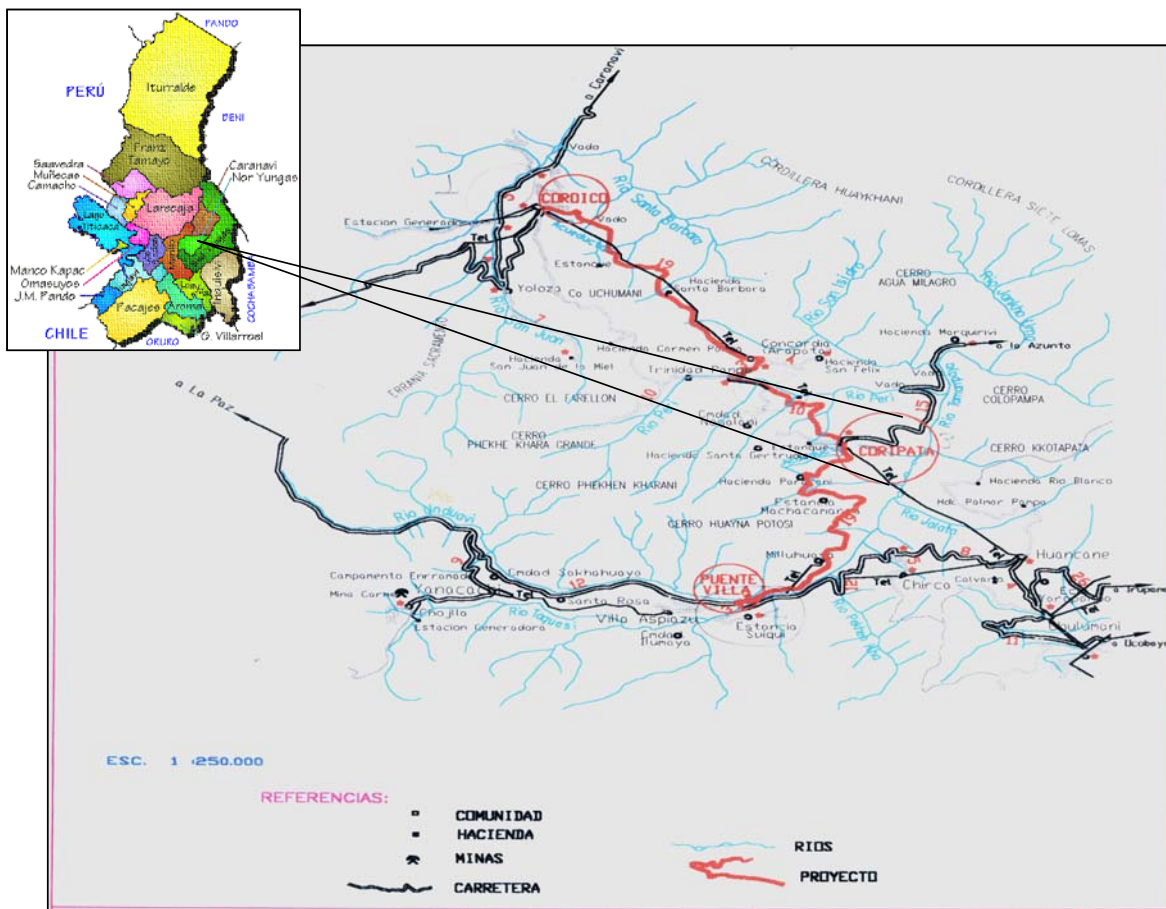
# Capítulo 3

## Materiales y Métodos

### 3.1 Localización

El presente estudio se llevo a cabo en la segunda sección de la provincia Nor Yungas municipio de Coripata, se localiza a 116 km de la ciudad de La Paz, con una accesibilidad vial siguiendo la ruta La Paz –Puente Villa –Coripata.

Geográficamente se encuentra a 16°21'20" latitud sur y 67°36'23". Al norte limita con la provincia Caranavi, al este y sur con la provincia Sud Yungas y al oeste con el Municipio de Coroico. El municipio tiene una extensión aproximada de 1318 km<sup>2</sup> (P.A.S.A., 2004).



Mapa. 3.1. Ubicación de la Zona de Trabajo

Coripata esta dividido políticamente en tres cantones, los cuales son: Coripata, Milliguaya y Arapata. En el cantón Arapata se encuentra ubicada la comunidad de Trinidad Pampa que está conformada por tres zonas: Huaycuni, el Choro y Chacon, con una población total de 1319 habitantes (PDM, 2002).



Fig. 3.1. Comunidad de Trinidad Pampa

### 3.1.1 Características Climáticas

Las características climáticas de la zona, pertenecen al clima semicalido sin cambio térmico invernal bien definido, semiseco sin estación seca bien definida. En la zona hay solamente tres meses efectivamente secos, los que muestran límites climáticos de biotemperatura comprendida entre los 12°C a 18°C, las características de humedad obedecen a fenómenos orográficos. De acuerdo PDM formulado para el municipio de Coripata la temperatura media es de 22° C.

De acuerdo a la información meteorológica de los registros de SENAMHI, ESIN conformó una base de datos, con registros de la Estación de Coripata, que con una precipitación máxima en 24 horas (a nivel mensual y anual) y de precipitación y temperatura (a nivel medio mensual). El promedio interanual de la Precipitación total anual en 1031 mm. La época de lluvia comienza en los meses de octubre a noviembre y culmina en los meses de marzo y abril con una precipitación pluvial media de 1360 mm/año en Coripata. Esta situación debe ser considerada, tomando en cuenta que las lluvias erosivas son de 12.5 mm por evento, si las condiciones de cobertura vegetal no se hallan presentes, los riesgos de erosión son evidentes, afectando a las zonas bajas.

### 3.1.2 Fisiografía

En el Municipio de Coripata existe la presencia de montañas, serranías y colinas. Presentan formaciones aluviales que tienen contacto lítico y/o paralíticos. Vista de la Fisiografía propia de los Yungas.

Debido a la fisiografía propia de la zona, como serranías altas, medias y bajas. Las pendientes

de 20, 60 e inclusive 100 % hacen que estos suelos sean clasificados como Clase IV, V, los mismos pueden ser utilizados para la agricultura solo utilizando métodos y técnicas de conservación de suelos, como curvas de nivel, incorporación de materia orgánica, terrazas, cultivos agrosilvícolas, etc., y lo que es importante,



Fig. 3.2. Fisiografía de la zona de estudio

no despojar la cobertura vegetal, ya que aceleraría los problemas de erosión.

### 3.1.3 Suelos

Los suelos pertenecen al suborden Orthens, donde generalmente existe presencia de montañas, serranías y colinas y presentan formaciones de material coluvial y aluvial, que tienen contacto lítico y/o paralítico, estos suelos presentan texturas gruesas, medianas y finas débilmente estructurados en los horizontes superiores. Existen cuatro clases de suelos agrícolas. Los tres primeros corresponden a los diferentes niveles de altura; en las partes altas el sistema de cultivo es irracional ocasionando la pérdida casi total de la capa arable y solo es posible la vida vegetal para algunos pastos y algunos arbustos. En la parte media es donde actualmente se cultivan las diferentes especies características de la zona, aquí también la capa arable está considerablemente gastada por la fuerte erosión hídrica que no es debidamente controlada. La parte baja, la profundidad del suelo arable es mayor que en las dos anteriores pero tampoco tiene carácter permanente ya que el lecho del río va cambiando de dirección y las playas se van ensanchando cada vez más. Por último, existen suelos de regiones vírgenes en donde todavía no se ha practicado ningún tipo de cultivo.

**Cuadro 3.1**  
**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS DEL**  
**MUNICIPIO DE CORIPATA**

Textura	pH de Agua	pH de Suelo	N (%) Total	P (ppm)	K	MO (%)
Y	6.54	3.98	0.13	11.42	0.11	1.76

Fuente: (P.A.S.A.,2004)

### 3.1.4 Características de la vegetación

La zona cuenta con una gran diversidad de especies, las principales especies que existen en la zona de estudio, son características de los Yungas. Región que se clasifica como una zona montañosa, de monte medio o bajo, con presencia de especies maderables que se explota de forma reducida para la construcción de sus viviendas.

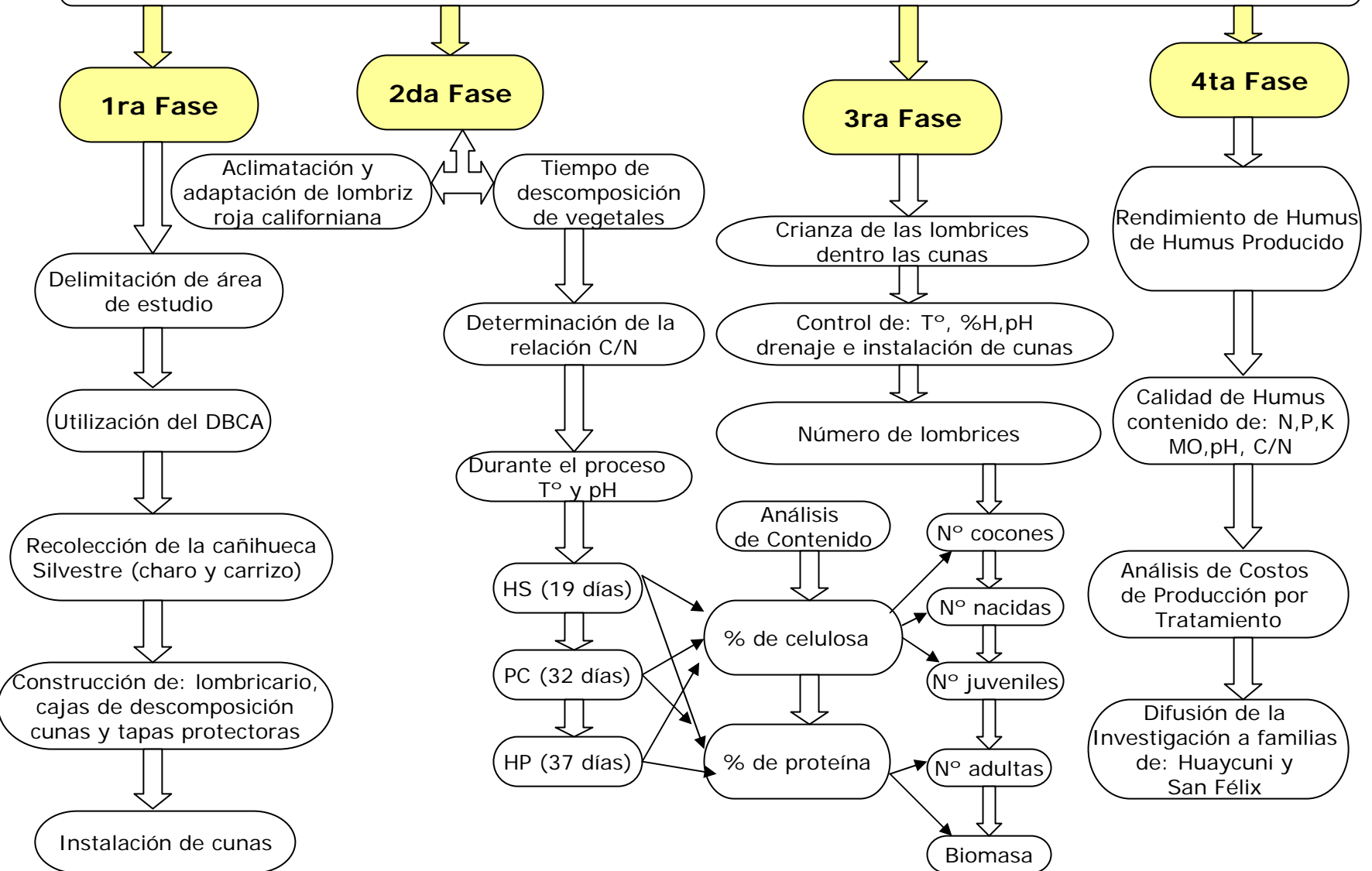
Del total de las especies inventariadas, la mayoría son empleadas para uso medicinal, demostrando la gran diversidad y la riqueza etnobotánica con que cuenta el municipio; constituyéndose en un potencial para la industrialización de las mismas.

**Cuadro 3.2**  
**VEGETACIÓN DEL MUNICIPIO DE CORIPATA**

Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Local	Nombre Científico
KutiKuti	Local	Acohuacaya	Local
Almidon	Local	Amakari	Local
Likiliki	Local	Lirio	Local
Caña brava	Local	Caña jarka	Local
Laurel	Local	Merkeron	Local
Misbol	Local	Negrilla	Local
Chacal	Local	Charara	Local
Chiriri	Local	Chusi	Local
Sidra	Local	Pama rosa	Local
Queako	Local	Colo	Local
Colomuni	Local	Raiz chino	Local
Copa	Local	Remino	Local
Copin	Local	Rompe peña	Local
Espeque	Local	Saqa	Local
Hila hila	Local	Solda solda	Local
Hoja redonda	Local	Sorumpi	Local
Huanca cunta	Local	Suti suti	Local
Jaluti	Local	Siquili	Inga adhenopilla
Jiri	Local	Uniti	Local

Fuente: (PDM, 2002)

# PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA CON SUSTRATOS VEGETALES





## **3.2 MATERIALES**

Los materiales que se utilizaron en la presente investigación fueron de distinta procedencia y de acuerdo a cada etapa de trabajo como: el trabajo de campo, tabulación de datos y preparación del documento final.

### **3.2.1. Material Biológico, de Campo y Laboratorio**

#### **3.2.1.1 Material biológico**

- Lombriz Roja Californiana
- Carrizo
- Charo
- Hojas de plátano
- Hojas de siquili
- Pulpa de café

#### **3.2.1.2 Material de campo**

- 20 cajas de carrizo (80 x 60 x 40 cm)
- 3 cajas de charo de descomposición (1.70 x 1.30 x 0.50)
- Clavos, alambres, sierra metálica, alicate, martillo, alambre tejido, calaminas
- Nylon, flexo metro, combo, machete, broca, baldes, guantes. Balanza, romanilla
- Termómetro, pH de bolsillo, Lupa

#### **3.2.1.3 Material de laboratorio**

- Material de escritorio
- Cámara fotográfica
- Filmadora
- Balanza Analítica
- Computadora

### 3.3 METODOLOGÍA

El trabajo de investigación fue realizado en los campos del internado rural Yatiquañ Uta (Casa del saber- Fe y Alegría), en el que participaron estudiantes que viven en el internado y provienen de las diferentes comunidades del municipio de Coripata. La finalidad de la participación de los estudiantes es poder crear una conciencia agroelógica en ellos y puedan transmitir a sus padres la problemática de la utilización excesiva de abonos químicos.

Para poder realizar el trabajo éste se dividió en cuatro fases de trabajo que fueron muy importantes para alcanzar los diferentes objetivos.

**1<sup>ra</sup> Fase:** se realizó la delimitación del área de estudio, recolección de los materiales de construcción. Seguidamente se construyeron: el lombricario, las cunas o lechos (unidades experimentales), tapas de cada cuna y los cajones de descomposición de los diferentes materiales vegetales.

**2<sup>da</sup> Fase:** se recolectó el material vegetal (hojas de plátano, siquili y pulpa de café), éstos fueron llevados a laboratorio para poder determinar la relación C/N, se determinó el tiempo de descomposición de los diferentes materiales mediante el pH y temperatura. Conjuntamente se aclimataron a las lombrices, se realizó la comprobación del alimento y se procedió a la siembra de lombrices.

**3<sup>ra</sup> Fase:** se procedió a la toma de datos como: temperatura, humedad, pH. Asimismo, se cuantificó la reproducción, cocones, juveniles, adultas y peso de lombrices.

**4<sup>ta</sup> Fase:** se cosechó y cuantificó el humus producido de los diferentes tratamientos, una pequeña cantidad (500 gramos) se llevó a laboratorio para poder determinar la calidad de éste. Por último se pudo evaluar el interés de los estudiantes y sus padres y se procedió a la difusión de la crianza de lombrices y producción de humus a las dos primeras familias..

### 3.3.1 Primera Fase

#### 3.3.1.1 Área de estudio

El área donde se ubico el lombricario y las cajas de descomposición de las diferentes materiales vegetales fue de 50 m<sup>2</sup>. La orientación de ambas construcciones fue de Norte a Sur.

#### 3.3.1.2 Diseño experimental

El diseño que se utilizo en la presente investigación fue de Bloques Completamente al Azar (D.B.A.), el cual fue elegido por las ventajas que ofrece el mismo, este permite que las diferentes unidades experimentales se agrupen en bloques relativamente homogéneos tal que la diferencias observadas entre unidades sean primordialmente debido a los tratamientos (Quiroga – 1976).

$$X_{ij} = u + B_j + \alpha_i + E_{ij}$$

$X_{ij}$  = Unidad experimental que recibe la i-ésima sustrato y se encuentra en j-ésimo bloque

$u$  = Media general del experimento

$B_j$  = Efécto del j-ésimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto del iésimo sustrato

$E_{ij}$  = Error experimental

En la presente investigación se realizaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones, lo que hace un total de veinte unidades experimentales. Los tratamientos fueron:

**T1** = Hojas de plátano (HP)

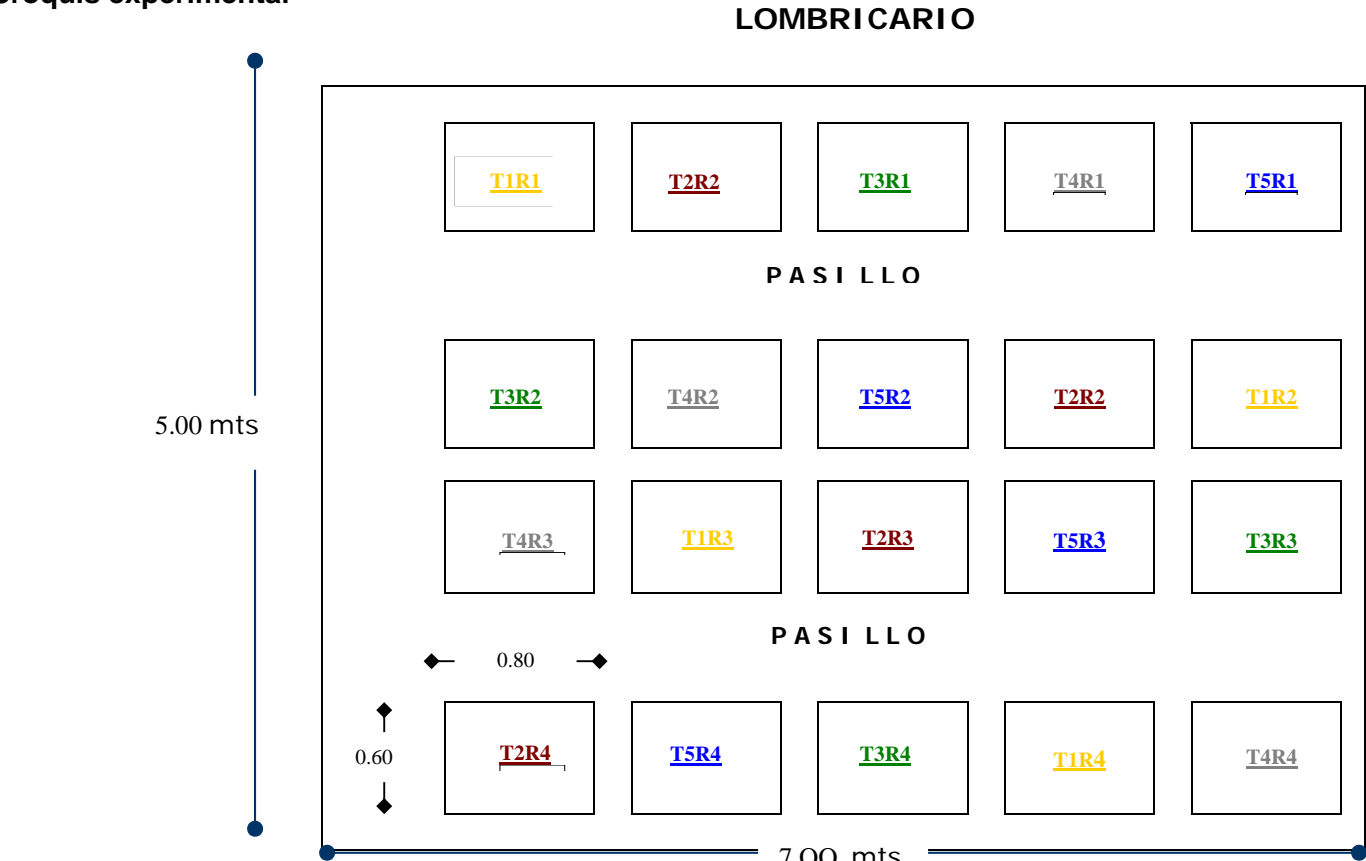
**T2** = Pulpa de café (PC)

**T3** = Hojas de siquili (HS)

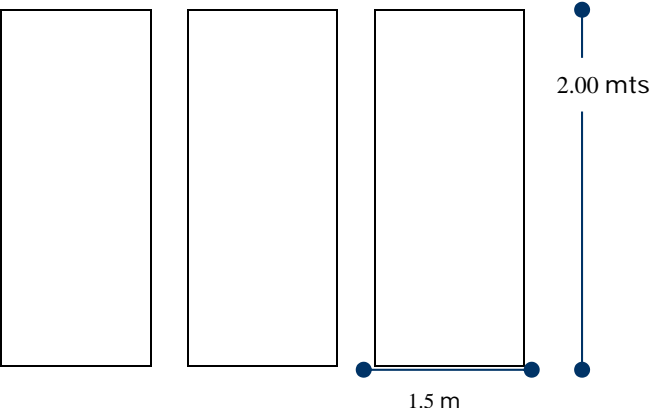
**T4** = Hojas de plátano + Hojas de siquili (HP + HS)

**T5** = Hojas de plátano + Pulpa de café + Hojas de siquili (HP + PC + HS)

3.3.1.3 Croquis experimental



**ALIMENTO**



#### 3.3.1.4 Material de construcción (cañihueca silvestre)

El caña hueca silvestre, es una planta anual que crece en las orillas de los ríos de la zona de estudio.

