

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA PRODUCIR HARINA A
PARTIR DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA
FOETIDA*) PARA SER UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE
CONCENTRADOS PARA ANIMALES EN GUATEMALA

Claudia Lorena Clavería Cacheo

Asesorado por: Ing. José Eduardo Calderón García

Guatemala, agosto de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA PRODUCIR HARINA A
PARTIR DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA
FOETIDA*) PARA SER UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE
CONCENTRADOS PARA ANIMALES EN GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CLAUDIA LORENA CLAVERÍA CACHEO

ASESORADO POR: ING. JOSÉ EDUARDO CALDERÓN GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

Guatemala, agosto de 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA PRODUCIR HARINA A PARTIR DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*) PARA SER UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CONCENTRADOS PARA ANIMALES EN GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 23 de febrero de 2004.

CLAUDIA LORENA CLAVERÍA CACHEO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL I	
VOCAL II	ING. AMAHÁN SÁNCHEZ ÁLVAREZ
VOCAL III	ING. JULIO DAVID GALICIA CELADA
VOCAL IV	BR. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL V	BR. ELISA YAZMINDA VIDES LEIVA
SECRETARIA	INGA. MARCIA IVONNE VÉLIZ VARGAS

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL
PRIVADO**

DECANO	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA (a.i.)
EXAMINADOR	ING. WILLIAMS GUILLERMO ÁLVAREZ MEJÍA
EXAMINADOR	ING. JULIO ENRIQUE CHÁVEZ MONTÚFAR
EXAMINADOR	ING. OTTO RAÚL DE LEÓN DE PAZ
SECRETARIA	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente el apoyo y colaboración que recibí de cada una de las personas e instituciones que a continuación menciono. A todos, **MUCHAS GRACIAS** por ayudarme a que este trabajo pudiera llevarse a cabo y por concederme el honor de compartir conmigo este logro:

Mi Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería y Escuela de Ingeniería Química

Lic. Estuardo Porrás Zadik, Gerente General de Lombrifert S.A.

Al personal de la empresa Lombrifert S.A., especialmente
al Sr. Esteban Salazar

Al personal de la empresa Inversiones Jacar S.A.,
especialmente a Rosy, Gaby y Julio.

Ing. Pablo Figueroa, de ANACAFE

Lic. Julio Castillo, de la Gremial de Fabricantes de Alimentos y
Concentrados para Animales

Ing. Leonardo de León e Ing. Misael Alvarado, de INCAP

Arq. Lourdes de Monzón, Perito Contador Evelyn Vargas
e Ing. Oswaldo Cercado

Licda. Verónica Lucía Carvalhais Cacheo

Ing. José Eduardo Calderón García, asesor del trabajo de graduación

Ing. Jorge García Carrera, revisor del trabajo de graduación

Mis madrinas de graduación, Dra. Dina Clavería Cacheo, Inga. Elisa
Vidaurre Cacheo y Dra. Ada Cacheo de Vidaurre

DEDICATORIA

A:

Dios, por tantos privilegios que me ha regalado y por dejarme alcanzar esta nueva meta.

La Virgen María, mi guía en cada una de las decisiones importantes de mi vida. Gracias por llevarme siempre de tu mano.

Mi mamá, Dina Cacheo, gracias por compartir conmigo mi vida y mis sueños. Va para ti mamita.

José Francisco, mi gran amigo, mi gran amor. Gracias por dejarme fluir en libertad y equilibrio. Gracias por regalarme cada día tu fuerza, tu apoyo y tu amor.

Mis sobrinos, Pamela, Ximena, Mauricio y Estuardo, desde ahora que sus vidas empiezan deseo que estén llenas de amor y de éxitos que logren alcanzar con su esfuerzo de cada día.