Los agricultores utilizan el carrizo para construir: almácigos, cercos y otros. Así mismo, el charo es una planta parecida al carrizo con la diferencia que es rellena y tiene mayor tiempo de vida, antiguamente el agricultor utilizaba este material en la construcción de sus casas.



Fig. 3.3 Cañihueca Silvestre (*Arundo donax*)

La recolección de cañihueca (charo y carrizo) fue en estado fresco y aproximadamente de 6-7 meses de crecimiento, la recolección de éstos materiales fue de las orilla del río Elena que esta cerca de la comunidad donde se realizó la investigación. Los estudiantes del internado Yatiqañ Uta colaboraron con la recolección y traslado de este material.



Fig. 3.4. Recolección de Carrizos y Charos por Estudiantes del Internado



Fig. 3.5. Traslado de Carrizos y Charos

### 3.3.1.5 Construcción del lombricario

El área (35 m<sup>2</sup>) en el que se realizó la construcción del lombricario presentó una pendiente mayor a 30% por esta causa se tubo que terraplenar y formar tres terrazas para la instalación de las diferentes cunas.

Se utilizaron 12 troncos que sirvieron como cimiento, éstos fueron enterrados verticalmente a una profundidad de 50 cm, para el techado se utilizaron calaminas (desgastadas) donadas por la escuela de la comunidad y la paredes fueron cubiertas en la parte superior por alambre tejido y en la inferior con cañihueca (charo).



Fig. 3.6. Construcción de Lombricario



Fig. 3.7. Lombricario

### 3.3.1.6 Construcción de cunas de cañihueca (carrizo)

Las cunas o lechos es el sitio en el que las lombrices se alimentan, se reproducen y producen humus, éstas pueden ser de cualquier material como: cemento, ladrillo, alambre, guadua, piedras u otros, en el presente trabajo se puso a consideración la utilización de la cañi- hueca silvestre como material de construcción de éstas.

Inicialmente, los carrizos fueron cortados de diferentes tamaños para formar la cuna de acuerdo a las medidas del trabajo de investigación (80 x 60 x 40 cm). Para cada cuna se construyó una base de 90 cm, dos laminas laterales de 80 cm y dos laterales de 70 cm.

Para la formación de cada lateral se hizo un marco de cañihueca (carrizo), éste se relleno con carrizos cortados a la medida. Seguidamente se procedió a la instalación de 20 cunas o unidades experimentales.



Fig. 3.8. Rellenado de Cunas

#### a) Instalación de cunas

Para la instalación se utilizaron cuatro troncos de árbol de café que sirvieron como soporte éstos se enterraron a los cuatro lados. La lamina que sirvió de base se instalo a una altura de 20 cm, seguidamente se procedió a la unión individual de las cuatro láminas laterales y se formó la cuna o lecho con un área de (80 x 60 x 40 cm).



Fig. 3.9. Armado de Cunas

Fig 3.11. Cunas Instaladas



Fig. 3.12 Cubierta con Alambre Tejido

### 3.3.1.7 Construcción de cubiertas

Es muy necesario que la cuna tenga que estar cubierta para impedir que los rayos ultravioletas del sol alumbren directamente a las lombrices, asimismo, evite el ataque de roedores y aves. Para ello, se construyó marcos de madera protegidas con alambre tejido.

### 3.3.1.8 Construcción del área de compostización

Los diferentes materiales vegetales que se utilizaron como alimento para las lombrices, tuvieron que pasar un proceso de descomposición, para ello se designo un área de 15 m<sup>2</sup> para la construcción de las diferentes cajas.

Los materiales que se utilizaron para la construcción de las cajas fueron: troncos, cañihueca (charos) y clavos. También se construyó un techo de nylon que sirvió para evitar que la lluvia intervenga en el proceso de descomposición.

Primeramente se utilizaron 8 troncos de 14 cm de diámetro, estos fueron enterrados verticalmente a 50 cm de profundidad. En la parte superior de los troncos se puso nylon que sirvió como techo.





Fig. 3.13. Estudiantes Rellenando el Armazón de Troncos con Charos

Dentro del área, se construyeron 3 cajas de descomposición (2 x 1.5 x 0.7 m) con un volumen aproximado de 1.8 m<sup>3</sup> para cada sustrato. Para formar éstas se enterraron 6 troncos por caja a una profundidad de 40 cm, la base se formó a una altura de 50 cm y el armazón fue relleno con cañihuecas (charos).

### 3.3.2 Segunda Fase

#### 3.3.2.1 Determinación del tiempo de descomposición de los diferentes materiales

Se recolectaron los diferentes materiales vegetales y se determinó el tiempo de descomposición mediante la medición de temperatura y pH durante el compostaje aeróbico. Todos los materiales se pesaron al inicio y al final del compostaje.

##### a) Hojas de plátano

Las hojas de plátano se recolectaron de las diferentes variedades que existen en la zona de estudio, la característica de recolección fue la selección de hojas partidas, hojas por amarillear y hojas amarillas, éstas se picaron, humedecieron y humedecieron.

Seguidamente, a las cajas se incorporo paja y se formo un colchón, se introdujo las hojas picadas y humedecidas y se taparon con paja. Durante el proceso se tomaron la mediciones diarias de temperatura y pH.



Fig. 3.14 Estudiantes Recolectando Hojas de Plátano

Pasado diez días se realizó la primera remoción y riego de las hojas de plátano, las subsiguientes remociones fueron los días quince y veintiséis. El día treinta y siete las hojas presentaron un color oscuro y suavidad.



Fig.3.15 Primera Remoción de Hojas de Plátano



Fig. 3.16. Coloración Oscura y Suavidad en las Hojas de Plátano

### **b) Pulpa de café**



Fig. 3.17 Agricultor Pelando Café

Los agricultores en la zona de estudio realizan la cosecha de café tres a cuatro veces al año. La primera y segunda cosecha no es significativa, sin embargo, éstas últimas son en grandes cantidades.

Después de haber cosechado el café de sus parcelas, ellos, llevan el producto a sus casas a pelar en máquinas artesanales, en el que una pequeña porción de la pulpa lo utilizan para auto consumo y el sobrante lo desechan (muy pocas familias lo comercializan).

La pulpa de café que se utilizó en el proceso de descomposición se recolectaron de las viviendas de los diferentes agricultores, este material fue recolectado fresco y se lo secó para poder almacenarlo.

La preparación de la pulpa es sencilla porque no fue necesario picarlo, solamente se humedeció, se incorporó al colchón de paja dentro de las cajas y se las tapó con paja. Durante el proceso se tomaron las mediciones diarias de temperatura y pH, después de diez días se realizó la primera remoción y riego, las siguientes remociones fueron el día quince, veintidós y el día treinta y dos el sustrato ya estuvo listo para la comprobación del alimento.



Fig. 3.18. Incorporación de Pulpa de Café a la Caja de Descomposición



Fig. 3.19. Segunda Remoción

### c) Hojas de Siquili

El siquili es el pacay silvestre, abunda en la zona de estudio, además es un árbol muy respetado por el agricultor ya que se encuentran en los cafetales (como semi-sombra), y en las plantaciones de coca.

Éste material, fue recolectado de los árboles que existen en inmediaciones del internado. Se cortaron las ramas de los diferentes árboles de siquili, de cada rama se picaron las hojas y se humedecieron pero éstas demostraron impermeabilidad.



Fig. 3.21. Incorporación de Siquili a Cajas de Descomposición



Fig. 3.20. Árbol de Siquili (*Inga adhenophylla*)



Fig. 3.22. Presencia de Taninos en siquili

Después de haber incorporado las hojas a la caja de descomposición también se tapó con paja y durante el proceso se tomaron las mediciones de pH y temperatura. En la primera remoción y riego (día diez) las hojas absorbieron humedad con mucha dificultad y en la segunda y última remoción (día diecinueve) las hojas presentaron sequedad. Según el pHmetro estas hojas presentaron neutralidad y se procedió a la comprobación del alimento.

### 3.3.2.2 Proceso de aclimatación de la Lombriz Roja Californiana

Las lombrices que se utilizaron en la presente investigación, fueron facilitadas por el Centro de Investigación y Promoción Educativa (CIPE), esta organización esta ubicada en el Norte de Potosí y trabaja con lombricultura.

Las lombrices en su lugar de origen, fueron criadas dentro de carpas solares y alimentadas con estiércol de animales (básico). Por ello, fue muy necesario tener cuidado en el cambio de habitad ya que éstas tuvieron que pasar un proceso de aclimatación durante dos meses.

En este tiempo las lombrices fueron aclimatadas poco a poco al nuevo medio ya que las cunas se encontraban instaladas en condiciones reales (intemperie), asimismo se procedo al cambio de alimento (ácido).



Fig. 3.23. Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetia*)

### a) Comprobación del alimento

La comprobación del alimento es para tener certeza que el alimento se encuentra en buenas condiciones para las lombrices. Para ello, se utilizaron botellas plásticas de (2 litros) y se hizo pequeños orificios en la base para que las lombrices puedan escapar si el alimento se encontraba en malas condiciones, seguidamente se introdujo a cada botella los diferentes alimentos (tratamientos) y se pusieron veinte lombrices por botella.

Después de 24 horas se pudo comprobar que las lombrices no huyeron del alimento, pasado 48 horas las lombrices siguieron en el alimento y se llegó a la conclusión que el alimento se encontraba en buenas condiciones y se procedió al cambio de alimento.

### b) Sistema de siembra

Después de haber realizado el proceso de adaptación, a cada cuna se incorporó paja y se formó un colchón para evitar que las lombrices caigan a la superficie por los orificios que presenta la unión de las cañihuecas.

Seguidamente se incorporó 13 kg de sustrato húmedo (80%) y al día siguiente se realizó la siembra de 350 lombrices (jóvenes y adultas) por cuna o unidad experimental, después de unas horas las lombrices se sumergieron en el sustrato.



Fig. 3.24. Formación de Colchón de Paja en las Cunas



Fig. 3.25. Siembra de Lombrices

### 3.3.3 Tercera Fase

#### 3.3.3.1 Evaluación del desarrollo adecuado de la lombriz Roja Californiana

Para determinar el sustrato adecuado que favorece al desarrollo, reproducción y producción de humus de las lombrices, fue muy importante tomar en cuenta los parámetros ambientales como: temperatura, humedad, pH y aireación.

##### a) Temperatura

Las cunas estuvieron instaladas a una altura determinada (20 cm) y a condiciones ambientales reales. Para poder determinar los cambios diarios de temperatura se utilizó un termómetro de (200° C).

##### b) pH

Una vez realizada la siembra de lombrices, se realizó la medición del pH de cada sustrato (tratamiento) para poder determinar si existieron cambios de éste durante el proceso de alimentación de las lombrices.



Fig. 3.26. Determinación del pH del Sustrato Alimenticio

##### c) Humedad

El alimento debe tener una humedad de 70-80%, ya que las lombrices para poder alimentarse succionan el alimento (no tienen dientes). Para determinar la frecuencia de riego se realizó éste día por medio.



Fig. 3.27. Riego como Lluvia

#### **d) Aireación**

La aireación es muy importante para las lombrices ya que éstas respiran por la piel y si el alimento presenta compactación las lombrices podrían morir por asfixia. La ventaja que brinda las cunas de cañihueca (carrizo), es buena ventilación.

#### **3.3.3.2 Reproducción de las lombrices rojas californianas**

La reproducción de las lombrices depende de las características de cada sustrato y de las condiciones ambientales.

De acuerdo a bibliografía el contenido de celulosa en el sustrato favorece a la reproducción de las lombrices (Valdivia, 1995), para poder confirmar esta cita, se realizó un análisis bromatológico del contenido de celulosa de cada sustrato.



Fig. 3.28. Reproducción de la Lombriz Roja Californiana

#### **a) Número de cocones por tratamiento**

Para determinar el número de cocones que existen en cada cuna, se utilizó un cubo de 10 cm<sup>3</sup>, este cubo se introdujo al lecho, se llenó con el sustrato. Seguidamente se determinó el número de cocones dentro del cubo y este se multiplicó por toda el área de la cuna.

#### **b) Número de lombrices nacidas por cocón**

Para determinar el número de lombrices nacidas por cocón se construyeron 5 pequeñas cunas de (10 x 10 x 10 cm), se introdujeron 20 cocones y se esperó durante 35 días la maduración de los cocones. Los primeros días éstos presentaron una coloración amarillenta, después de 15 días el color de los cocones fue cambiando a rojizo, los días 30-35 los cocones tomaron una coloración oscura y nacieron las pequeñas lombrices.

### **c) Número de lombrices juveniles**

Del cubo introducido utilizado para el conteo de cocones, también sirvió para el conteo de lombrices juveniles.

### **d) Número de lombrices adultas (edad reproductiva)**

Para determinar el número de lombrices adultas o en edad reproductiva se utilizó el procedimiento anterior.

#### **3.3.3.3 Peso de lombrices**

De acuerdo a bibliografía, el mayor contenido de proteína en el sustrato favorece al desarrollo de las lombrices (Valdivia, 1995), para poder comprobar ésta teoría se realizó un análisis bromatológico en el contenido de proteína de los sustratos.

Para determinar el peso de las lombrices por cada sustrato se utilizó una balanza analítica.



Fig. 3.29. Determinación de Peso

### **3.3.4 Cuarta Fase**

#### **3.3.4.1 Cosecha de humus**

La cosecha de humus se realizó cuando el lecho presento un aspecto terroso y oscuro (parecido a la borra del café).



Fig. 3.30. Humus Producido



Se incorporó una red plástica a cada cuna y sobre esta se puso un kilogramo de sustrato después de cinco días las lombrices subieron al sustrato y se realizó la cosecha de lombrices. En la cuna quedó el humus producido, se realizó la cosecha y se determino el rendimiento por tratamiento.



Fig. 3.31. Sustrato Trampa Sobre la Red Plástica



Fig. 3.32. Cosecha de Lombrices

### a) Análisis químico de humus producido

Después de haber realizado la cosecha de humus se mezclaron por separado los diferentes tratamientos y repeticiones, de la mezcla obtenida se cuarteo 600 gramos de humus y fue llevado a laboratorio para ser analizado de acuerdo a los diferentes parámetros que determinó la calidad del humus producido como: pH, nitrógeno, potasio, fósforo, carbono orgánico y relación C/N.

### b) Difusión de la crianza de lombrices y producción de humus

Durante el proceso de capacitación a los estudiantes que viven en el internado, ellos fueron comprobando que la crianza de lombrices es sencilla y la obtención del humus como abono orgánico es una buena alternativa.



Fig. 3.33. Construcción del Armazón de la Cuna de Lombrices



Fig. 3.34. Familia Construyendo Lombricario,  
Comunidad San Felix-Arapata

Las primeras dos familias que fueron capacitadas son: del estudiante Noé Maldonado que pertenece a la comunidad de Huaycuni y la segunda fue del estudiante Harbin Palabra que proviene de la comunidad de San Félix– Arapata.

En el futuro se espera difundir la producción de humus a todas las familias de los diferentes estudiantes que viven en el internado. También se realizará otros estudios que ayuden a la conservación de los suelos de la zona y la diversificación de la producción agrícola.

### 3.3.4.2 Costos de producción de humus producido

Los costos económicos de la producción de humus depende de diferentes inversiones que se realizan antes y durante el proceso de crianza como: el material para la construcción de la infraestructura, tipo de sustrato alimenticio, mano de obra, cantidad de lombrices utilizadas y otros gastos adicionales. Para el presente análisis económico se utilizó el paquete de costos Cimmyt y las siguientes formulas.

#### a) Ingreso Bruto

$$\mathbf{IB = Rendimiento\ total\ x\ Precio}$$

#### b) Margen Bruto

$$\mathbf{MB = IB - CV}$$

**IB** = Ingreso bruto

**CV** = Costos variables

**c) Ingreso Neto**

$$\mathbf{IN = IB - CV - CT}$$

**IB** = Ingreso Bruto

**CV** = Costos Variables

**CT** = Costos Totales

**d) Rentabilidad de Inversión**

$$\mathbf{RI = IN/CT \times 100}$$

**IN** = Ingreso neto

**CT** = Costos Totales

**e) Índice de Retribución a los Factores Productivos Relación Beneficio – Costo**

$$\mathbf{B/C = IB/CT}$$

**IB** = Ingreso Bruto

**CT** = Costo total

## Capítulo 4

# Resultados y Discusiones

### 4.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

La velocidad descomposición de los diferentes materiales vegetales esta en función a la relación C/N (análisis químico de laboratorio) y el comportamiento de pH, temperatura y humedad (durante el proceso de descomposición).

#### 4.1.1 Análisis Químico Inicial de Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

La relación (C/N) es una característica importante para la calidad del compost (Bonolzer, 1997). El cuadro 4.1, muestra la relación (C/N) los diferentes materiales vegetales a descomponer.

**Cuadro 4.1**  
**RELACIÓN C/N INICIAL DE LOS DIFERENTES**  
**MATERIALES VEGETALES**

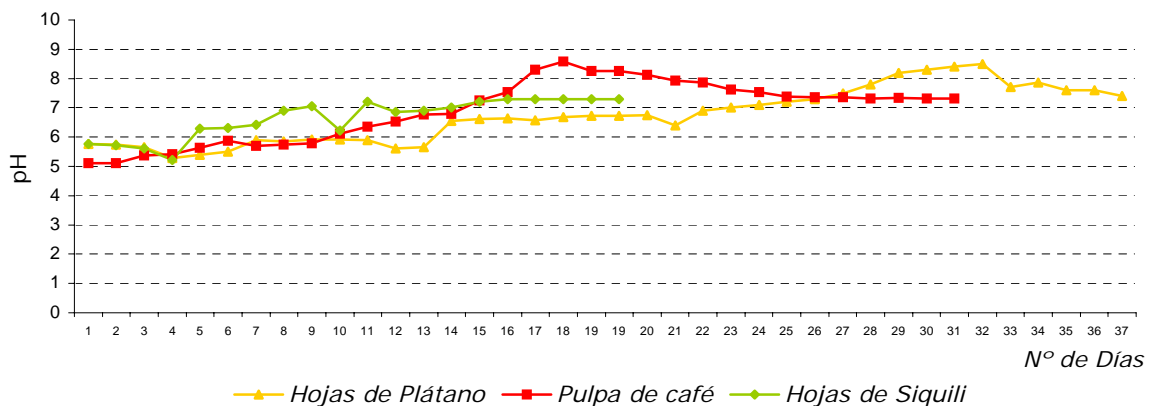
<b>Material Vegetal</b>	<b>C/N</b>
Hojas de plátano	40,64
Pulpa de café	15,31
Hojas de siquili	20,22

Fuente: Análisis efectuados en laboratorios de IBTEN (2005)

### 4.1.2 pH

La variación del pH de los diferentes vegetales se muestra en la gráfica 4.1, tomando en cuenta que la descomposición produce dióxido de carbono, sumandos a la humedad del medio, es comprensible que este parámetro cambie en el tiempo.

**Gráfico 4.1**  
**pH DE LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES EN DESCOMPOSICION**



Los resultados del comportamiento de pH, muestran los cambios de éste, aunque se observa que durante el proceso de descomposición existen cambios en las texturas de las hojas de plátano y hojas de siquili, no así en la pulpa de café la misma sin embargo, presenta la emanación de olores fruto de la fermentación. Del mismo modo, la relación C/N corrobora el tiempo de descomposición de los diferentes materiales vegetales.

**a) Hojas de plátano:** el pH inicial de las hojas de plátano fue de 5.77, disminuyendo éste a pH 8.5 para después neutralizarse el día 37 a un pH de 7.4 y estabilizarse en éste.

La relación C/N las hojas de plátano tienen un valor de 40.64 (ver cuadro 4.1), esto indica esta relación es elevada y es poco biodegradable (De Silguy, 1999). Asimismo, se pudo comprobar que durante el proceso las hojas cambiaron a un color oscuro y se rompieron fácilmente, como indica Ochoa (2003) el compost será adecuado cuando los productos tomen éstas características.

**b) Pulpa de café:** el pH original de la pulpa de café fue de 5.12, bajando a pH 8.25, neutralizándose lentamente a los 32 días en pH 7.32 la misma que fue estabilizándose.

La relación C/N indica que la pulpa de café tiene un valor de 15.31 (ver cuadro 4.1), esto determina que éste valor es rico en nitrógeno, existe mayor actividad de microorganismo y el proceso de descomposición es normal, durante éste existe la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal (De Silguy, 1999).

Durante el tiempo de descomposición no fue necesario adicionar aceleradores naturales o químicos. Aunque, Huaynoca (2002) indica que adicionó ceniza para acelerar el proceso y neutralizar a pH 7.49.

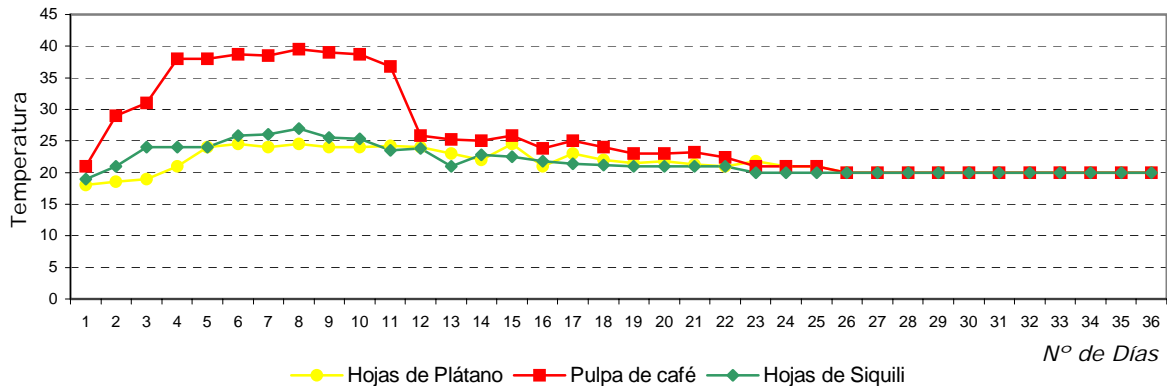
**c) Hojas de siquili:** el valor de pH de las hojas de siquili fue de 5.76 bajando lentamente a pH 7.3 la misma se estabilizo a los 19 días. La relación C/N, señala que las hojas de siquili tienen un valor de 20.22 (ver cuadro 4.1) lo que determina que esta relación se encuentra en equilibrio (De Silguy , 1999).

Durante el proceso de descomposición las hojas de siquili perdieron humedad, como indica Sánchez (2003), las hojas secas puede ser consumido por las lombrices tal como está, siempre y cuando esté bien húmedo. Del mismo modo, este material alcanza a neutralizarse en menor tiempo, lo que indica que la presencia de taninos en las hojas no interfieren durante el proceso.

#### **4.1.3 Temperatura**

Durante el período de descomposición, los diferentes materiales utilizados presentaron cambios. El gráfico 4.2, muestra; el aumento, descenso y estabilización a temperatura ambiente, de los diferentes materiales vegetales.

**Gráfico 4.2**  
**TEMPERATURAS DE LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES**  
**EN DESCOMPOSICIÓN**



La interpretación del comportamiento de cada material vegetal con relación a la temperatura se describe a continuación:

**a) Hojas de Plátano:** la temperatura de las hojas de plátano va incrementándose paulatinamente hasta alcanzar un valor máximo de 24.5° C en el día 15, ésta disminuye gradualmente hasta alcanzar una temperatura de 20° C, la misma que fue estabilizándose en el tiempo. En principio las hojas de plátano no presentaron temperaturas elevadas esto podría deberse a que las hojas no absorben fácilmente humedad (presentan impermeabilidad). Asimismo, la relación C/N es elevada y éste reduce la actividad microbiana.

**b) Pulpa de café:** la temperatura de la pulpa de café, se incrementó rápidamente hasta alcanzar un valor máximo de 40° C en el día 8. Disminuyendo gradualmente en 21° C, la misma que fue estabilizándose en el tiempo. Este incremento de temperatura posiblemente se deba a que este material es blando y retiene humedad por mayor tiempo que genera capacidad térmica y eleva la conductividad calorífica. Otra factor posible, es la relación C/N que es menor (mayor contenido de nitrógeno) y ocasiona mayor actividad microbiana.

**c) Hojas de Siquili:** la temperatura de las hojas de siquili va incrementándose lentamente hasta alcanzar un valor máximo de 27° C en el día 8, disminuyendo inestablemente hasta

alcanzar una temperatura de 20° C, la misma que fue estabilizándose en el tiempo. De acuerdo al valor de C/N existe un desarrollo equilibrado de los microorganismos.

Las temperaturas de los diferentes materiales vegetales se encontraron dentro los rangos de 15-45° C. Como indica (Bollo, 2001), si las temperaturas se encuentran dentro de estos rangos durante el proceso pueden trabajar los microorganismos mesófilos que se encargan de regular el pH.

#### 4.1.4 Disminución de Peso de los Sustratos Elaborados

Los diferentes materiales vegetales presentaron disminución de peso durante el proceso de descomposición. El cuadro 4.2, presenta el peso inicial de los diferentes materiales vegetales, el tiempo de descomposición de cada material y la disminución de peso del sustrato elaborado.

**Cuadro 4.2**  
**PESO INICIAL DE LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES Y**  
**PESO FINAL DEL SUSTRATO ELABORADO**

Volumen de cajas (m <sup>3</sup> )	Material Vegetal	Peso Inicial (kg) Materia Verde	Nº de Días Descomposición	Peso Final (kg) Sustrato Elaborado
2,1	h. de Plátano	70	37	59,5
2,1	p. de Café	70	32	52,5
2,1	h. de Siquili	70	19	63

Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo (2004)

Los materiales vegetales después de haber completado el proceso de descomposición demostraron reducción en el peso en distinta proporciones.

El peso inicial de las hojas de plátano fue de 70 kg después de 37 días el peso del sustrato elaborado fue de 59.5 kg, con un porcentaje de disminución de 15%. La pulpa de café presento un peso inicial de 70 kg, el día 32 se pudo determinar la disminución de peso a 52.5 kg con un porcentaje de reducción de 25%. Por ultimo, las hojas de siquili presentó un peso inicial de 70 kg después de 19 días el peso se redujo a 63 Kg, el porcentaje de reducción fue de 7%. Como indica Pineda (1994), el peso inicial del alimento debe ser mayor debido al efecto de compactación, ello depende del tipo de rastrojo.



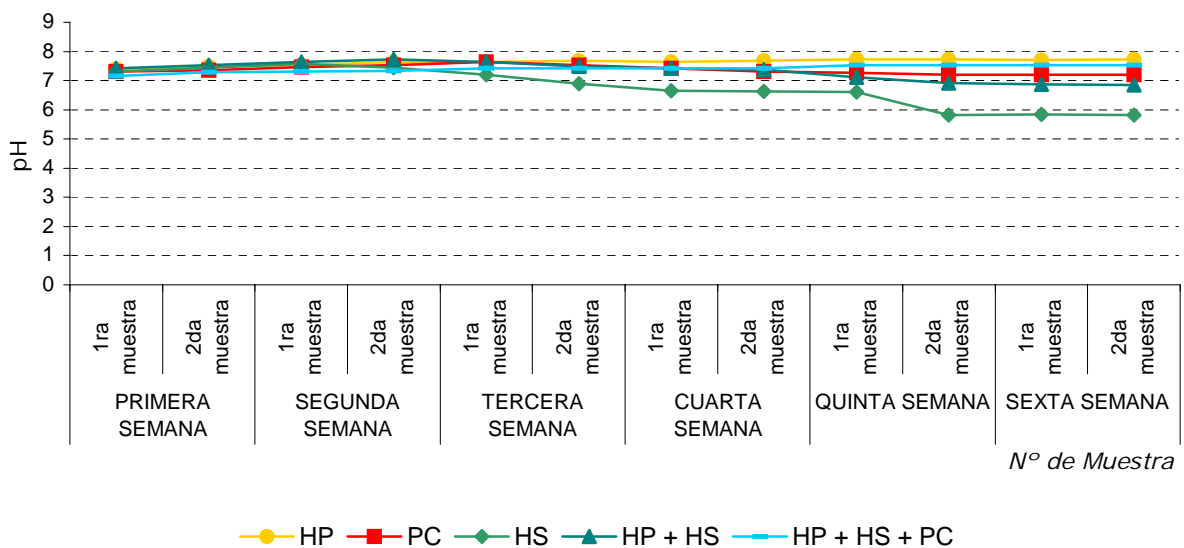
## 4.2 EVALUACION DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LA LOMBRIZ ROJA

La producción de humus de lombriz depende del medio en el que se desarrollan las lombrices rojas. Para ello, es necesario conocer el comportamiento de la temperatura, pH, humedad y aireación de la cuna o lecho.

### 4.2.1 pH del Sustrato

El comportamiento de pH de los diferentes sustratos esta muy relacionado con el contenido de humedad de cada tratamiento. El gráfico 4.3, presenta el comportamiento de pH, en los diferentes sustratos o tratamientos.

**Gráfico 4.3**  
**COMPORTAMIENTO DE pH, EN LOS DIFERENTES SUSTRATOS ELABORADOS POR TRATAMIENTO**



a) **HP**= hojas de plátano

b) **PC**= pulpa de café

c) **HS**= hojas de siquili

c) **HP+HS** = hojas de plátano + hojas de siquili

d) **HP + PC + HS** = hojas de plátano + pulpa de

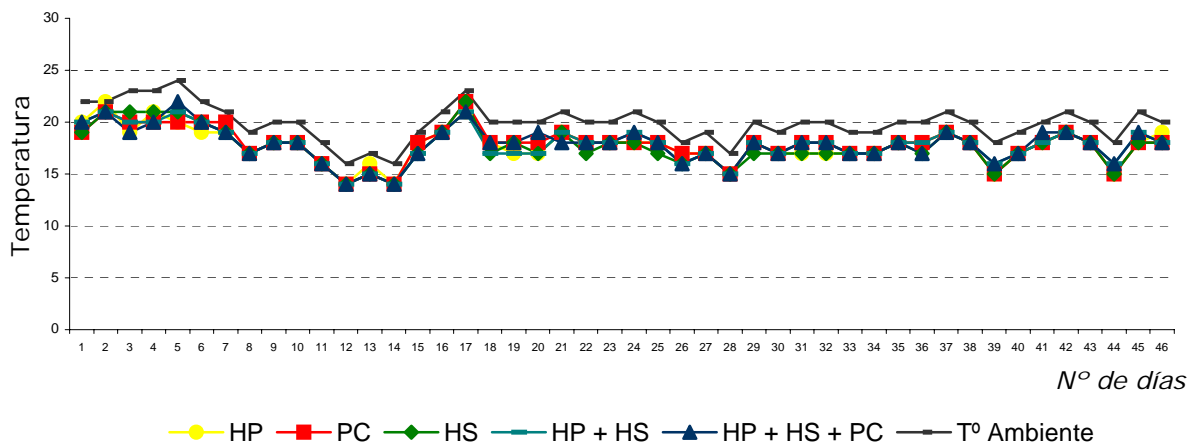
café + hojas de siquili

Los valores de pH de los tratamientos: T-1 (hojas de plátano) con 7.17, T-2 (pulpa de café) con 7.2 y T-5 (hojas de plátano, pulpa de café, hojas de siquili) con 7.52, muestran neutralidad. Sin embargo, el T-4 (hojas de plátano, hojas de siquili) con 6.85 y el T-3 (hojas de siquili) con 6.12 presentan acidificación, esto podría deberse a la pérdida de humedad de los sustratos porque fue necesario adicionar mayor cantidad de agua durante el riego ya que el agua de la zona de estudio tiene un pH de 6.54.

#### 4.2.2 Temperatura del Sustrato

El comportamiento de temperaturas de los sustratos que se encuentran dentro de las cunas de cañihueca (carrizo), se presentan en el gráfico 4.4, la variación de temperaturas es debido a que las cunas se encuentran instaladas a condiciones ambientales no controladas.

**Gráfico 4.4**  
**COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA DE LOS**  
**SUSTRATOS ELABORADOS POR TRATAMIENTO**



La temperatura ambiente del lombricario osciló entre 16-23<sup>o</sup> C que fue superior a la del sustrato. Asimismo, el comportamiento de las temperaturas dentro del sustrato fue variable por las condiciones del medio en el que se instalaron las diferentes cunas.

Las temperaturas registradas durante el día oscilan entre 14-21<sup>o</sup> C, en el que no se tomaron en cuenta las temperaturas durante la noche, pero se estima que estas fueron inferiores a

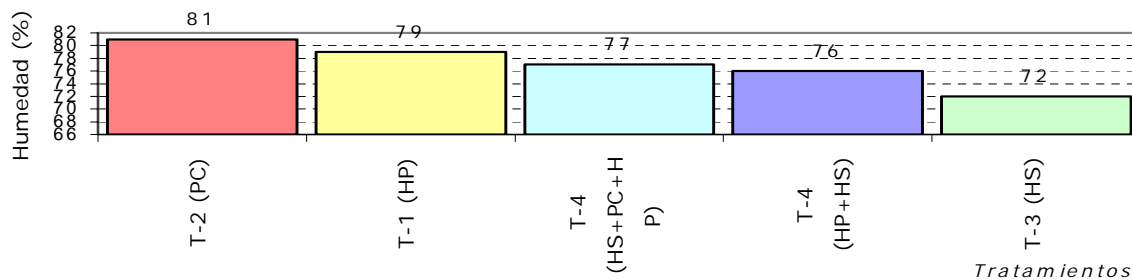
las registradas. Los datos demuestran que los diferentes sustratos terminaron el proceso de descomposición (previamente a la siembra), por lo que, el presente trabajo no respalda el estudio que realizó Huaynoca (2002) en el que indica que los diferentes sustratos continuaron con el proceso de descomposición dentro de las cunas definitivas, por ello, las temperaturas registradas fueron superiores a 22° C.

Se pudo comprobar la tolerancia de las lombrices a cambios de temperaturas. Como indica Sánchez (2003) la lombriz roja es la especie más cultivada en el mundo entero por su tolerancia a los factores ambientales.

#### 4.2.3 Humedad de Sustratos

La de retención de humedad y la frecuencia de riego está relacionada con la temperatura del medio. El gráfico 4.5, muestra el porcentaje de humedad de los diferentes tratamientos.

**Gráfico 4.5**  
**PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS DIFERENTES SUSTRATOS ELABORADOS POR TRATAMIENTO**



El T-2 (pulpa de café) es el sustrato que retiene mayor porcentaje de humedad con un valor de 80.94 %, seguidos por los tratamientos: T-1 (hojas de plátano) con 78.86%, T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili), con 77.53%, T-4 (hojas de plátano y hojas de siquili), con 75.85% y por último el T3 (hojas de siquili) con 72.16 % es el sustrato con menor porcentaje de humedad.

El cuadro 4.3, muestra los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza de los diferentes tratamientos.

**Cuadro 4.3**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE PORCENTAJE DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO**

Fuente Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	9,43444445	1978,948889	0,08	0,9684
Tratamiento	4	7915,795556	37,10177379	3,34	0,0001
Error	892	33094,78222			
Total	899				

CV= 7.49%

El análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa en el comportamiento de humedad de los sustrato por cada bloque, podría deberse a las condiciones ambientales y al tipo de sustrato. Sin embargo, existe diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ), en el comportamiento de humedad de los diferentes tratamientos de estudio. Por lo tanto, la diferencia entre los diferentes tratamientos no es necesariamente al azar, esta diferencia podría deberse a la mayor o menor pérdida de humedad en un determinado sustrato.

El coeficiente de variación es de 7.90 %, este valor determina la confiabilidad de los datos obtenidos.

La prueba de Duncan cuadro 4.4, muestra la diferencia estadística entre los tratamientos: T-2, T-1, T-5, T-4 y T-3.

**Cuadro 4.4**

**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE DUNCAN AL (0.05%)**

Tratamiento	Sustrato	HUMEDAD	Duncan
PC	pulpa de café	80.94	a
HP	hojas de plátano	78.86	b
HP+PC +H S	pulpa de café+pulpa de café + hojas de siquili	77.53	c
HP + HS	hojas de plátano + hojas de siquili	75.85	d
HS	hojas de siquili	72.16	e

Es posible que la diferencia estadística entre tratamientos se deba al tipo de material ya que la pulpa de café (T-2) y las hojas de plátano (T-1) son suaves y retienen por mayor tiempo humedad. Los anteriores materiales suaves mezclados con las hojas de siquili (T-5)

proporcionan humedad a estas hojas. Asimismo, las hojas de plátano mezcladas con las hojas de siquili no es suficientes porque pierden en menor tiempo su humedad en. Por último el T-3 no absorbe con facilidad agua y la retención de humedad es menor. De acuerdo a los resultados obtenidos el porcentaje de humedad determina la frecuencia de riego que debe realizarse en cada sustrato Ferruzi (1994). Asimismo, posibilita que las lombrices puedan succionar sus alimentos y puedan deslizarse a través del material (Sánchez, 2003).