Cada uno de los guatemaltecos que lamentablemente no tienen acceso a la educación, pero que con su esfuerzo y trabajo de cada día contribuyen a que muchos otros alcancemos la meta de ser profesionales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Lombrices	1
1.1.1 Biología de las lombrices	2
1.1.2 Especies para la explotación comercial	3
1.2 Lombriz Roja Californiana (<i>Eisenia Foetida</i>)	5
1.2.1 Clasificación taxonómica de la <i>Eisenia Foetida</i>	5
1.2.2 Características externas	5
1.2.3 Características internas	7
1.2.4 Utilización de la lombriz Roja Californiana	9
1.3 Lombricultura	12
1.3.1 Factores del manejo de la lombricultura	12
2. ESTUDIO DE MERCADO	17
2.1 Descripción del producto	17
2.2 Demanda de harina de lombriz en Guatemala	22

3.	ESTUDIO TÉCNICO	25
3.1	Disponibilidad de materia prima	25
3.2	Tamaño y localización de la planta	27
3.2.1	Tamaño de la planta	27
3.2.2	Localización de la planta	29
3.3	Buenas prácticas de manufactura	31
3.4	Proceso general de fabricación	33
3.4.1	Recepción	33
3.4.2	Reposo	34
3.4.3	Limpieza	34
3.4.4	Sacrificio	35
3.4.5	Lavado	36
3.4.6	Secado	36
3.4.7	Molienda	37
3.4.8	Empaque y almacenamiento	34
3.5	Control de calidad	38
3.5.1	Control de calidad en la lombriz Roja Californiana	38
3.5.1.1	Control en el lombricultivo	38
3.5.1.2	Control en la recepción de materia prima	38
3.5.2	Control de la harina como producto terminado	39
3.5.2.1	Análisis químico proximal	39
3.5.2.2	Análisis bacteriológico	39
3.5.2.3	Análisis físico	39
3.5.3	Control del agua de proceso	40

3.6	Balance de masa del proceso	40
3.7	Requerimiento de maquinaria y equipo	46
3.8	Requerimiento de terreno y edificaciones	52
3.8.3	Terreno	52
3.8.4	Edificios	52
3.9	Requerimiento de servicios	53
3.9.3	Energía eléctrica	53
3.9.4	Agua industrial	53
3.9.5	Combustible	53
3.9.6	Aire comprimido	54
3.10	Requerimiento de personal	54
4	ESTUDIO LEGAL	57
5	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	59
5.5	Tratamiento de aguas de desperdicio doméstico	59
5.6	Tratamiento de aguas de desperdicio del proceso	59
5.6.3	Aguas de lavado del área de secado y de la maquinaria	60
5.6.4	Aguas de los procesos de sacrificio y lavado de las lombrices	60
6	ESTUDIO ECONÓMICO	63
6.1	Inversiones y financiamiento	63
6.1.1	Estructura de capital	63
6.1.2	Determinación del costo de la mano de obra	63
6.1.3	Determinación del costo de la maquinaria y equipo	65

6.1.4	Inversión inicial	66
6.1.5	Costo de la materia prima	67
6.1.5.1	Costo de la materia prima directa	67
6.1.5.2	Costo de la materia prima indirecta	68
6.1.6	Gastos administrativos	69
6.1.7	Depreciación	70
6.1.8	Deuda a largo plazo	71
6.2	Determinación del precio de venta	73
6.3	Determinación del punto de equilibrio	73
6.4	Evaluación del proyecto	76
6.4.1	Determinación de la tasa mínima atractiva de retorno	76
6.4.2	Estado de resultados	77
6.4.3	Flujo de efectivo	80
6.4.4	Análisis de rentabilidad del proyecto	87
6.4.4.1	Valor actual neto	87
6.4.4.2	Tasa interna de retorno	88
6.4.4.3	Período de recuperación de la inversión	88
7	RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN	91
7.1	Estudio de mercado	91
7.2	Estudio técnico	94
7.3	Estudio legal	97
7.4	Estudio de impacto ambiental	97
7.5	Estudio económico	98
	CONCLUSIONES	
	101	
	RECOMENDACIONES	103

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
BIBLIOGRAFÍA	107
APÉNDICE	109
ANEXO	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Biología general de la lombriz (gusanos segmentados)	2
2	Especies comerciales de lombrices	4
3	Diferencias de longevidad y prolificidad entre distintos tipos de lombrices del género <i>lombricidae</i>	4
4	Características externas de la lombriz Roja Californiana	6
5	Características internas de la lombriz Roja Californiana	10
6	Contenido de aminoácidos en la harina de lombriz Roja Californiana	19
7	Contenido de vitaminas y minerales en la harina de lombriz Roja Californiana	20
8	Encuesta para lombricultores en Guatemala	109
9	Ubicación geográfica de la planta procesadora en la República de Guatemala	110
10	Diagrama de bloques para la fabricación de harina de lombriz	111
11	Diagrama de flujo para la fabricación de harina de lombriz	112
12	Balance de masa del proceso	114
13	Proveedores de maquinaria y equipo	115
14	Distribución de la planta procesadora de harina de lombriz	116
15	Requerimiento de energía eléctrica	117