### 4.3 REPRODUCCIÓN Y PESO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

Existe una estrecha relación entre la reproducción y el peso de las lombrices con la producción de humus. Del mismo modo, las diferentes características del sustrato favorece a la reproducción e incremento de peso las lombrices.

#### 4.3.1 Análisis de Contenido de Celulosa de los Sustratos Vegetales Base

El contenido de celulosa resulta muy eficaz para estimular la reproducción (Valdivia, 1995). El cuadro 4.5, muestra el contenido de celulosa de los diferentes sustratos bases.

**Cuadro 4.5**  
**ANÁLISIS DE CONTENIDO DE CELULOSA**  
**EN SUSTRATOS VEGETALES BASE**

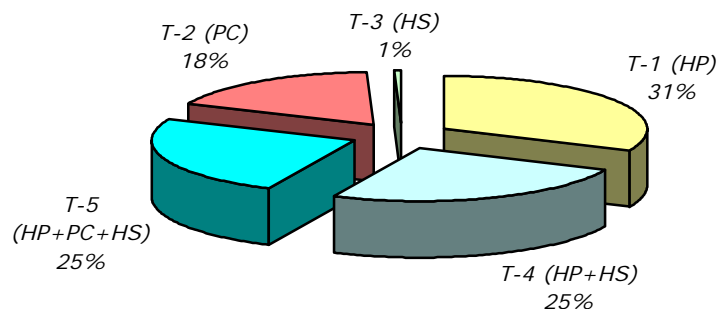
Sustrato	% CELULOSA
Hojas de siquili	17,9
Hojas de plátano	16,6
Pulpa de café	14,34

Fuente: Análisis Efectuados en Laboratorios de Seladis (2004)

#### 4.3.1.1 Número de cocones por tratamiento

El número de cocones de los diferentes tratamientos está relacionado con la humedad, suavidad, contenido de celulosa y ácidos tánicos en cada sustrato. El gráfico 4.6, muestra el porcentaje de cocones en cada tratamiento.

**Gráfico 4.6**  
**PORCENTAJE DE NUMERO DE COCONES POR TRATAMIENTO**



El T-1 (hojas de plátano), con 31% es el alimento con mayor número de cocones, seguida por los tratamientos: T-4 (hojas de plátano, hojas de siquili) con 25% cocones, T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 25% cocones, T-2 (pulpa de café) con 18% cocones y el T-3 (hojas de siquili) con 1%, es el alimento con menor contenido de cocones.

El cuadro 4.6, muestra el análisis de varianza de número de cocones por tratamiento:

**Cuadro 4.6**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE NUMERO DE COCONES POR TRATAMIENTO**

Fuente variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	61532	20510.6	0.17	0.9142
Tratamiento	4	8585183	2146295.7	17.85	0.0001
Error	12				
Total	19				

C.V = 18.17%

No existen diferencias significativas entre el número de cocones por cada bloque, la similitud puede deberse a la instalación de las cunas y también a las condiciones ambientales. Sin embargo, existe diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ) entre el número de cocones por cada tratamiento. Esta diferencia no es necesariamente al azar, probablemente se deba a las características del alimento, humedad y suavidad del mismo.

El coeficiente de variación es de 18.07 %, este valor señala que los datos son confiables.

El cuadro 4.7, determina la prueba de rango múltiple de Duncan, según los resultados se puede observar que no existe similitud estadística entre los tratamientos 1 y 3, pero existe similitud estadística entre los tratamientos 4, 5 y 5, 2.

**Cuadro 4.7**  
**PRUEBA DE SIGNIFICACIA, SEGÚN DUCAN AL 0.05%**

Tratamiento	Sustrato	Nº de COCON	Duncan
1	hojas de plátano	1.948	a
4	hojas de plátano + hojas de siquili	1562	ab
5	h. plátano + pulpa de café + h. siquili	1530	ab
2	pulpa de café	1092	bb
3	hojas de siquili	42	c

La prueba de Duncan, determina las diferencias estadísticas entre el número de cocones, por lo que, el mayor número se encuentra en el tratamiento T-1 con 1948 cocones, asimismo, el análisis de laboratorio indica que el contenido de celulosa es de 16.6% (superior al de proteína 6.76%), también estas hojas son suaves y retienen mayor tiempo su humedad. Como menciona Huaynocha (2002), la humedad y el contenido de celulosa favorece a la reproducción de las lombrices.

El T-3 con 42 es el sustrato con menor número de cocones. El análisis de laboratorio indica, que las hojas de siquili contienen 17.90% (superior al contenido de proteínas 11.50%) de celulosa. De igual forma, contienen taninos (CIPAV, 1999) que no es palatable para las lombrices adultas (Meinicke, 1988), además de ser un material duro y retienen por menor tiempo su humedad.

La similitud estadística en los tratamientos: T-4 con 1562 y el T-5 con 1530, indican que en los sustratos en el que intervienen las hojas de plátano existe mayor número de cocones. También la similitud estadística entre los tratamientos: T-5 con 1530 y T-2 con 1092, podría deberse a la pulpa de café ya que éste material contiene (15.89%) mayor porcentaje de proteína (superior al de celulosa) que favorece al desarrollo de las lombrices (Valdivia 1995).

#### 4.3.1.2 Número de lombrices nacidas

El cuadro 4.8, presenta el número de días de eclosión de cocones, número de lombrices nacidas y el numero de lombrices nacidas por cocón.

**Cuadro 4.8**  
**NUMERO DE LOMBRICES NACIDAS POR COCON**

Sustrato Vegetal	Nº de Días de Eclosión	Nº de Lombrices Nacidas	Promedio de Lombrices Nacidas por Cocón
T-1 (HP)	27-35	100	5
T-2 (PC)	27-35	50	2-3
T-3 (HS)	27-35	20	1
T-4 (HP + HS)	27-35	80	4
T-5 (HP + PC + HS)	27-35	60	3

Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo (2004)

Los diferentes sustratos presentan variabilidad en el número de lombrices nacidas por cocón. El T-1 (hojas de plátano) con 5 lombrices nacidas por cocón. Seguida por los tratamientos: T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 4 lombrices, T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 3 lombrices, T-2 (pulpa de café) con 2-3 lombrices y el T-3 (hojas de siquili) con 1 lombriz.

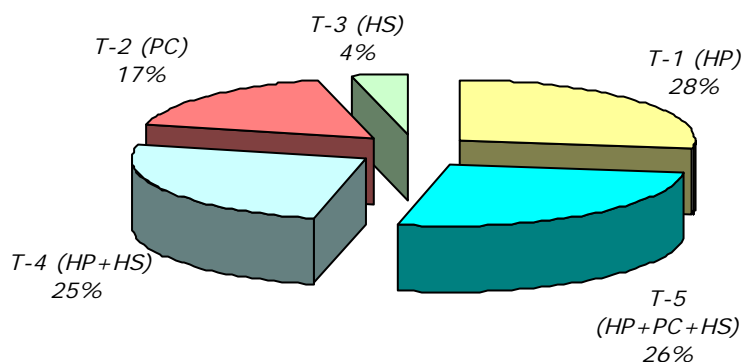
El mayor número de lombrices nacidas están en los tratamientos: T-1, T-4 y T-5, es posible la humedad y suavidad de las hojas de plátano ayuden a la alimentación de las lombrices recién nacidas. En el T-2 el número de lombrices nacidas oscila entre 2-3, el posible que al nacer las diminutas lombrices se asfixien por el mayor porcentajes de humedad del sustrato. El T-3 es el tratamiento con 1 lombriz nacida, esto podría deberse a la dureza del material que dificulta la alimentación de las pequeñas lombrices.

#### 4.3.1.3 Número de lombrices juveniles

La cantidad de lombrices juveniles por cada tratamiento depende de las características del alimento tanto en humedad, suavidad, y palatabilidad ya que las pequeñas lombrices succionan y se adaptan a éste. El gráfico 4.7, muestra el porcentaje de lombrices juveniles presentes en cada tratamiento.



**Gráfico 4.7**  
**PORCENTAJE DE NUMERO DE LOMBRICES JUVENILES POR TRATAMIENTO**



El T-1 con 28% es el sustrato con mayor número de lombrices juveniles, seguida por los tratamientos: T-5 con 26%, T-4 con 25%, T-2 con 17% y por último el T-3 con 4% es el sustrato con menor número de lombrices juveniles,

El cuadro 4.9, indica el análisis de varianza del número de lombrices juveniles por tratamiento.

**Cuadro 4.9**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE NUMERO DE LOMBRICES JUVENILES POR TRATAMIENTO**

Fuente Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	304495.6	101498.5	2.33	0.1265
Tratamiento	4	6970070.7	1742517.6	39.92	0.0001
Error	12				
Total	19				

C.V. = 15.46 %

El análisis estadístico determina la no existencia significativa en el número de lombrices juveniles por cada bloque, ésta similitud puede atribuirse a las condiciones ambientales que se encuentran las cunas. No obstante existe diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ) entre el número de lombrices juveniles por tratamiento. Por lo tanto, esta diferencia no es necesariamente al azar, sino a las características del alimento, humedad y suavidad del mismo.

El coeficiente de variación es de 15.46 %, este valor determina que los datos tabulados son confiables.

El cuadro 4.10, indica la prueba de rango múltiple de Duncan, de acuerdo a los promedios se puede establecer la diferencias estadísticas entre los tratamientos 1,2 y 3, asimismo, la similitud estadística entre los tratamientos 5 y 4.

**Cuadro 4.10**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA SEGÚN DUNCAN AL 0.05%**

Tratamiento	Sustrato	Nº JUVENILES	Duncan
1	Hojas de plátano	1.848	a
5	h. de plátano +pulpa de café +h. de siquili	1769	aa
4	hojas de plátano + hojas de siquili	1697	aa
2	pulpa de café	1175	b
3	hojas de siquili	269	c

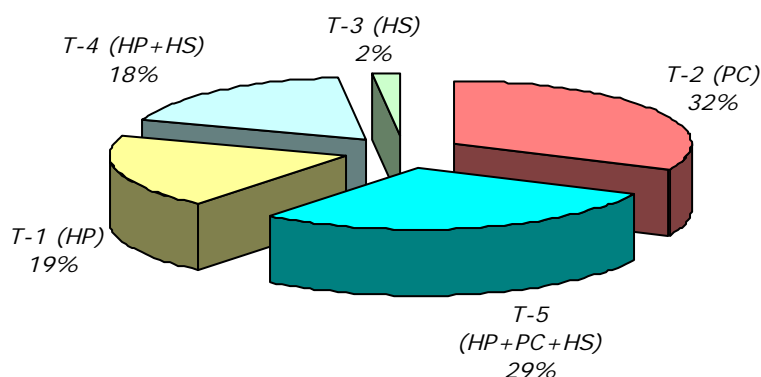
La prueba de rango múltiple de Duncan al 0.05%, muestra que el T-1 con 1848 es el sustrato con mayor número de lombrices juveniles, este resultado se podría atribuir al número de lombrices nacidas por cocón, a la suavidad y humedad del alimento ya que las pequeñas lombrices succionan éste con mayor facilidad. El T-2 con 1175, el menor número de lombrices juveniles se lo podría atribuir al menor número de lombrices nacidas por cocón. Por último el T-3 con 269 es el sustrato con menor cantidad de lombrices juveniles y esta minoría se la puede asignar a la menor cantidad de cocones en el sustrato, además de ser un alimento duro para las lombrices, como determina Huaynoca (2002) la cantidad de humedad presente en el alimento determina la cantidad de lombrices juveniles.

Los resultados demuestran que existe similitud entre los tratamientos T-5 con 1769 y T-4 con 1697 lombrices juveniles, esta similitud se atribuye a la presencia de las hojas de plátano en los diferentes tratamientos (información corroborada por el número de cocones por tratamiento), también a la humedad de los diferentes sustratos ya que las hojas de siquili mezcladas con otros sustratos retienen por mayor tiempo humedad y son suaves.

#### 4.3.1.4 Número de lombrices adultas

El número de lombrices adultas (edad reproductiva) depende de las características del sustrato elaborado como: humedad, suavidad y contenido de proteínas y contenido de taninos. El gráfico 4.8, muestra el porcentaje de lombrices adultas.

**Gráfico 4.8**  
**PORCENTAJE DE NUMERO DE LOMBRICES ADULTAS POR TRATAMIENTO**



El sustrato que contiene mayor número de lombrices adultas es el T-2 (pulpa de café) con 32%, seguida por los tratamientos: T-5 (hojas de plátano, pulpa de café y hojas de siquili) con 29%, T-1 (hojas de plátano) con 19%, T-4 (hojas de plátano y hojas de siquili) con 18% y por último el T-3 (hojas de siquili) con 2% es el sustrato que contiene menor número de lombrices adultas.

El cuadro 4.11, muestra el análisis de varianza de acuerdo al número de lombrices adultas por tratamiento.

**Cuadro 4.11**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE LOMBRICES ADULTAS**

Fuente variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	53845.000000	17948.3333	1.39	0.2942
Tratamiento	4	3583998.5000	895999.62500	69.24	0.0001
Error	12				
Total	19				

C.V. = 14.15%

El análisis de varianza indican que no existe diferencias significativas entre el número de lombrices adultas en cada bloque, esta similitud puede deberse a la instalación de las cunas y a las condiciones ambientales del medio en que viven. También el análisis muestra la diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ) en el número de lombrices adultas por cada tratamientos. Por lo tanto, la diferencia entre tratamientos no es necesariamente al azar, podría deberse a las características del sustrato como: humedad, suavidad, pH y a la capacidad de adaptación de las lombrices al nuevo sustrato.

El coeficiente de variación es de 14.15 %, éste determina la confiabilidad de los datos elaborados.

El cuadro 4.12, indica la prueba de rango múltiple de Duncan, según los resultados existe diferencia significativa entre los tratamientos 2,5,1,4, y 3. También muestra similitud estadística entre los tratamientos 2 y 5, asimismo, en 1 y 4.

**Cuadro 4.12**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA SEGÚN DUNCAN AL 0.05%**

Tratamiento	Sustrato	Nº ADULTOS	Duncan
PC	pulpa de café	1281	a
HP + PC + HS	hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili	1160.5	a
HP	hojas de plátano	781.75	b
HP + HS	hojas de plátano + hojas de siquili	721.0	b
HS	hojas de siquili	73.25	c

Los tratamientos: T-2 con 1281 y T-5 con 1160 lombrices adultas. Es posible que la presencia de la pulpa de café en los dos tratamientos ayudaron al crecimiento de las lombrices porque tiene 15.89% (ver cuadro 4.) de proteínas (superior al de celulosa). Asimismo, la pulpa de café es un material que retiene humedad y es suave.

Los tratamientos: T-1 con 782 y T-4 con 721 lombrices adultas. Probablemente la similitud estadística se deba al mayor contenido de celulosa (superior al de proteína) que tienen éstos sustratos ya que éste favorece a la reproducción de las lombrices (Valdivia, 1995).

La diferencia estadística entre los tratamientos: T-2, T-5, T-1, T-4 y T-3 con 73 lombrices adultas, podría deberse a la presencia de taninos en las hojas (CINPAV, 1999) ya que esta

sustancia no es palatable para las lombrices (Meinicke, 1988), además las hojas son duras y pierden humedad rápidamente.

#### 4.3.2 Peso de Lombrices

El peso de las lombrices esta relacionado con el rendimiento en producción de humus, como indica (Sanchez, 2003) las lombrices comen una ración diaria que tiende su propio peso, de la cual un 60% se traduce en abono y el 40% es asimilado y utilizado como fuente de energía.

##### 4.3.2.1 Análisis de contenido de proteína de los sustratos bases

El contenido de proteína favorece al engorde de las lombrices (Valdivia, 1995). Para comprobar esta teoría se realizó un análisis bromatológico (Cuadro 4.13) para conocer el contenido de proteína de los sustratos bases.

**Cuadro 4.13**  
**ANÁLISIS DE CONTENIDO DE PROTEINA**  
**EN SUSTRATOS BASES**

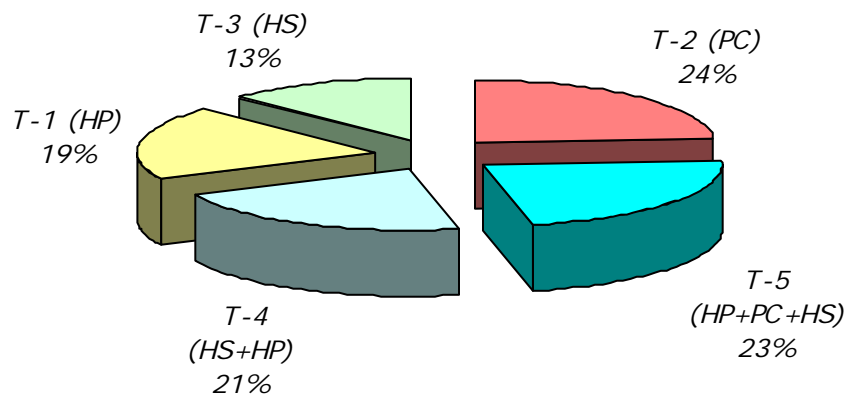
Sustrato	% PROTEINA
Pulpa de café	15,89
Hojas de siquili	11,5
Hojas de plátano	6,76

Fuente: Análisis Efectuado en Laboratorios de Seladis (2004)

##### 4.3.2.2 Peso de lombrices

El peso esta relacionado con la cantidad de alimento que consumen las lombrices, en el cual, una cantidad es utilizado para sus funciones vitales y el restante es excretado y convertido en humus. El gráfico 4.9, muestra el porcentaje en peso de lombrices por cada tratamiento.

**Gráfico 4.9**  
**PORCENTAJE DE PESO DE LOMBRICES POR TRATAMIENTO**



El T-2 (pulpa de café) es el alimento con 24% es el tratamiento con mayor porcentaje en incremento de biomasa de las lombrices, seguida por los tratamientos: T-5 (hojas de plátano, pulpa de café y hojas de siquili) con 22%, T-4 (hojas de plátano y hojas de siquili) con 21%, el T-1 (hojas de plátano) con 20% y el alimento con menor incremento en peso es el T-3 (hojas de siquili) con 13%.

El cuadro 4.14, presenta el análisis estadístico del peso de lombrices pertenecientes a los diferentes tratamientos.

**Cuadro 4.14**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE PESO DE LOMBRICES POR TRATAMIENTO**

Fuente variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	0.00352625	0.00117542	0.34	0.7933
Tratamiento	4	1.94071382	0.48517446	142.13	0.0001
Error	12				
Total	394				

C.V.= 16.12 %

El análisis de varianza, indica que no existe diferencia significativa en el peso de las lombrices por cada bloque, la semejanza entre tratamientos podría deberse a las características ambientales y a las características de cada sustratos. También muestra la diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ), en el peso de lombrices por tratamiento. Por lo tanto, esta diferencia no es necesariamente al azar, podría deberse a las características de los diferentes sustratos como: la humedad, suavidad, porcentaje proteico y ácidos tánicos.