16	Proveedores de materia prima	117
17	Punto de equilibrio	118
18	Encuesta para productores de concentrados para animales en Guatemala	119
19	Hoja de control para pruebas de producción	121
20	Secuencia fotográfica del proceso de fabricación de harina de lombriz	122
21	Análisis químico proximal de la harina de lombriz	129
22	Análisis bacteriológico de la harina de lombriz	130

TABLAS

I	Producción de concentrados para animales en Guatemala	22
II	Cálculo de la demanda de harina de lombriz en Guatemala	23
III	Cálculo del tiempo disponible de producción	28
IV	Cálculo de la capacidad requerida para la planta de producción de harina de lombriz Roja Californiana	29
V	Determinación de la ubicación de la planta	31
VI	Requerimiento de personal para la planta procesadora de harina de lombriz	55
VII	Cálculo de la mano de obra directa e indirecta para el primer año de operaciones de la planta	64
VIII	Costos de maquinaria y equipo	65
IX	Cálculo de la inversión inicial	66
X	Cálculo del costo de la materia prima directa	67
XI	Cálculo del costo de la materia prima indirecta	69
XII	Cálculo de la depreciación anual	71

XIII	Pagos de deuda a largo plazo	72
XIV	Determinación del precio de venta para el primer año de operaciones	74
XV	Cálculo del punto de equilibrio	75
XVI	Estado de resultados para los años 1 y 2	78
XVII	Estado de resultados para los años 3 y 4	78
XVIII	Estado de resultados para los años 5 y 6	79
XIX	Estado de resultados para los años 7 y 8	79
XX	Estado de resultados para los años 9 y 10	80
XXI	Flujo de efectivo para los años 0 y 1	81
XXII	Flujo de efectivo para los años 2 y 3	82
XXII	Flujo de efectivo para los años 4 y 5	83
XXIV	Flujo de efectivo para los años 6 y 7	84
XXV	Flujo de efectivo para los años 8 y 9	85
XXVI	Flujo de efectivo para el año 10	86
XXVII	Flujos netos de efectivo para los 10 años del proyecto	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Kg	Kilogramos
g, mg	Gramos, miligramos
EEUU	Estados Unidos de Norteamérica
lb	Libras
qq	Quintales
mm	Milímetro
Km	Kilómetro
cc	Centímetro cúbico
cm	Centímetro
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
vr²	Vara cuadrada
GPM	Galones por minuto
gal	Galones
°C	Grados Celsius
CFM	Pies cúbicos por minuto
hp	Caballos de potencia
KWh	Kilowatt hora
Hz	Hertz
RPM	Revoluciones por minuto
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
Q	Quetzales
USD\$	Dólares americanos
h	Horas
min	minutos

BPM	Buenas prácticas de manufactura
PE	Punto de equilibrio
TMAR	Tasa mínima atractiva de retorno
VA	Valor actual
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
meg	Miliequivalentes en gramos
FAO	<i>Food and agriculture organization of United Nations</i>

GLOSARIO

- Acetomicetos** Género de bacterias, generalmente patógenas e inmóviles con ramificaciones filamentosas.
- Ácidos Húmicos** Productos de la descomposición del estiércol y la materia orgánica del suelo. Se solubilizan en los medios alcalinos y precipitan en presencia de ácidos.
- Anélidos** Una de las clases en que se divide el estudio de los gusanos. Comprenden unas 8,700 especies. Están provistos de un celoma destacado, cuerpo blando y segmentado y estructuras en forma de púas que utilizan para deslizarse. Este grupo incluye las lombrices de tierra (clase Oligoquetos), las singuijuelas (clase Hirudíneos), y los gusanos con púas (clase Poligoquetos).
- Aminoácidos** Son compuestos orgánicos que contiene tanto un grupo amino (-NH₂) como un carboxilo (-COOH). En la naturaleza existen un poco más de 20 aminoácidos, que en los seres vivos se unen mediante enlaces peptídicos formando las proteínas.

Bacterias	Organismos unicelulares sin núcleo celular diferenciado, pero con cromatina. Se desarrollan en cualquier parte donde encuentren un sustrato que les aporte energía. Algunas se desarrollan en presencia de aire (aeróbicas) y otras sólo prosperan sin oxígeno (anaerobias). En agricultura tienen gran importancia las que descomponen la materia orgánica, las nitrificantes, las formadoras de nitratos y nitritos, las sintetizadoras y las desdobladoras del hidróxido de hierro, entre otras.
Camas	Lecho, módulo o sector que se construye para albergar a las lombrices en un cultivo o explotación industrial de las mismas.
Capacidad de carga	Es la máxima densidad poblacional que puede obtenerse bajo ciertas condiciones (en el cultivo de lombrices); el valor nutricional del sustrato es el factor más importante.
Celoma	Cavidad de origen mesodérmico provista de un revestimiento epitelial que poseen muchos animales metazoos. El celoma de las lombrices se llama metamérico (ver metámero) porque está compuesto por muchos compartimientos separados por tabiques.

Celulosa	Del latín <i>Cellula</i> = “celda pequeña”. Hidrato de carbono complejo; es el componente principal de la pared de todas las células vegetales. En las plantas, la celulosa suele aparecer combinada con sustancias leñosas, grasas y gomosas. La celulosa es insoluble en todos los disolventes comunes y se separa fácilmente de los demás componentes de las plantas.
Clitelio	Zona anular cercana a los orificios sexuales en los anélidos oligoquetos.
Compostaje	Proceso biológico, aeróbico, termofílico, autogenerador de temperatura por medio del cual se genera descomposición de materiales biodegradables.
Descomposición	Acción de bacterias y hongos microscópicos sobre la materia orgánica. Estos microorganismos atacan y digieren los compuestos orgánicos complejos reduciéndola a formas más simples que pueden ser asimiladas por las plantas.

**Estudio de
Factibilidad**

Es un pronóstico de eventos que probablemente ocurrirán cuando el proyecto empiece a operar. Se caracteriza por ser escrito, identificar el factor económico, legal y técnico de un proyecto. En su conclusión indica si dicho proyecto tiene o no posibilidades favorables de implementación efectiva, cuantificando los resultados.

Humus

Materia orgánica del suelo. El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco. Al descomponerse el humus, los residuos vegetales se convierten en formas estables que se almacenan en el suelo y pueden ser utilizados como alimento por las plantas. La cantidad de humus afecta a las propiedades del suelo como estructura, color, textura y capacidad de retención de humedad.

Lombricultura

Diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas.

Mantillo

Tierra de origen vegetal rica en materia orgánica formada por la descomposición de hojas, tallos, etc. Absorbe las sustancias fertilizantes y conserva el calor y la humedad.

Metámero	Cada uno de los segmentos en que se divide el cuerpo de los animales metaméricos como los lumbrícidos.
Nemátodo	Una de las cinco clases del estudio de los gusanos. Es un gusano microscópico que parasita en el interior de las plantas produciendo una variedad de síntomas como enanismo y deformidades.
Oligoquetos	Clase de gusanos anélidos caracterizados por tener pocos pelos por segmento y carecer de parapodos. Presentan el cuerpo con segmentación bien visible, pero con la región cefálica poco evidente y sin apéndices. Son hermafroditos con pocas gónadas anteriores y con clitelio. Comprenden cerca de 2,500 especies.
Parápodo	Cada una de las salientes laterales que llevan los segmentos del cuerpo de los anélidos poligoquetos y las cuales se insertan en las cuerdas locomotrices.
pH	Es una medida de la acidez o alcalinidad de soluciones. Sus valores van de 0 a 14. El pH = 7 se considera neutro, por debajo de este valor se considera ácido y por encima del mismo se considera alcalino.

Proteína

Son los principales constituyentes de las células vivas y realizan muchas funciones: como catalizadoras para controlar la velocidad de las reacciones bioquímicas, como reguladoras de varias funciones del organismo, para transporte de oxígeno en el organismo y como mecanismo de defensa del mismo. Están constituidas por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y generalmente azufre. En general, son polímeros (muchas moléculas) de aminoácidos unidos a través del nitrógeno.

Suelo

Agregado de minerales y de partículas orgánicas producido por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica. En las regiones húmedas, la fracción orgánica representa entre el 2 y el 5% del suelo superficial y menos del 0.5% en regiones áridas.

Sustrato

Alimento proporcionado a las lombrices en un cultivo.

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar la factibilidad de producir harina a partir de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*), para ser utilizada como suplemento proteínico en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala.