El valor del coeficiente de variación es de 16.12%, este valor indica que los datos tabulados son confiables.

A continuación el cuadro 4.15, muestra la prueba de rango múltiple de Duncan al (0.05%) según los resultados tabulados los tratamientos: 2,5,4,1 y 3 no presentan similitud estadística.

**Cuadro 4.15**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA SEGÚN DUNCAN AL (0.05%)**

Tratamiento	Sustrato	PESO (mg.)	Duncan
PC	pulpa de café	0.433987	a
HP + PC + HS	hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili	0.412138	b
HP + HS	hojas de plátano + hojas de siquili	0.383113	c
HP	hojas de plátano	0.352700	d
HS	hojas de siquili	0.234113	e

Los diferentes tratamientos presentan diferencias estadísticas. El T-2 con 0.43 mg es el sustrato con mayor peso de lombrices porque la pulpa de café es suave y retiene humedad, asimismo, las lombrices se adaptaron a éste con facilidad, es probable que las proteínas (15.89%) presentes en este sustrato (superior al contenido de celulosa), favorecieron al incremento de peso de las lombrices (Valdivia, 1995). Seguidamente la presencia de la pulpa de café en la mezcla del T-5 con 0.41 mg favoreció al incremento de peso de las lombrices.

En el T-4, el peso es de 0.38 mg, posiblemente las lombrices asimilaron las proteínas de las hojas de siquili (11.50%) que ayudó en el aumento de éste. También se pudo determinar que las lombrices alimentadas con el T-1 tienen 0.35 mg, por lo que, se puede definir que la humedad y suavidad de las hojas de plátano no intervino en éste. Posiblemente el menor contenido de proteínas (6.76%) no ayudó al incremento de peso de las lombrices ya que este sustrato tiene más celulosa (16.6%).

Por último el T-3 con 0.23 mg, es el sustrato que contiene menor peso en lombrices, es posible que la dureza del sustrato impidió el consumo de éste. También el contenido de taninos en las hojas (CINAV, 1999) no fue palatable para las lombrices (Meinicke, 1988).

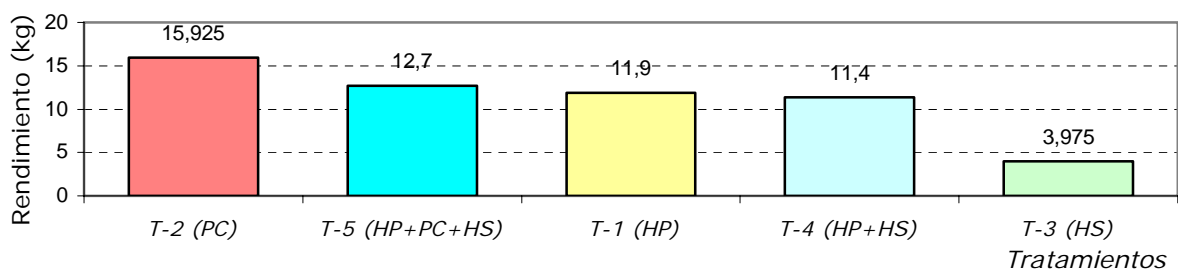
#### 4.4 RENDIMIENTO DE HUMUS Y CALIDAD DE HUMUS PRODUCIDO

Se ha comprobado que el rendimiento y calidad de humus depende del tipo de sustrato, manejo durante la crianza de las lombrices, número y peso de lombrices.

##### 4.4.1 Rendimiento de Humus de Lombriz

El rendimiento de humus, es la cantidad de estiércol que producen las lombrices. El gráfico 4.10, muestra el rendimiento de humus de lombriz producido con un determinado sustrato.

**Gráfico 4.10**  
**RENDIMIENTO DE HUMUS DE LOMBRIZ EN KILOGRAMOS**



El T2 (pulpa de café) con 15.925 Kg., es el sustrato con mayor producción de humus, seguida por los tratamientos: T-5 (hojas de plátano, pulpa de café, hojas de siquili) con 12.7 Kg., T-2 (hojas de plátano) con 11.9 Kg., T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 11.4 Kg. y el T-3 (hojas de siquili) con 3.975 Kg. es el sustrato con menor rendimiento en humus producido.

El análisis de varianza del cuadro 4.16, muestra el rendimiento de humus por cada tratamiento.

**Cuadro 4.16**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO DE HUMUS DE LOMBRIZ EN (Kg.), POR TRATAMIENTO**

Fuente variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bl oque	3	0.90000000	0.30000000	1.02	0.4187
Tratamiento	4	309.21700000	77.30425000	262.42	0.0001
Error	12				
Total					

CV= 4.85%



El análisis de varianza indica, que no existe diferencia significativa en el rendimiento de humus producido por cada bloque, la similitud podría deberse a las condiciones ambientales, instalación de cunas, manejo del lecho y al tipo de sustrato. También el análisis de varianza establece la diferencia estadística entre tratamientos. Esta diferencia se la atribuye a las características de cada sustrato, capacidad de adaptación, reproducción y desarrollo de las lombrices.

El coeficiente de variación es de 4.85 %, este valor determina que los datos son confiables.

El cuadro 4.17, presenta la prueba de rango múltiple de Duncan al 0.05%, en el que, existe similitud estadística entre los tratamientos: T-1 y T-4. Asimismo, muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos: T-2, T-5 y T-3

**Cuadro 4.17**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA SEGÚN DUNCAN AL (0.05%),**  
**RENDIMIENTO DE HUMUS DE LOMBRIZ EN KILOGRAMOS**

<b>Tratamiento</b>	<b>Alimento</b>	<b>Rendimiento Humus</b>	<b>Duncan</b>
2	pulpa de café	15.925	a
5	h. de plátano pulpa de café + h.de siquili	12.700	b
1	hojas de plátano	11.900	bc
4	hojas de plátano + hojas de siquili	11.400	cc
3	hojas de siquili	3.975	d

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos: T-2 (pulpa de café) con 15.925 Kg., T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 12.700 Kg. y el T-3 (hojas de siquili) con 3.975 Kg.

El T-2, es el sustrato que conserva por mayor tiempo humedad, es suave, contienen mayor número de lombrices adultas que producen mayor cantidad de humus. Seguida por el T-5 en el que las hojas de plátano y pulpa de café proporcionan humedad a las hojas de siquili, estas se suavizan y son palatables para las lombrices. Existe mayor número de lombrices juveniles en comparación al número de lombrices adultas y es el segundo tratamiento con mejor rendimiento en producción de humus. Por último, el T-3 es el sustrato con menor rendimiento de humus, porque éste no conserva humedad y es duro, el contenido de taninos

origina que las hojas no sean palatables para las lombrices y exista menor número de lombrices juveniles y adultas.

Los tratamientos que tienen similitud estadística son: T-1 (hojas de plátano) con 11.900 y el T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 11.400. La similitud estadística podría deberse a que en el T-1 existe mayor número de lombrices juveniles y en el T-4 la presencia de las hojas de siquili origina que este sustrato pierda en menor tiempo su humedad y las lombrices prefieran consumir las hojas de plátano y en menor proporción las hojas de siquili. Por ello, las lombrices consumieron o prefirieron (en el caso del T-4) las hojas de plátano.

#### 4.4.1.1 Total de humus producido

Durante la cosecha de humus producido se determinó el rendimiento total en los diferentes tratamientos. El cuadro 4.18, muestra el rendimiento total de humus producido, residuos de sustrato (no consumido) y la cantidad de alimento consumido por las lombrices.

**Cuadro 4.18**  
**RENDIMIENTO TOTAL DE HUMUS ELABORADO**

Tratamiento	Peso Sustrato (Kg.)	(%)	Humus Elaborado (Kg.)	(%)	Consumo (Kg.)	(%)	Residuos (kg)	(%)
T-1 (HP)	88	100	47,6	54	29,4	34,7	11	11,3
T-2 (PC)	110	100	63,7	58	41,8	38	4,5	4
T-3 (HS)	52	100	15,9	28,39	9,1	16	27	52
T-4 (HP+HS)	90	100	46	51	27	30,2	17	18,8
T-5 (HP+PC+HS)	90	100	50,8	56	32,4	36,5	6,8	7,5

Fuente: Elaboración Propia Trabajo de Campo (2004)

El mayor rendimiento de humus pertenece al T-2 (pulpa de café) se utilizó 110 Kg. de sustrato para alimentar a las lombrices, por lo que las lombrices elaboraron 63.700 Kg. (58%) de humus. También se determinó el peso del sustrato residual con 4.5 Kg. (4%) y el consumo de alimento realizada por las lombrices fue 41.800 Kg. (38%).

El segundo mejor rendimiento pertenece al T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili), en el que se suministro 90 Kg. del que elaboraron las lombrices 50.800 kg (56%) de

humus. La cantidad de residuos fue de 6.8 Kg. (7.5%) y el sustrato consumido fue de 32.4 (36.5%).

El tercer rendimiento es el T-1 (hojas de plátano) con 47.600 Kg. (54%), el sustrato residual fue de 11 Kg. (11.3%). La cantidad de sustrato que consumieron fue de 29.400 Kg (34.7%).

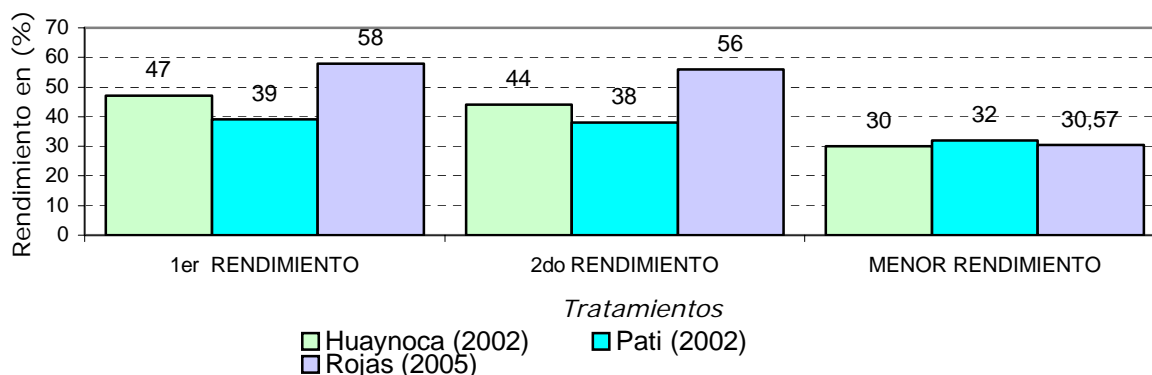
En el T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) se incorporó 90 Kg. de sustrato, las lombrices elaboraron 46 Kg. (51%), la cantidad de residuos sobrantes es de 17 Kg. (18.8%) y el consumo fue de 27 Kg. (30.2%).

El menor rendimiento es el T-3 (hojas de siquili), porque se incorporó 52 Kg. de sustrato, las lombrices elaboraron 15.900 Kg. (28.39%). La cantidad de residuos es de 27 Kg. (52%) esto es porque las lombrices no consumieron el sustrato por la dureza y presencia de taninos en las hojas.

#### 4.4.1.2 Comparación de rendimientos de humus producido con otros estudios

El gráfico 4.11, presenta los dos mayores rendimientos y el menor rendimiento de humus producido en la presente investigación y comparados con otras investigaciones.

**Gráfico 4.11**  
**COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE HUMUS PRODUCIDO EN (Kg.)**  
**COMPARADO CON OTROS ESTUDIOS**



El primer y mayor rendimiento pertenece al T-2 (pulpa de café) con 58% de humus elaborado. La investigación de Huaynoca (2002) determinó que en el tratamiento en el que interviene la pulpa de café es el sustrato con mayor rendimiento en humus con 47%. La

diferencia porcentual entre la presente investigación comparada con la Huaynoca, podría deberse al tiempo de alimentación.

Durante la presente investigación las lombrices ya estuvieron adaptadas al nuevo sustrato alimenticio por lo que el mayor rendimiento de humus es de 58%. Sin embargo, la investigación de Pati (2002) determinó que el mayor rendimiento es de 39% y pertenece al sustrato elaborado con desperdicios de mercado, asimismo, Pati determinó que durante la crianza las lombrices tuvieron que adaptarse al nuevo sustrato alimenticio.

El segundo mejor rendimiento es el T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 56% de humus producido. La investigación de Huaynoca determinó que el sustrato en el que se encuentra la mezcla de la pulpa de café y desechos vegetales, es el segundo mejor rendimiento con 44% de humus. Estos resultados indican que existen similitudes entre las dos investigaciones porque en los dos sustratos intervienen la pulpa de café, asimismo, la diferencia porcentual entre los dos rendimientos se debe al tiempo de crianza de lombrices.

El menor rendimiento de humus producido pertenece al T-3 (hojas de siquili) con 30.57% este resultado se atribuye a la mayor pérdida de humedad, presencia de taninos y lignina en las hojas de siquili. Para Huaynoca, el menor rendimiento pertenece al sustrato de gallinaza ya que éste pierde humedad en menor tiempo. También Pati determinó que la mezcla (desperdicios de mercado + ingesta de ganado bovino) es el sustrato con menor rendimiento de humus porque el sustrato requiere mayor tiempo para ser asimilado por las lombrices.

#### **4.4.2 Calidad de Humus Elaborado**

La calidad de humus producido depende principalmente de la calidad de alimento que consumen las lombrices.

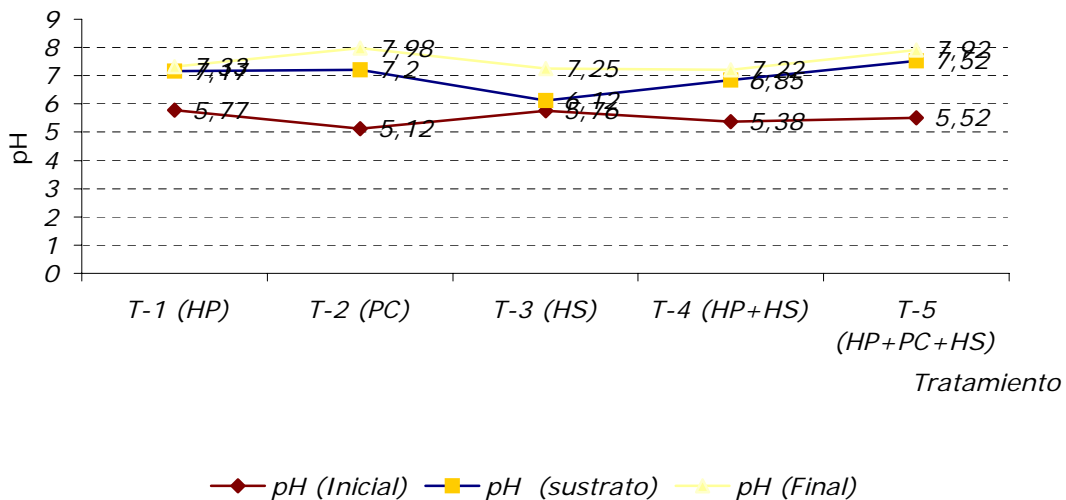
A continuación se expondrá los valores de pH, contenido de: fósforo, potasio, nitrógeno, materia orgánica y relación C/N del humus elaborado con diferentes materiales vegetales, éste comparado con anteriores investigaciones, asimismo, con otros estiércoles y por último incorporado a los suelos de la zona de estudio.

#### 4.4.2.1 Comparación de pH, de los diferentes materiales vegetales (etapa inicial), pH como sustrato y pH del humus elaborado (etapa final)

El gráfico 4.12, muestra los valores de pH en la etapa inicial de los diferentes materiales vegetales, pH del sustrato durante la crianza de las lombrices y pH final del humus elaborado.

Gráfico 4.12

**VALOR DE pH EN LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES (Etapa inicial) Vs. VALOR DE pH COMO SUSTRATO (En cunas) Vs. VALOR DE pH EN HUMUS ELABORADO (Etapa final)**

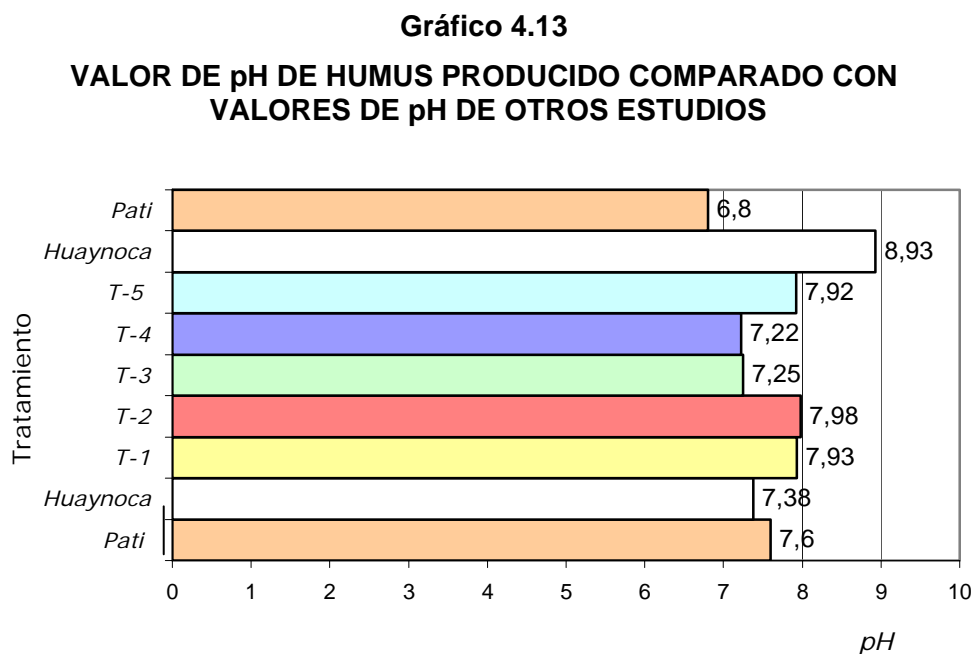


Inicialmente los tratamientos: T-1(hojas de plátano) con 5.77, T-2 (pulpa de café) con 5.12, T-3 (hojas de siquili) con 5.76, T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 5.38 y T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 5.52, tienen pH ácido.

El pH de los diferentes sustratos elaborados dentro de las cunas muestran que los tratamientos: T-1 con 7.17, T-2 con 7.2 y T-5 con 7.52, T-4 con 6.85 y T-3 con 6.12 bajaron su acidez. Por último, el pH de humus producido muestra que los tratamientos: T-1 con 7.33, T-3 con 7.25 y T-4 con 7.22 presentan neutralidad, como indica Ferruzi (1994) y Sanchez (2003) el carbonato de calcio que se encuentra dentro del estomago de las lombrices se encarga de neutralizar los ácido presentes en la comida y los tratamientos: T-2 con 7.98 y T-5 con 7.92 presentaron valores inferiores de acidez dentro de las cunas y las lombrices alimentadas con estos sustratos basificaron el alimento en sus estómagos.

#### a) Valor de pH total en el humus producido comparado con otros estudios

El cuadro 4.13, presenta los valores de pH en los diferentes tratamientos comparados con investigaciones anteriores.