Para ello, se realizó un análisis de mercado en el que se determinó que la demanda de la harina de lombriz en Guatemala es de 593,182 Kg. anuales (13,050 qq), para cubrir el 25% de la producción anual de concentrados en el país.

También se realizó un estudio técnico en el que se determinó que para cubrir la demanda de harina no existe en Guatemala la suficiente cantidad de lombrices, por lo que el estudio se basó en la cantidad de lombrices que se necesitan para cubrir dicha demanda y no en la disponibilidad de materia prima. Al mismo tiempo se establecieron todos los aspectos tecnológicos adecuados para la producción de harina, incluyendo desde el proceso en sí, hasta el equipamiento en maquinaria y personal necesarios para el funcionamiento de la planta.

Además, se realizó un estudio legal en el que se determinó que la mejor forma de constitución legal de la empresa es como una Sociedad Anónima.

En el estudio de impacto ambiental se determinó la necesidad de construir una fosa séptica y un pozo de absorción para el tratamiento de las aguas de desecho domésticas y la construcción de un tanque de sedimentación para el tratamiento primario de las aguas de desecho del proceso previo a ser enviadas al pozo de absorción, eliminando así el riesgo de contaminación del manto acuífero.

Por último, en el estudio económico se determinó que es necesaria una inversión inicial de Q 6,922.232.34 para el montaje de la planta. Se estableció un precio de venta de Q157.48/ Kg. para el primer año de labores. Mediante el análisis de rentabilidad se estableció un valor actual neto (VAN) de Q11,038,218.04, una tasa interna de retorno (TIR) de 40% y un tiempo de recuperación de la inversión de 3 años.

Con esto se establece la factibilidad técnica y económica para montar una planta procesadora de harina de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) en el departamento de Santa Rosa en Guatemala.

OBJETIVOS

General

Determinar si es económicamente rentable la producción de harina a partir de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) para ser utilizada en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala.

Específicos

1. Realizar un estudio de mercado para determinar la demanda de la harina de lombriz, y así poder establecer la tasa de producción requerida para satisfacer esa demanda.
2. Realizar un estudio técnico para diseñar el proceso óptimo de fabricación de harina de lombriz, a la vez de diseñar las instalaciones de una planta procesadora y su equipamiento tanto de maquinaria como de materia prima.
3. Diseñar la estructura organizacional, en lo referente a recurso humano, bajo la cual operará la planta.
4. Realizar un estudio legal para determinar las condiciones jurídicas bajo las cuales deberá operar la planta.
5. Realizar un estudio económico para determinar la rentabilidad del proyecto acorde con las ventas pronosticadas y el costo de fabricación del producto, verificando así si dicho proyecto es factible o no de llevar a cabo.

6. Realizar un estudio de impacto ambiental para determinar las consecuencias que provocará en el medio ambiente el operar la planta procesadora de harina de lombriz.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Guatemala y la mayoría de países del mundo, atraviesan serios problemas de contaminación del medio ambiente que lentamente están destruyendo su riqueza natural. Los desechos industriales, los diferentes tipos de basura, el abuso en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, son algunas de las causas generadoras de este problema, provocando el deterioro de la calidad de la tierra y contribuyendo a la contaminación de los ríos y los lagos.

El problema se agrava debido a que generalmente, todos estos desechos no son debidamente tratados para reducir su efecto contaminador antes de ser arrojados al medio ambiente, lo que contribuye a la contaminación y posterior destrucción del entorno, vital para la supervivencia del ser humano.

Este problema de la contaminación afecta directamente la cadena alimenticia del hombre, provocando que se consuma alimentos de menor calidad a un precio más alto.

Por ejemplo, la crianza de animales domésticos que también es considerada como generadora de contaminación debido en gran parte a los desechos orgánicos que genera, es al mismo tiempo, competidora directa en la cadena alimenticia de hombre, ya que para obtener animales de buena calidad, estos deben ser alimentados con los mismos alimentos que consume el hombre.

Afortunadamente, existe una solución que puede contribuir rápida y efectivamente a solucionar estos problemas a bajo costo: el cultivo de la lombriz Roja Californiana.