T-1= Hojas de plátano  
T-2= Pulpa de café  
T-3= Hojas de siquili

T-4 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
T-5 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
+ Pulpa de café

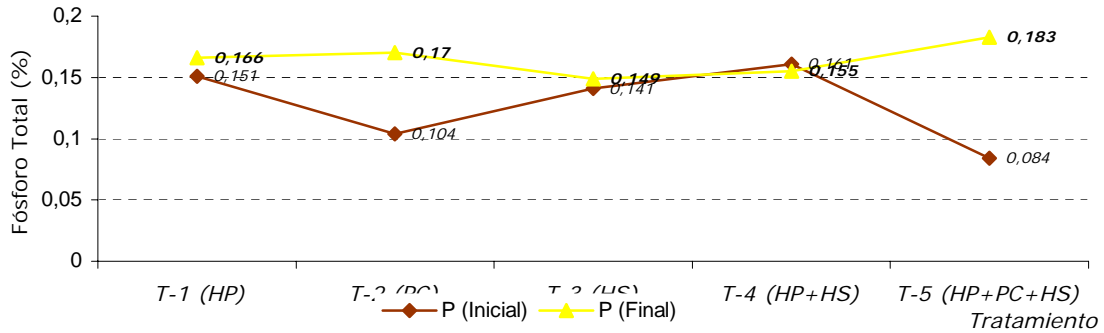
Los tratamientos T-1, T-2, T-3, T-4 y T-5 presentan un rango de pH que se encuentran entre 7.22 a 7.98. La investigación de Huaynoca (2002), determinó que el valor de pH del humus de elaboración presentan neutralidad y altos valores de basicidad (8.93). Pati determinó que el humus que produjo presenta neutralidad.

#### 4.4.2.2 Relación en el contenido de fósforo total en (%) de acuerdo a la etapa inicial o materia verde y contenido de fósforo en la etapa final o humus elaborado

El gráfico 4.14, muestra el contenido de fósforo inicial presente en los diferentes materiales vegetales y el contenido de fósforo total en el humus elaborado.

Gráfico 4.14

**CONTENIDO DE  $F_T$  (%) EN LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES (Etapa inicial)**  
**Vs. CONTENIDO DE  $F_T$  (%) EN HUMUS ELABORADO (Etapa final)**

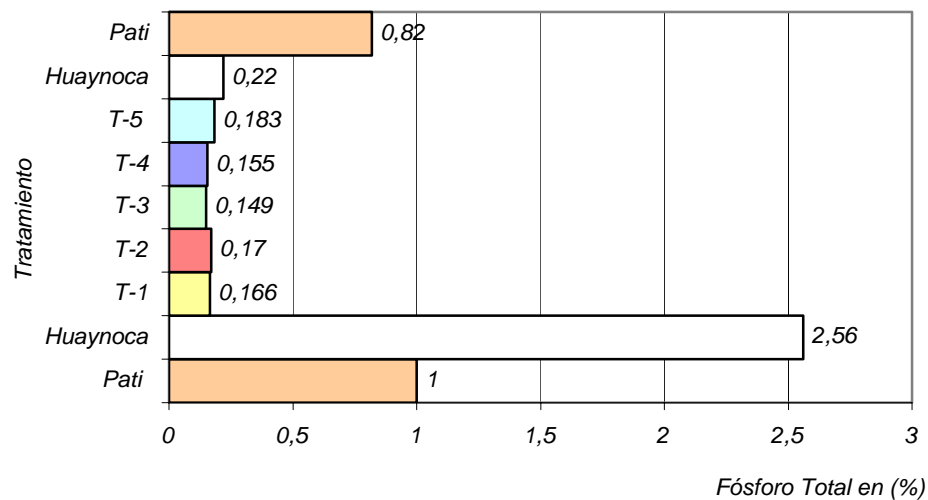


Los tratamientos: T-1 (hojas de plátano) presenta un contenido de fósforo de 0.151% previo al compostaje (inicial) y en la etapa final o humus elaborado el contenido de fósforo es de 0.166%. El T-2 (pulpa de café) con 0.104% y 0.17%. También el T3 (hojas de siquili) con 0.242 y 0.149. El T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 0.161% y 0.155%. El T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) tienen 0.084% de fósforo en la etapa inicial y en la etapa final contiene 0.183. Estos valores indican que en la etapa final existió un incremento de fósforo, podría deberse al trabajo de las enzimas que se encuentran dentro del aparato digestivo de las lombrices que se encargan de liberar el fósforo retenido en el material vegetal (Cabrera, 1988).

**a) Cantidad de fósforo total en (%) de humus elaborado comparado con otros estudios**

La cantidad de fósforo total presente en el humus elaborado con diferentes sustratos se encuentra en el gráfico 4.15, el cual, es comparada con estudios anteriores.

**Grafico 4.15**  
**CANTIDAD DE P<sub>T</sub> (%) DE HUMUS PRODUCIDO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES COMPARADO CON OTROS ESTUDIOS**



T-1= Hojas de plátano  
 T-2= Pulpa de café  
 T-3= Hojas de siquili

T-4 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
 T-5 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
 + Pulpa de café

Los diferentes tratamientos presentan valores inferiores a los resultados obtenidos por Huaynoca y Pati.

En la presente investigación se utilizaron exclusivamente sustratos vegetales para producir humus y en las investigaciones ya nombradas, utilizaron sustratos a base de estiércol de animales.

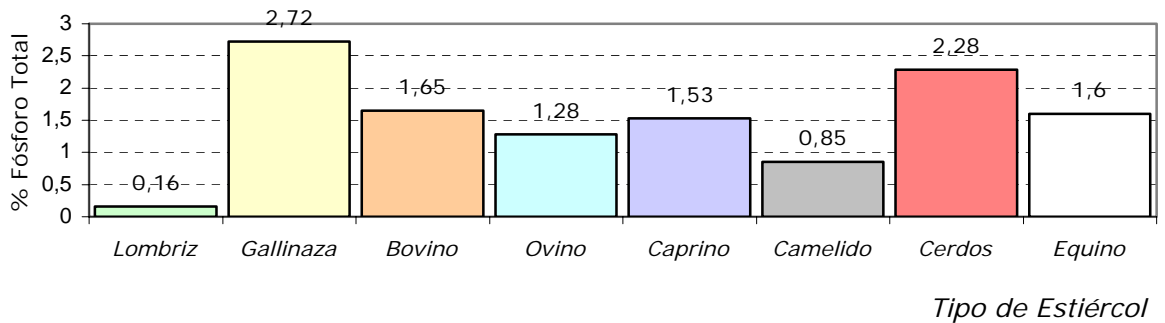
**b) Promedio en el contenido de fósforo total del humus elaborado comparado con el contenido de fósforo en diferentes estiércoles**

El gráfico 4.16, establece el promedio de fósforo total en el humus elaborado con los diferentes sustratos vegetales comparado con el promedio de fósforo de diferentes estiércoles.



**Gráfico 4.16**

**PROMEDIO P<sub>T</sub> EN EL HUMUS DE LOMBRIZ ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES Vs. PROMEDIO EN P<sub>T</sub> DIFERENTES ESTIÉRCOLES**



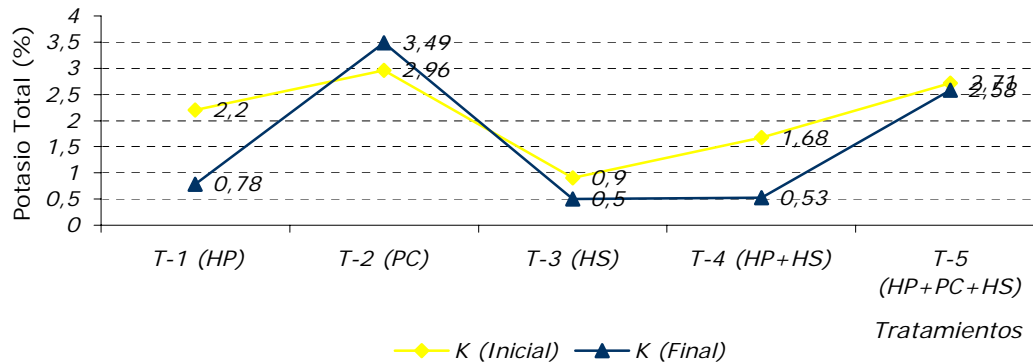
El promedio del estiércol de lombriz elaborado con diferentes sustratos vegetales tiene un porcentaje inferior al promedio de los estiércoles de: gallina, bovino, ovino, caprino, camélido, cerdo y equino. Es posible que las diferentes especies vegetales que se utilizaron para alimentar a las lombrices no asimilaron el fósforo retenido en el suelo, ya que éste se encontraría inmovilizado en los suelos de la zona de estudio porque tiene un pH inferior a 5.5 (Rodríguez, 1982). Asimismo, la presencia de proteínas en los diferentes estiércoles origina mayor cantidad de fósforo.

**4.4.2.3 Relación en el contenido de potasio total en (%) de acuerdo a la etapa inicial o materia verde y contenido de potasio en la etapa final o humus elaborado**

El contenido de potasio en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) se muestra en el gráfico 4.17, relacionado con el contenido de potasio en el humus elaborado (etapa final).

Gráfico 4.17

**CONTENIDO DE  $K_T$  (%) EN LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES (Etapa inicial)**  
**Vs. CONTENIDO DE  $K_T$  (%) EN HUMUS ELABORADO (Etapa final)**



El T2 (pulpa de café) con 2.96% de potasio total presente en la etapa inicial y el contenido de potasio del humus elaborado tiene un valor de 3.49%. El incremento podría deberse a que las enzimas (Cabrera, 1988) del aparato digestivo de las lombrices proporcionaron un valor agregado.

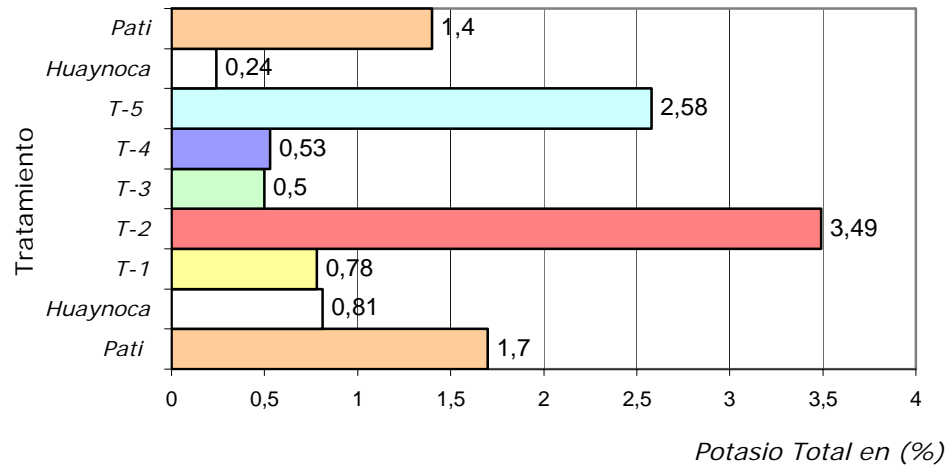
Los tratamientos: T1 (hojas de plátano) con 2.2% y 0.78%, T3 (hojas de siquili) con 0.9% y 0.5%, T4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 1.68% y 0.53% y el T5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 2.71% y 2.58%. Estos valores determina la posibilidad de una pérdida de potasio durante el proceso de descomposición, asimismo, podría deberse a que no pudieron asimilar las lombrices el potasio de los diferentes materiales vegetales.

**a) Cantidad de potasio total de humus elaborado comparado con otros estudios**

El gráfico 4.18, muestra la cantidad de potasio en el humus elaborado con los diferentes sustratos vegetales y comparados con investigaciones anteriores.

Gráfico 4.18

**CANTIDAD DE  $K_T$  (%) DE HUMUS ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES COMPARADO CON OTROS ESTUDIOS**



T-1= Hojas de plátano  
T-2= Pulpa de café  
T-3= Hojas de siquili

T-4 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
T-5 = Hojas de plátano + Hojas de siquili + Pulpa de café

Los tratamientos: 2 y 5 tienen valores superiores a los rangos mencionados por Sanchez. La presente investigación determinó que en los tratamientos donde interviene la pulpa de café se encuentran el mayor contenido de potasio en el humus elaborado, éste podría deberse al mayor contenido de potasio en este material 3.5%-3.7 (IRD,1999). La investigación Huaynoca determinó que el mayor contenido de potasio se encuentra en el humus elaborado con desechos vegetales y no así en la pulpa de café. Pati determinó que el mayor contenido de potasio se encuentra en el humus elaborado con residuos vegetales.

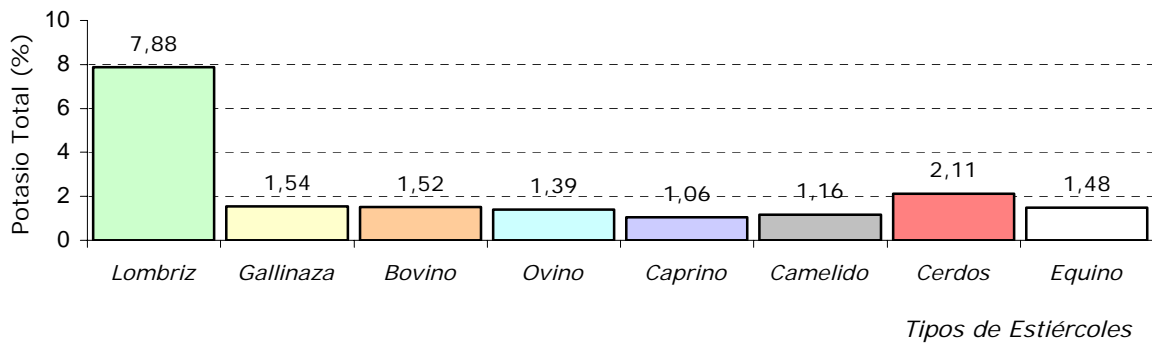
El menor contenido de potasio se encuentran en los tratamientos: 1,3 y 4. La investigación de Huaynoca determinó que el contenido de potasio en el humus elaborado con gallinaza es inferior. Pati, determinó que el menor contenido de potasio se encuentra en la mezcla de boñiga con desperdicios de mercados.

**b) Promedio en el contenido de potasio total del humus elaborado comparado con el contenido de potasio en diferentes estiércoles**

El gráfico 4.19, muestra el promedio de potasio total de humus elaborado con los diferentes materiales vegetales comparado con el contenido de potasio en los diferentes estiércoles.

**Gráfico 4.19**

**PROMEDIO  $K_T$  EN EL HUMUS DE LOMBRIZ ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES Vs. PROMEDIO EN  $K_T$  DIFERENTES ESTIERCOLES**



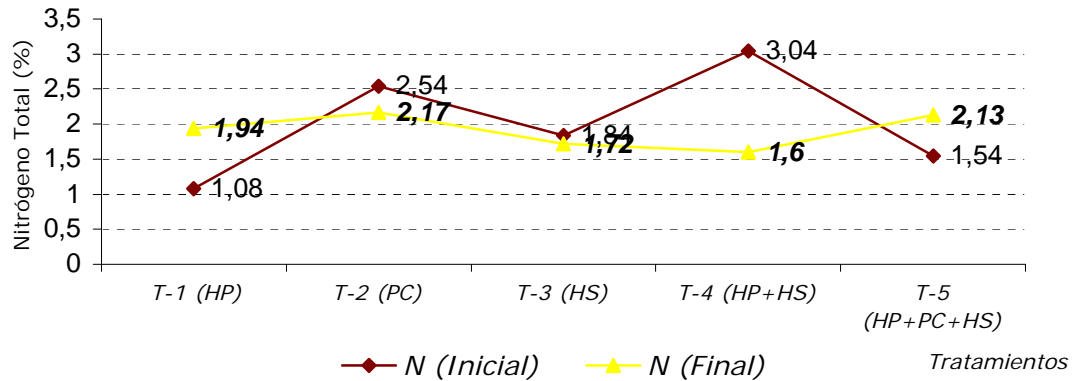
El estiércol de humus de lombriz tiene mayor contenido de potasio en comparación a los diferentes estiércoles.

**4.4.2.4 Relación en el contenido de nitrógeno en (%) de acuerdo a la etapa inicial de los vegetales o materia verde y etapa final o humus producido**

El gráfico 4.20, presenta la relación del contenido de nitrógeno en la etapa inicial, es decir el contenido de nitrógeno en los materiales vegetales antes del compostaje. Asimismo, muestra el contenido de nitrógeno en el humus producido.

Gráfico 4.20

**CONTENIDO DE N<sub>T</sub> EN LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES (Etapa inicial) Vs  
CONTENIDO DE N<sub>T</sub> EN HUMUS PRODUCIDO (Etapa final)**



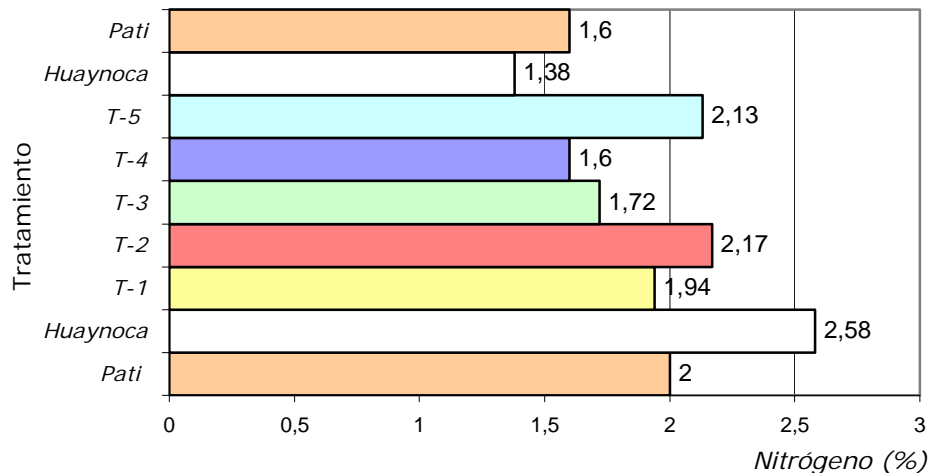
Los tratamientos: T-1 (hojas de plátano) con un contenido de nitrógeno total (etapa inicial) de 1.08% y el contenido de nitrógeno total en el humus elaborado de 1.94% y el T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 1.54% (etapa inicial) y 2.13% en el humus elaborado (etapa final). Estos valores determinan que el nitrógeno total es superior a los demás tratamientos.

En los tratamientos 2,3 y 4 los valores de nitrógeno total es inferior en el humus producido (etapa final) en comparación al contenido de los materiales vegetales, es posible que esta minoría se deba a la pérdida de nitrógeno amoniacal durante el proceso de descomposición (Nogales, 1996).

**a) Cantidad nitrógeno total en (%) de humus elaborado comparado con otros estudios**

La cantidad de nitrógeno (%) pertenecientes a los diferentes tratamientos se halla en el gráfico 4.21, en el que se compara la cantidad de nitrógeno con otras investigaciones.

**Gráfico 4.21**  
**CANTIDAD N<sub>T</sub> EN (%) DE HUMUS ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS**  
**VEGETALES Y COMPARADO CON OTROS ESTUDIOS**



T-1= Hojas de plátano  
T-2= Pulpa de café  
T-3= Hojas de siquili

T-4 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
T-5 = Hojas de plátano + Hojas de siquili  
+ Pulpa de café

Los tratamientos: 1,2,3,4 y 5 son superiores a 1.5% (Sanchez, 2003), por lo que, el humus producido es de buena calidad.

La mayor cantidad de nitrógeno total se encuentra en el humus elaborado con pulpa de café, asimismo, la investigación de Huaynoca determino que el humus elaborado con pulpa de café tiene mayor cantidad de nitrógeno. La investigación de Pati (2002), comprobó que la mayor cantidad de nitrógeno se encuentra en el humus elaborado con ingesta de bovino.