Esta lombriz se alimenta de cualquier tipo de desecho orgánico, por lo que no compite con el ser humano en la cadena alimenticia, y al mismo tiempo, es un poderoso medio descontaminante. Excreta humus o lombricompuesto, el que por sus altos contenidos de nutrientes, minerales y carga bacteriana es un excelente fertilizante natural que regenera los suelos y nutre las plantas, ayudando a incrementar hasta en un 100 % las producciones vegetales, tanto en cantidad como en calidad de las mismas.

Adicionalmente, este anélido proporciona su carne, la cual es una excelente fuente de proteínas (hasta un 80%), que puede ser consumida ya sea en forma natural o procesada como harina para fortificar alimentos de consumo animal, e inclusive de consumo humano, debido a su alto contenido de proteínas con todos los aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y ácidos grasos que la hacen un producto de muy alta calidad nutricional a bajo costo.

El presente trabajo pretende realizar un estudio sobre la factibilidad de producir en Guatemala harina a partir de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) para ser utilizada como un suplemento proteínico en la elaboración de concentrados para animales, contribuyendo así a mejorar la calidad y cantidad de las producciones de los distintos animales de engorde y la calidad de vida de animales domésticos.

1. ANTECEDENTES

1.1 Lombrices

El rol de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo era bien conocido en el antiguo Egipto. Una gran parte la fertilidad del valle del Nilo dependía de estos animales, por eso los faraones tenían previstos castigos muy severos a quienes los dañaran o contrabandearan. El gran filósofo griego Aristóteles las definió certeramente como los “Intestinos de la tierra”.

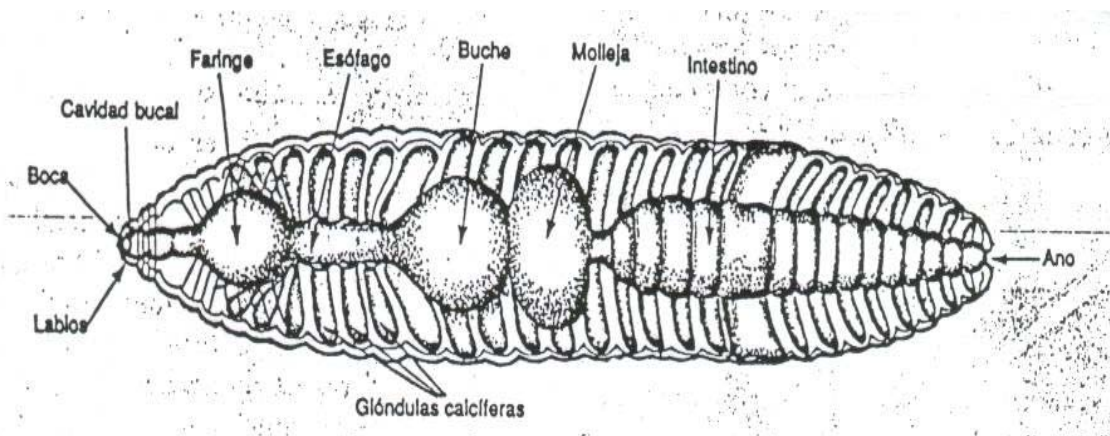
Charles Darwin publicó en 1881 su libro titulado: “La Formación de la Tierra Vegetal por la Acción de las Lombrices” en donde relató sus estudios de más de 30 años de observación de estos gusanos; este fue el primer trabajo científico en el que se investigó el rol ecológico de un animal en la naturaleza.

La lombriz de tierra desempeña un papel importante en la ecología del suelo; ésta construye una red de espacios por los que se airea el suelo y se mejora el drenado del agua. Las lombrices comen una gran cantidad de ciano. En este proceso los materiales que no digieren principalmente suelo, pasan a través del gusano y se depositan en la superficie como estructuras vaciadas. En esta forma, las lombrices de tierra constantemente están revolviendo el suelo y lo enriquecen con sus materiales de desecho. Todos estos factores mejoran las condiciones del crecimiento de las plantas. Por todas estas razones, las lombrices de tierra han sido llamadas “Labradoras de la naturaleza” (1).

1.1.1 Biología de las lombrices:

Los miembros del *filum Annelida* son los gusanos segmentados. La común lombriz de tierra, *Lumbricus*, es un ejemplo. Sus cuerpos cilíndricos son segmentados. Cada segmento o unidad, es distinta y la mayor parte de los segmentos contienen las mismas estructuras internas. La lombriz de tierra puede tener casi un centenar de segmentos (Ver figura 1). Las lombrices gigantes de Australia pueden tener 3 metros de largo.