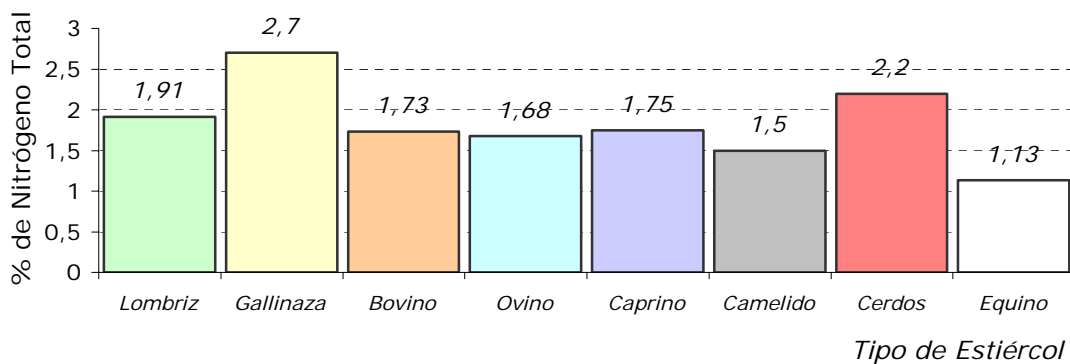
El menor contenido de nitrógeno total (%) se encuentra en el T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili). La investigación de Huaynoca determino que el menor porcentaje de nitrógeno se encuentra el humus elaborado con desechos vegetales + estiércol de gallina. Asimismo, Pati determino que la menor cantidad de nitrógeno total se encuentra en los tratamientos donde interviene desechos de mercado y la mezcla de ingesta de bovino con desechos de mercado.

**b) Promedio en el contenido de nitrógeno total del humus elaborado comparado con el contenido de nitrógeno en diferentes estiércoles**

El gráfico 4.22, muestra el promedio de nitrógeno total de humus elaborado con los diferentes materiales vegetales comparado con el contenido de nitrógeno en los diferentes estiércoles.

**Gráfico 4.22**

**PROMEDIO N<sub>T</sub> EN EL HUMUS DE LOMBRIZ ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES Vs. PROMEDIO EN N<sub>T</sub> DIFERENTES ESTIERCOLES**



El contenido de nitrógeno total en el estiércol de lombriz es superior en comparación a los estiércoles de: bovino, ovino, caprino, camélido y equino. Asimismo, es inferior a los estiércoles de gallina y cerdo.

**4.4.2.5 Contenido de materia orgánica en el humus elaborado con diferentes sustratos vegetales.**

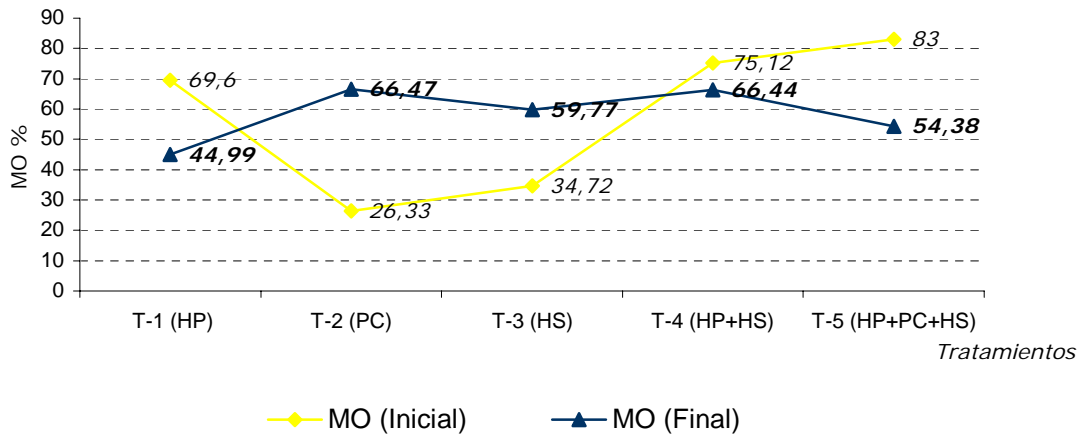
Los elementos principales que componen la materia orgánica son el carbono, nitrógeno, además del oxígeno y nitrógeno.

**a) Relación en el contenido de MO etapa inicial o materia verde y etapa final o humus producido de lombriz**

La relación de contenido de materia orgánica en los diferentes materiales vegetales y en el humus de lombriz se presenta en el gráfico 4.23.

Gráfico 4.23

**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) EN LOS DIFERENTES MATERIALES VEGETALES (Etapa inicial) Vs. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) TOTAL EN HUMUS PRODUCIDO (Etapa final)**



El contenido de materia orgánica en los diferentes materiales vegetales (etapa inicial) determina que los tratamientos: T-1 (hojas de plátano) con 69.6%, T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 75.12% y T-5 (hojas de plátano + pulpa de café + hojas de siquili) con 83%, presentan valores superiores en comparación al humus producido (etapa final) los tratamientos: T-1 con 44.99%, T-4 con 75.12% y T-3 con 54.38%. Esto podría deberse, a la liberación de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) (Kolmans y Vasques, 1966), durante el proceso de descomposición.

El gráfico también muestra el incremento de materia orgánica en los T-2 (pulpa de café) con 26.33% incrementó a 66.47% y el T-3 (hojas de siquili) con 34.72% a 59.77%. Esto indica, que durante el proceso de descomposición no existió una pérdida significativa de carbono, también podría deberse a que existió un valor agregado en el aparato digestivo de las lombrices (Cabrera, 1988).

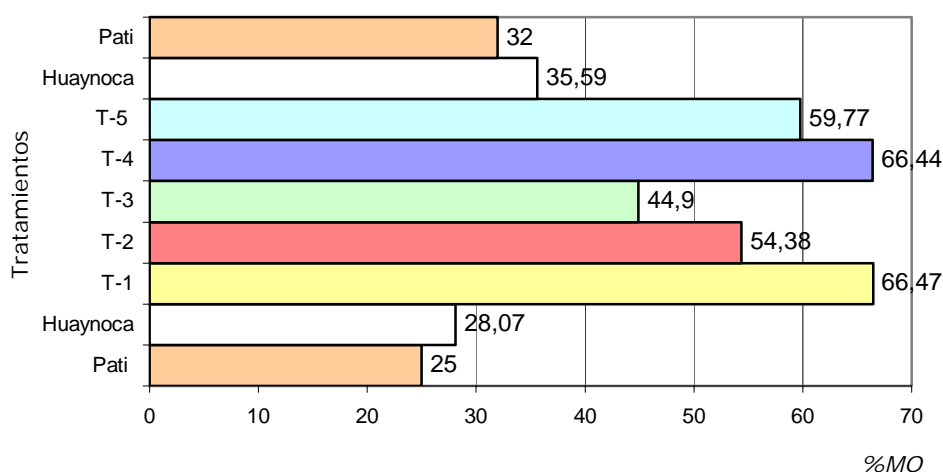


**b) Cantidad de materia orgánica total de humus producido comparado con otros estudios.**

El gráfico 4.24, presenta los valores de cantidad de materia orgánica pertenecientes a los diferentes tratamientos y comparado con valores de anteriores investigaciones.

**Gráfico 4.24**

**CANTIDAD MATERIA ORGANICA (%) EN HUMUS PRODUCIDO CON DIFERENTES SUTRATOS VEGETALES COMPARADO CON OTROS ESTUDIOS**



T-1= Hojas de plátano

T-2= Pulpa de café

T-3= Hojas de siquili

T-4 = Hojas de plátano + Hojas de siquili

T-5 = Hojas de plátano + Hojas de siquili

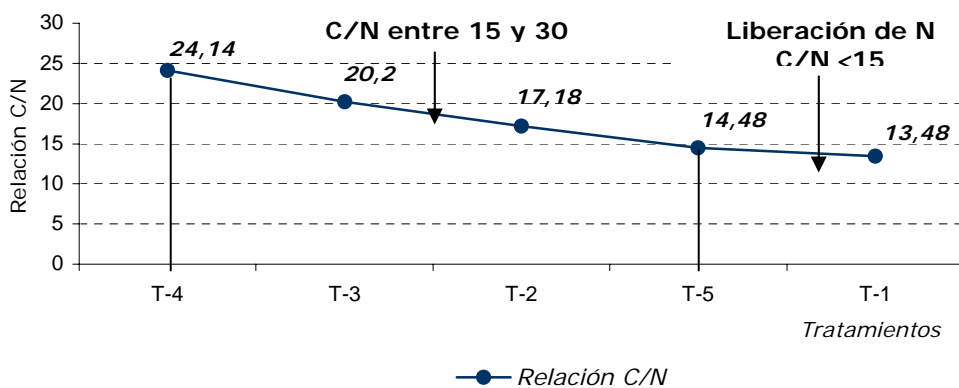
+ Pulpa de café

Los tratamientos: T-1, T-2, T-3, T-4 y T-5 presentan valores superiores a 28% (Sanchez, 2003) y supera el 40%, lo que indica que el humus producido es de buena calidad. La investigación de Huaynoca determino que el contenido de materia orgánica es inferior a 40%. Asimismo, Pati determinó que el contenido de materia orgánica es inferior a 40%.

**4.4.2.6 Relación C/N del humus elaborado con diferentes sustratos vegetales**

El gráfico 4.25, presenta la relación C/N del humus correspondientes a los diferentes tratamientos.

**Gráfico 4.25**  
**RELACIÓN DE C/N EN EL HUMUS ELABORADO CON DIFERENTES**  
**SUSTRATOS VEGETALES**



T-1= Hojas de plátano	T-4 = Hojas de plátano + Hojas de siquili
T-2= Pulpa de café	T-5 = Hojas de plátano + Hojas de siquili
T-3= Hojas de siquili	+ Pulpa de café

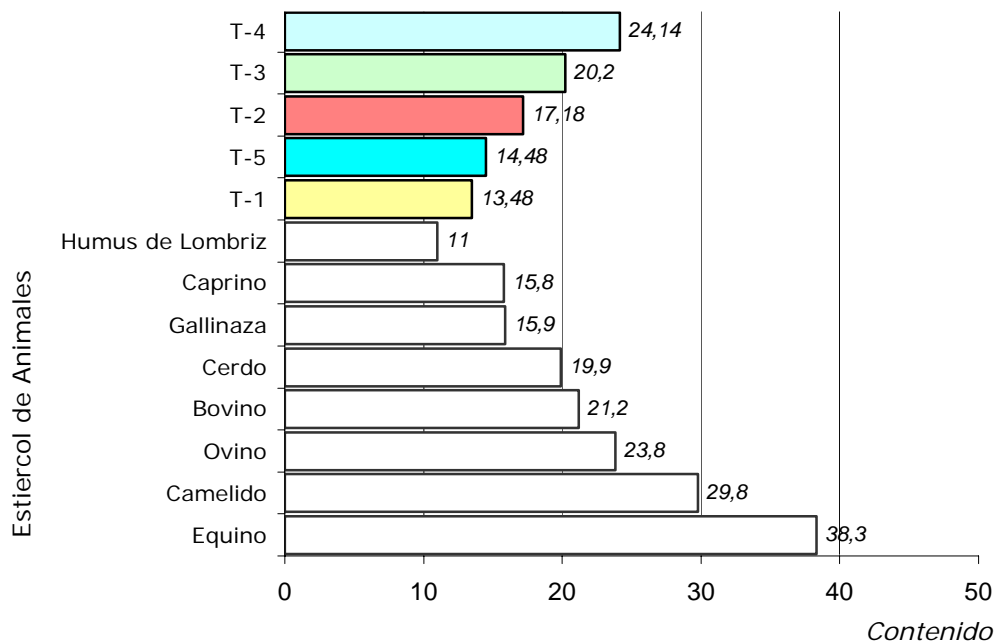
La relación C/N del humus elaborado determina que los tratamientos: T-1 (hojas de plátano) con 13.48% y T-5 (pulpa de café + hojas de plátano + hojas de siquili) con 14.48%, son inferiores a 15, si éste es incorporado a los suelos de la zona de estudio existiría liberación de nitrógeno del suelo por parte de los microorganismos hacia las plantas (Rodríguez, 1982).

Los tratamientos: T-2 (pulpa de café) con 17.18, T-3 (hojas de siquili) con 20.20 y T-4 (hojas de plátano + hojas de siquili) con 24.14, poseen una relación C/N que se encuentra entre 15 y 30. Por lo que, si los diferentes tratamientos se incorporan a los suelos de la zona los microorganismos de éstos solo utilizarían el nitrógeno del humus incorporado. Es posible que a medida que pase el tiempo la actividad de los microorganismos disminuya la relación C/N (Rodríguez, 1982) y éste se mineralice en los suelos de la zona de estudio.

### a) Comparación de la relación C/N del humus elaborado comparado con la relación C/N de otros estiércoles

El cuadro 4.26, muestra la relación de C/N de humus elaborado con diferentes sustratos vegetales comparado con la relación C/N de estiércoles de especies animales criadas en nuestro país.

**Gráfico 4.26**  
**COMPARACIÓN DE LA RELACIÓN C/N DEL HUMUS ELABORADO CON DIFERENTES**  
**SUTRATOS VEGETALES Vs RELACION C/N DE ESTIERCOLES**  
**DE DISTINTAS ESPECIES DE ANIMALES**



La relación C/N de los distintos estiércoles es superior a 15 esto indica que si son aportados a los suelos de cultivo tardaran en mineralizarse. Sin embargo, la relación C/N del estiércol de lombriz es de 11 (Sanchez, 2003) y si es aportado en el suelo de cultivo inmediatamente el nitrógeno retenido en el suelo es asimilado por las plantas (Rodríguez,1982).

Los valores del estiércol de lombriz elaborado con sustratos vegetales no son semejantes a los determinados por Sanchez. Es posible, que la relación C/N sea superior porque los análisis químicos fueron efectuados prematuramente.

#### 4.4.2.7 Cantidad de humus de lombriz que debe ser incorporado en los suelos de la zona de estudio

Conocer con exactitud la cantidad de humus de lombriz que debe ser aportado en una determinada área de cultivo depende de las necesidades de materia orgánica que requiera el suelo. Para ello, Rodríguez (1982) indica una fórmula que determina el porcentaje de materia orgánica que se debe aplicar.

La siguiente fórmula:

$$M = \frac{K_2}{K_1} \times H$$

Donde:

M = porcentaje de materia orgánica que se debe aportar cada año  
K<sub>2</sub> = porcentaje de destrucción de humus  
K<sub>3</sub> = porcentaje de formación de humus  
H = porcentaje de humus existente

$$M = \frac{0.02}{0.5} \times 1,76 = 0.070\%$$

$$\begin{aligned} W_s &= 1.000.000 \text{ dm}^2 \times 1 \text{ dm} \times 1.2 \text{ kg/dm}^3 = 1.200.000 \text{ kg} \\ &= 1.200.000 \text{ kg} \times 0.070/100 = 840 \text{ kg de humus de lombriz} \end{aligned}$$

La cantidad de humus de lombriz que se debe aplicar a una hectárea de terreno en la zona de estudio es de 840 kg, éste valor fue obtenido de acuerdo a la calidad del terreno de la zona de estudio (Pineda, 1994). Asimismo, el aporte de humus de lombriz no será anual porque éste tiene duración ilimitada.

#### 4.4.3 Evaluación Participativa Durante la Producción de Humus de Lombriz

Inicialmente, durante la primera, segunda y tercera fase de trabajo se seleccionaron a 10 estudiantes de diferentes edades (10-18 años) y género (Cuadro, 4.19).

**CUADRO 4.19**  
**PRIMER GRUPO CAPACITADO**

<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Comunidad</b>
Femenino	12	Auquisamaña	Femenino	16	Coripata
Masculino	18	Huaycuni	Masculino	15	Machacamarca
Femenino	10	Santiago Grande	Femenino	14	Dorado Chico
Masculino	13	Dorado Grande	Masculino	18	Marquivilvi
Femenino	10	San Felix	Masculino	10	Nogalani

Fuente: Elaboración Propia (2004)

Durante el proceso, los estudiantes aprendieron la elaboración de los diferentes sustratos, etapas de reproducción, producción del humus de lombriz. Y se pudo evaluar la capacidad de querer transmitir su aprendizaje. Por ello, las hermanas que pertenecen a la congregación Compañía de María (forman parte del equipo de Fe y Alegría) valoraron el trabajo y solicitaron se capaciten a todos los estudiantes que viven en el internado.

Durante la segunda y tercera fase de trabajo se incorporaron los demás grupos (con las mismas características del primer grupo) y respondieron de la misma forma que el grupo inicial. El cuadro 4.20, presenta a los estudiantes que fueron integrándose al proceso de capacitación.

**CUADRO 4.20**  
**SIGUIENTES GRUPOS CAPACITADOS**

<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Comunidad</b>
M	12	Machacamarca	M	18	Machacamarca	M	18	Caranavi
M	11	San Félix	M	11	San Felix	F	16	Cienagas
M	12	Choro	M	11	Marquirivi	M	16	Colpar
F	13	San Félix	F	12	Choro	F	15	Machacamarca
F	14	Dorado Grande	F	13	Dorado Grande	M	12	Marquirivi
F	16	San Agustin	F	13	Choro	F	17	Arapata
F	14	San Félix	M	14	Nogalani	F	16	Dorado Chico
M	12	San Agustin	F	13	Colpar	M	12	Santa Gertrudis

Fuente: Elaboración Propia (2004)

Los padres de los estudiantes capacitados solicitaron que este trabajo sea duplicado en sus comunidades y se escogieron a dos primeras familias (perteneces a las comunidades de Huaycuni y San Félix) para difundir el trabajo. En el futuro se espera difundir esta experiencia a todas las familias y comunidades de los estudiantes Yatiqanuteños.

## 4.5 ANALISIS DE COSTOS PARCIALES DE HUMUS PRODUCIDO

Para poder determinar si la producción de humus de lombriz es rentable se evaluó los costos producción por cada tratamiento.

### 4.5.1 Análisis de Costos para la Primera Cosecha de Humus de Lombriz

El análisis muestra la inversión realizada en la presente investigación por tratamiento.

**Cuadro 4.21**

#### RESUMEN DE COSTO TOTAL DE HUMUS PRODUCIDO

CONCEPTO	COSTO TOTAL en Bs				
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Insumos	132	132	132	132	132
Construcción de Cuna	63	63	63	63	63
Mano de Obra	138	134	103	234	252
Otros Gastos	104	104	92	124	127

Fuente: Elaboración Propia (2004)

**HP** = Hojas de Plátano    **(T1)** **HP + HS** = Hojas de plátano + Hojas de siquili    **(T4)**  
**PC** = Pulpa de café    **(T2)** **HP + PC + HS** = Hojas de plátano + Pulpa de café  
**HS** = Hoja de Siquili    **(T3)** +Hojas de Siquili **(T5)**

El cuadro 4.21, presenta la inversión realizada en la compra de insumos (lombrices y material vegetal), construcción de cunas, mano de obra empleada y otros gastos.

#### 4.5.1.1 Análisis de Costos de Producción

El cuadro 4.22, presenta el análisis de producción de humus de lombriz por tratamiento.

**Cuadro 4.22**

#### ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN, PRIMERA COSECHA DE HUMUS

Tratamiento	Rendimiento (kg)	Beneficio Bruto	Costo Total (Bs)	Beneficio Neto	Beneficio/Costo	Rentabilidad Inversión (Bs)
HP	48	240	437	-197	0.73	-26
PC	64	320	433	-113	0.54	-45
HS	16	80	390	-310	0.18	-81
HP + HS	45	225	553	-328	0.40	-59
HP + PC + HS	50	250	574	-324	0.43	-56

El índice de retribución a los factores productivos B/C indican, que en los tratamientos: T-1 con 0.73, T-2 con 0.54, T-3 con 0.81, T-4 con 0.59 y T-5 con 0.43 no son rentables.