Figura 1. Biología general de la lombriz (gusanos segmentados).



Fuente: Oram, Raymond y otros. **Biología de sistemas vivos**. Pág. 413

Una adaptación importante en los gusanos segmentados es la de un sistema circulatorio. Una serie de corazones bombean la sangre por todo el organismo en un sistema cerrado de tubos. La sangre acarrea moléculas de alimento, gases y ciertos desechos.

Otra característica no presente en otros tipos de gusanos, es una cavidad o celoma. Dentro de esta cavidad se encuentran los órganos principales. El celoma generalmente está cubierto con una delicada capa de tejido llamada peritoneo.

Los gusanos segmentados, al igual que los gusanos redondos, tienen dos aberturas corporales en su tubo digestivo (boca y ano), pero los sistemas digestivos de los gusanos segmentados son más complejos. Estos gusanos también poseen un sistema excretor sencillo que elimina desechos nitrogenados. Sin embargo, no tienen un sistema especializado para el intercambio de gases, porque estos gases los cambian por difusión.

Los músculos ayudan a la locomoción en los anélidos al igual que en los nemátodos. Los gusanos segmentados, carecen de parópodos, su fecundación es interna y los huevecillos fecundados están sellados en una cápsula y son depositados en el suelo. Una lombriz de tierra se desarrolla sin pasar por el estado larvario (2).

1.1.2 Especies de lombrices para la explotación comercial

Para la explotación comercial de las lombrices, se ha trabajado con varias especies. Las más importantes se muestran en la figura 2.

Aunque por apariencia externa es muy difícil su identificación, hay una diferencia muy marcada en lo referente a técnica de explotación; las dos últimas necesitan condiciones de calefacción e iluminación artificial, mientras el híbrido rojo o lombriz Roja Californiana se le explota sin estas técnicas (3).

Las principales diferencias entre las especies del género *lumbricidae* son: longevidad, periodicidad de acoplamiento y el número de nacidos por capullo. (Ver figura 3). Como puede observarse en esta figura, la lombriz Roja Californiana, *Eisenia foetida*, tiene una alta longevidad y prolificidad por lo que es una excelente opción para la producción de lombricompost y carne.

Figura 2. Especies Comerciales de Lombrices.

FAMILIA	ESPECIE
<i>Megascolecidae</i>	<i>Eodrilus eugeniae</i>
	<i>Perionyx excavatus</i>
	<i>Pheretima hawayana</i>
	<i>Pheretima asiática</i>
<i>Lumbricidae</i>	<i>Eisenia foetida</i>
	<i>Lumbricus rubellus</i>
	<i>Lumbricus terrestris</i>

Todas ellas pertenecientes a la clase *Oligochaeta* o lombrices de tierra.

Fuente: Cruz, M. **Las lombrices como fuente de proteína para sistemas de producción animal en trópicos.** Pág. 125.

Figura 3. Diferencias de longevidad y prolificidad entre distintos tipos de lombrices del género *Lumbricidae*.

	Longevidad (años)	Periodicidad acoplamiento (días)	Número de nacidos
Lombriz Roja	16	7	2 - 21
8000 especies de lombrices comunes (+)	4	45	1 - 4

(+) Incluyendo *Lumbricus rubellus* y *Lumbricus terrestris*.(3)

Fuente: Cruz, M. **Las lombrices como fuente de proteína para sistemas de producción animal en trópicos.** Pág. 128.

2. Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*)

Se le conoce como lombriz Roja Californiana porque es en ese Estado de E.E.U.U. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos a partir de los años 50(4).

1.2.1 Clasificación taxonómica de la *Eisenia Foetida*

La lombriz *Eisenia foetida* está clasificada dentro del reino animal de la siguiente manera:

Reino:	Animal
Phylum:	Anélidos
Clase:	Clitelados
Orden:	Oligoquetos
Familia:	Lombrices
Género:	<i>Eisenia</i>
Especie:	<i>Eisenia foetida</i>
Nombre común:	Lombriz Roja de California, Coqueta Roja.

Eisenia foetida es la lombriz más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo (4).