En la primera cosecha de humus (cuarto mes de producción) los diferentes tratamientos no presentaron beneficios netos porque se cubrió la inversión realizada en la compra de lombrices, construcción de las cunas (costos fijos), mano de obra y otros gastos (costos variables). Se espera que en el primer año de producción de humus se obtengan ganancias.

#### 4.5.2 Estimación de Costos Para el Primer Año de Producción de Humus

El cuadro 4.23 muestra la inversión en insumos (material vegetal) y mano de obra.

**Cuadro 4.23**  
**RESUMEN DE COSTOS PARA UN AÑO DE**  
**PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ**

CONCEPTO	COSTO TOTAL (Bs)				
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Insumos	132	132	132	132	132
Construcción de Cuna	63	63	63	63	63
Mano de Obra	552	536	309	702	756
Otros Gastos	104	104	92	124	127

Fuente: Elaboración Propia (2004)

**HP** = Hojas de Plátano      **(T1)** **HP + HS** = Hojas de plátano + Hojas de siquili      **(T4)**  
**PC** = Pulpa de café      **(T2)** **HP + PC + HS** = Hojas de plátano + Pulpa de café  
**HS** = Hoja de Siquili      **(T3)** +Hojas de Siquili **(T5)**

Para el primer año de producción de humus se tomó en cuenta la inversión en insumos y mano de obra (costos variables).

##### 4.5.2.1 Análisis de Costos de Producción Para el Primer Año

La estimación del análisis de costos por tratamiento, se muestra en el cuadro 4.24 para el primer año de producción de humus de lombriz.

**Gráfico 4.24**  
**ANÁLISIS DE COSTOS PARA EL PRIMER AÑO DE PRODUCCIÓN DE HUMUS**

Tratamiento	Rendimiento (Kg.)	Beneficio Bruto	Costo Total (Bs.)	Beneficio Neto	Beneficio/Costo	Rentabilidad de inversión
HP	144	720	483	237	1.73	57%
PC	192	960	469	491	1.79	79%
HS	48	240	309	-69	0.20	79%
HP + H	135	675	702	-27	0.96	3,38
HP + PC + HS	150	750	756	-6	0.99	0,79

El índice de retribución a los factores productivos B/C indican que los tratamientos: T-1 con 1.73, T-2 con 1.79 tienen un beneficio apropiado y la producción de humus es rentable.

El T5 con 0.99 indica que la producción de humus con estos insumos no es rentable porque se gana el mismo monto invertido.

Los tratamientos: T-4 con 0.96 y T-3 con 0.20 indican que la producción de humus con éstos insumos no son rentables.

El cuadro 4.25, muestra la estimación para el primer año de producción de humus. El análisis de dominancia presenta el total de costos con relación a los beneficios netos.

**Cuadro 4.25**  
**ESTIMACIÓN DE ANÁLISIS DE DOMINANCIA**  
**PARA EL PRIMER AÑO DE PRODUCCIÓN**

Tratamiento	Total Costos (Bs.)	Beneficios Netos
HS	309	-69 *
PC	469	491*
HP	483	237
HP + HS	702	-27
HP + PC +HS	756	-6

El T-3 es el sustrato con mayor pérdida de inversión porque se invertirá 309 Bs. y no existirán ganancias -69 Bs.

Los tratamientos: T-1 por la transformación de 264 Kg. de sustrato alimenticio, las lombrices transformaran en 144 Kg. de humus. El análisis económico indica que se invertirá de 309 Bs. y se obtendrá 204 Bs. El T-2 por la transformación de 350 Kg. de pulpa de café se obtendrá



en 192 Kg. de humus, por lo que se invertirá 536 Bs. y se obtendrá 469 Bs. en beneficios netos.

De acuerdo a la estimación del análisis de costos los tratamientos: T1 (hojas de plátano) y T2 (pulpa de café), son los apropiados para la producir de humus de lombriz.

#### **4.5.3 Beneficios económicos para el agricultor**

- La construcción de las cunas con materiales del lugar es muy económico para el agricultor, porque solamente invierte en la compra de clavos y algunos rollos de alambre.
- Los insumos que se utilizan como alimento para la lombriz, el agricultor recolecta de sus propios huertos. En el caso de la pulpa de café, ésta se las almacena durante la cosecha del café y prácticamente no tiene costo. Y as hojas de plátano se las recolecta durante todo el año.
- El agricultor tiene la posibilidad de producir su propio abono para poder mejorar la producción de sus cultivos. También obtiene un beneficio adicional en la reproducción de lombrices, porque tienen precio en el mercado.

#### **4.5.4 Beneficios técnicos para el agricultor**

- La producción de humus es técnicamente accesible para que el agricultor, porque puede producir un abono con buenas características nutricionales.
- El agricultor tiene al alcance todos los materiales para la alimentación y crianza de las lombrices.
- Con la implementación de humus de lombriz a los suelos de la zona se podrá mejorar las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

#### **4.5.5 Beneficios Ambientales**

- Con la obtención de un abono de calidad a bajo costo se frenará el uso excesivo de fertilizantes químicos.
- El humus de lombriz las plantas se desarrollarán y crecerán inmunes al ataque de cualquier patógeno y se evitará el uso excesivo de insecticidas y plaguicidas.
- Con el aporte del humus de lombriz (abono orgánico) se retardará el envejecimiento de los suelos y evitará la deforestación.

# Capítulo 5

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación determino que es posible producir humus de lombriz con sustratos vegetales. Para ello, se establecen las siguientes conclusiones por cada objetivo plateado:

### 5.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN

De acuerdo a la relación C/N, controles de pH y temperatura se determinó que:

- El material con mayor tiempo de descomposición son la hojas de plátano con 37 días y 15% de disminución de peso.
- Seguido por la pulpa de café con 32 días de descomposición y 25% de reducción de peso.
- Por último el material con menor tiempo en descomposición son la hojas de siquili con 19 días y 10% de reducción de peso.

### 5.2 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL BUEN DESARROLLO DE LAS LOMBRICES

- Las lombrices demostraron adaptarse a los cambios bruscos de temperatura.
- Los tratamientos 1, 2 y 5 son suaves y pierden en menor tiempo humedad, sin embargo, los 4 y 3 son los sustratos con mayor perdida de humedad.
- El comportamiento del pH en los tratamientos: 1, 2 y 5 presentaron neutralidad y los tratamientos 4 y 3 se acidificaron porque reciben mayor cantidad de agua durante el riego.

- La utilización de cubiertas de alambre tejido en las cunas de cañihueca evitaron el ataque de aves, roedores y otros.
- Los espacios entre las uniones de cañihueca (carrizo) y la instalación de las cunas (a una altura determinada) favoreció al drenaje del agua sobrante durante el riego y a detectar el ataque de hormigas.

### **5.3 REPRODUCCIÓN Y PESO DE LA LOMBRIZ ROJA**

- Se pudo determinar que la humedad, suavidad y contenido de celulosa presentes en los tratamientos: 1, 4 y 5 (en el que intervienen las hojas de plátano), existe mayor reproducción de lombrices. También se pudo definir que el mayor contenido de celulosa en las hojas de siquili (T-3) no fueron asimilados por las lombrices por la presencia de taninos en estas hojas.
- En los tratamientos 2 y 5 (interviene la pulpa de café) se comprobó que: la humedad, suavidad y contenido proteico, favorecieron al incremento de peso de las lombrices y al mayor número de lombrices adultas.
- La mezcla del T5 (donde interviene las hojas de siquili), se pudo observar que las lombrices consumieron éste material sin problemas.

### **5.4 CUANTIFICACION DEL RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE HUMUS PRODUCIDO**

- Los tratamientos: 2, 5 y 1 tienen mayor rendimiento en producción de humus de lombriz.

La calidad de humus producido determina:

- Los tratamientos: 1,3,4 presentan pH neutro y los tratamientos: 2 y 5 presentan pH básico.
- El análisis químico del humus producido muestra que el contenido de fósforo es inferior a otros estudios e inferior a diferentes estiércoles.
- Existe mayor contenido de potasio en los tratamientos: 2 y 5. Estos valores son superiores a investigaciones similares y a estiércoles de animales.

- El contenido de nitrógeno en los tratamientos: 1,2,3,4 y 5 es superior a los estiércoles de ovino, bovino, caprino, camélido y equino.
- El humus producido es rico en materia orgánica, asimismo, los valores obtenidos son superiores a otras investigaciones.
- La relación C/N indica que los tratamientos: 1 y 5 son inmediatamente asimilados por el suelo y las plantas. Los tratamientos: 2,3 y 4 seguirán un proceso de mineralización en el suelo.
- La cantidad de humus de lombriz, que debe ser incorporado a 1 ha. de terreno en la zona de estudio es de 840 kg.

Evaluación de manera participativa durante la producción de humus de lombriz

- Durante el trabajo de campo se pudo evaluar el interés y capacidad de los estudiantes del internado Yatikañ Uta e interés de sus padres por querer realizar la crianza de lombrices y producción de humus en sus hogares.
- En la actualidad existen dos familias que están produciendo humus de lombriz en sus comunidades de origen. En el futuro se espera difundir esta experiencia a todas las familias de los estudiantes que viven en el internado y provienen de diferentes comunidades del municipio de Coripata.

## **5.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ**

- En la primera cosecha de humus, no se obtuvo beneficios porque se cubrió los costos de inversión (fijos y variables).
- También se estimó los costos de producción para el primer año y se determinó que los tratamientos: 1 y 2 son los más rentables, por la menor mano de obra empleada.

## Capítulo 6

# Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones sobre la producción de humus empleando otros materiales vegetales de la zona de estudio.
- Se aconseja realizar estudios para la obtención de harina y elaboración de alimentos balanceados para aves, cerdos y otros, que se crían en la zona.
- Se sugiere investigar la elaboración de carne de lombriz para consumo humano.
- De acuerdo a los requerimientos por parte de los diferentes cultivos, determinar los niveles apropiados de aplicación de humus de lombriz.
- Realizar una evaluación del efecto de la utilización de este producto por parte de los agricultores de la zona.
- Con el fin de minimizar costos en la producción del humus a nivel familiar, se sugiere la utilización de un solo sustrato.

## Bibliografía

- Arella**, 1996. Lombrices. Artículo de Internet. [www.altavista.digital.com/lombricultura](http://www.altavista.digital.com/lombricultura). Buenos Aires- Argentina.
- AECI** (Ayuda en Acción Bolivia). 2003. Criando Lombrices Para Producir Mejor. Cartilla Informativa . Coroico-Nor Yungas.26p.
- AOPEB** (Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia). 1998. Abonos Orgánicos. Cartilla Informativa. N°4. La Paz-Bolivia. 15 p.
- Bellapart**, C. 1998. Fertilizantes naturales la Agricultura del Futuro. 2 ed. Edición Barcelona-España, ediciones Aedos. 160p
- Bollo**, E. 2001. Lombricultura, una Alternativa de Resiclaje. 2 ed. Quito-Ecuador.
- RAA**. 2001. La crianza y Manejo de Lombrices en Cautiverio. Artículo de Internet. [www.raaa.org](http://www.raaa.org)
- Bonolzer**. 1997. Elaboración de Compost a partir de Basura Orgánica de la Ciudad de Potosí. Proyectos Compost Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación CONSUDE Potosí-Bolivia. pp 15-18.
- Bishop y Toussaint**, 1991.Introducción al Análisis de Economía Agrícola. Ed. Noriega. México.256p.
- Bravo, A. 2004. Técnicas de Cultivo de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetia*). Artículo de Internet. <http://español.geocities.com>.
- Cabrera**, M. 2004. Lombricultura Urbana Lombrices para la Salud. Artículo de Internet. [marcas01@prodigy.net.mx](mailto:marcas01@prodigy.net.mx)
- Calzada** J. 1970. Métodos Estadísticos Para la Investigación. 3ra edición. Editorial Jurídica. Lima-Perú. pp 108-109
- CLADES**, (Consortio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo).1997.Manejo Ecológico del Suelo. 1ra versión. Lima-Perú. pp 59-244.

- CIPAV.** 1999. Centro Para la Investigación de Sistemas Sostenibles. Artículo de Internet. [www.cipav/redagrofor/memorias99/rosales.htm](http://www.cipav/redagrofor/memorias99/rosales.htm)
- CIMMYT** (Creada por Gustavo Scalier). Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos. Versión 2.1
- Cabrera, IDA.** 1988. La Lombriz de Tierra. Managua y Artemisa-Cuba. pp 9-71.
- Compacnoni y Putzolu.** 1990. Cría Moderna de las lombrices y utilización Rentable del Humus. Barcelona-España. Editorial Vecchi. S.A. pp11-87.
- Chilon, E.** 1997. Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Ediciones CIDAC. La Paz-Bolivia.187p.
- Dávila y Ramirez,** 1996. Lombricultura en pulpa de café. Manizales- Colombia, edi. Ospina. pp 1-12.
- De Silguy, C.** 1999. La Agricultura Biológica. Ediciones Acriba. S.A. Zaragoza-España.129 p.
- Emison.** 2000. Compost. Artículo de internet. <http://personal.iddeo.es/plantas/compost.htm>
- De Sanso, C. 2001. Lombrices. Artículo de Internet. [posmaster@lombrices.com.ar](mailto:posmaster@lombrices.com.ar)
- EMA.** 2004. Lombricultura. Artículo de Internet. <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>
- EMISON MEDI AMBIENT S.L.** 2004. Lombricultura. Artículo de Internet. <http://personal.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>
- El lombricultor srl.** 2000. El Humus de Lombriz. [ellombricultor@uolsinectis.com.ar](mailto:ellombricultor@uolsinectis.com.ar)
- Eroski** (Fundación Eroski), 2004. Taninos. Artículo de Internet. [www.consumer.es/weble/nutrición](http://www.consumer.es/weble/nutrición).
- Ferruzi, C.** 1994. Manual de lombricultura. 3 ed. Madrid-España, edición MUNDI-Prensa.1-135 p.
- Fischersworing y Robkamp.** 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. 3ra. Bogota-Colombia. pp 41-68.
- FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1996. Primer Seminario Nacional Sobre Fertilizantes de Suelos y Fertilizantes en Bolivia. Santa Cruz-Bolivia. pp 75-83.
- Guerrero, J.** 1993. Abonos Orgánicos. Editorial Quiroz. Lima-Perú. pp9-71.
- Huaynoqa, R.** 2002. Evaluación y Producción de Humus de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetia*), Bajo Seis Sustratos alimenticios. Lic. Ingeniería Agronómica La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 110 p



- IRD** (Centro de Cooperación Internacional de Investigación Agrícola y para el Desarrollo). 1999. Desafíos de la Caficultura en Centro América. Ed. Benoit Bertránd. San José-Costa Rica. 496p.
- Infoagro**, 2004. La Lombricultura. Artículo de Internet. [copyright.infoagro.com](http://copyright.infoagro.com)
- Kolsman y Vásquez**. 1996. Manual de Agricultura Ecológica. Ed. Enlace. 1ra edición. SIMAS CICUTEC. Managua-Nicaragua pp. 87-107.
- Legall et.al** . (1990). Manual Básico de Lombricultura. Artículo de Internet. [luisdi@ibw.com.ni](mailto:luisdi@ibw.com.ni)
- Leon**, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. 2 ed. San José Costa Rica, ediciones IICA. pp 194-201.
- Lund**, H. 1996. Manual de Residuos de Jardín. España, ediciones McGRAW-HILL INTERAMERICANA. pp 16-21.
- López**, M. 2002. Red de Mujer para el Desarrollo. Artículo de Internet. [www.awhf.org.co/lombricultura.html](http://www.awhf.org.co/lombricultura.html)
- Molitor**, G. 1998. Experiencias en el Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en los Andes. Ecuador, edición PROMUSTA. pp 91-95.
- Meinicke**, A. 1988. Las Lombrices. Montevideo-Uruguay, ediciones Agropecuaria, 135-157 p.
- Ochoa**, J. 2003. Beneficios que Ofrece el Humus de Lombriz a los Cultivos de Manzana. Artículo de Internet. [www.pinuela33@hotmail.com](mailto:www.pinuela33@hotmail.com).
- Pineda**, R. 1994. Lombricultura. Piura-Perú, edición CIPCA. pp 1-61.
- P.A.S.A.** 2004. Proyecto de Mejoramiento de la Carretera “Puente Villa-Coripata-Coroico”, La Paz-Bolivia. 25 p.
- Pati**, A. 2002. Determinación de la Calidad de Humus de Lombriz (*Eisenia foetia*), Elaborado a Partir de Residuos Sólidos Urbanos. Lic. Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 135 p
- PDM** (Plan de Desarrollo Municipal). 2002. Honorable alcaldía de Coripata. 39-45 p
- Quiroga**, V. 1976. Manual Práctico para Análisis de Experimentos Misceláneos. Nº 142 IICA. San José-Costa Rica. pp. 27-31
- Rodríguez**, F. 1982. Fertilizantes Nutrición Vegetal. Ed. AGT, SA. México. pp 33-88.
- Rojas**, S. 1999. Estudio de Producción y Calidad de Humus de Lombriz Roja Californiana (Red ibrid), Como alternativa Agroecológica en el Altiplano Central (Sica Sica). Lic. Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 140 p

- Sanzo, C.** 1999. Tecnologías para el Manejo de Cuencas. Artículo de Internet. <http://www.lombricesrojas.com.ar>
- Sapac Ch. y Sapac N.** 2000. Preparación y Evaluación de Proyectos. 4 ed. Santiago-Chile/, ediciones McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE CHILE LTDA. pp 111-133.
- San Jorge del Pilar,** 2004. Manual de Lombricultura. Artículo de Internet. [www.sanjorgedelpilar.com](http://www.sanjorgedelpilar.com).
- Spedding, A.** 1993. WACHU WACHU. La Paz-Bolivia. Edición hisbol. pp 52-53.
- SAS** (SAS Institute Inc., Cary, NC,USA) 1989-1996. Introductory for personal computers. Versión 6.12
- San Fernando,** Chiapas. 1998. El Manejo de la Lombricultura. Artículo de Internet. [http://tucuman.com/produccion/96may\\_15.htm](http://tucuman.com/produccion/96may_15.htm)
- Silva, M.** 1998. Una Nueva Visión de la Lombricultura. Artículo de Internet. [Marcas01@prodigy.ne.mx](mailto:Marcas01@prodigy.ne.mx)
- Sanchez, C.** 2003. Abonos Orgánicos y Lombricultura. Lima-Perú, edición RIPALME. pp 77-134.
- Spedding, A.** 2004. Economía campesina cocalera en los Yungas y el Chapare. La Paz-Bolivia. Edición Gustavo Guzmán. pp149-204.
- Torres, C.** 2000. Lombricultura Microemprendimiento Productivo. Artículo de Internet. [lombricar@hotmail.com](mailto:lombricar@hotmail.com)
- Velásquez, P.** 1998. Producir Productos y Servicios Agroambientales y Pecuarios-Tecnologías apropiadas. Artículo de [Internet.pedropablov@hotmail.com](mailto:Internet.pedropablov@hotmail.com)
- Villegas, A.** 2002. Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Urbanos para Elaboración de Compost, con la Aplicación de un Acelerador orgánico Humus de Lombriz Roja Californiana. Lic. Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Valdivia, J.** 1995. Sica Sica, Curso Práctico de Lombricultura. Seguridad Alimentaria, 1-18 p
- Valencia y de la Peña,** 1995. Aportes para el Manejo Ecológico de los Cultivos. Lima-Perú, ediciones RAAA. pp 25-29-33-45.