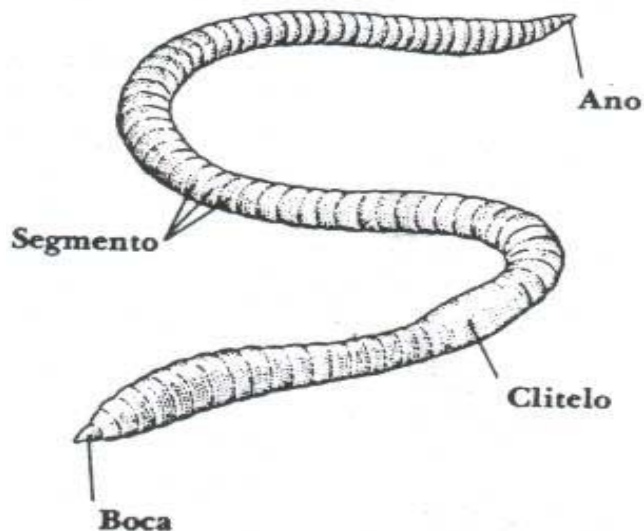
1.2.2 Características externas

Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm de longitud, llamada clitelio, cuya función está relacionada con la reproducción. Las características externas de la lombriz Roja Californiana se muestran en la figura 4.

Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 ó 6 días se ponen rosadas, y a los 90 ó 120 días son ya catalogadas como adultas, siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse (4).

La lombriz Roja Californiana mide de 6 a 8 cms de longitud, su diámetro oscila entre 3 y 5 mm. Pesa en edad adulta aproximadamente 1 gramo. Es de color rojo oscuro. No tiene dientes. Es fotobóbica (le teme a la luz solar); unas células especiales situadas a lo largo de su cuerpo le avisan de la presencia de la luz, que es su terrible enemiga. Los rayos ultravioleta la matan en pocos segundos (5). No contrae ni transmite enfermedades (6,7).

Figura 4. Características externas de la lombriz Roja Californiana.



Fuente: Oram, Raymond y otros. **Biología de sistemas vivientes**. Pág. 414.

1.2.3 Características internas

- Cutícula: Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente, que recubre a toda la lombriz como una barrera protectora del medio que la rodea.
- Epidermis: Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y la flexibilidad de la misma.
- Capas musculares: Son dos, una circular interna y otra longitudinal externa. Es un sistema muy desarrollado que permite a este ejemplar efectuar cualquier tipo de movimiento. Su cuerpo está dotado de una serie de anillos que son capaces de adherirse en el suelo, estirarse y encogerse para realizar los desplazamientos (8).
- Peritoneo: Es la capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.
- Celoma: Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal, dividida por los septos (segmentos), actuando como esqueleto hidrostático.
- Aparato Circulatorio: Formado por vasos sanguíneos. Estas lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.
- Aparato Respiratorio: Es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo por difusión.

- Sistema Digestivo: En la parte superior de la apertura bucal se sitúa el prostomio con forma de labio. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que posteriormente pasa al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas. Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. Posteriormente se encuentra el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino.
- Aparato Excretor: Formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma, por medio del ano, que se encuentra en la parte terminal.
- Sistema Nervioso: Es ganglionar, posee un par de ganglios supraesofágicos, de los que parte una cadena ganglionar (4).
- Aparato Reproductor: Es hermafrodita incompleta, no existe diferencia de sexo y no puede autofecundarse. Cada lombriz está dotada con un aparato genital masculino y un aparato genital femenino. El masculino está integrado por los testículos que son las glándulas generadoras de esperma. Su situación es anterior muy cerca de la boca, mientras que el aparato genital femenino ocupa una posición posterior relativa al masculino. Este retiene el esperma producido por el aparato genital masculino de otra lombriz hasta el momento de la fecundación.
- Prolificidad: Dos lombrices sexualmente adultas, en fase de acoplamiento, giran en sentido opuesto la una de la otra pudiendo contactar el aparato femenino de una con el aparato masculino de la otra. Así, en cada acoplamiento una lombriz recibe el esperma de la otra. La fecundación se efectúa a través del clitelio, cuyas glándulas producen el capullo o la cápsula (cocón).

La cápsula tiene un color amarillo verdoso, con unas dimensiones aproximadas de 2 x 3 por 3 x 4 mm, teniendo forma muy parecida a una pera muy pequeña. Por este emergen las lombrices después de 14 a 21 días de incubación.

En el momento del nacimiento las crías rompen la envoltura que ha adquirido un color más oscuro. Al nacer, las lombricitas, cuyo número oscila entre 2 y 21 ejemplares, son de color blanco.

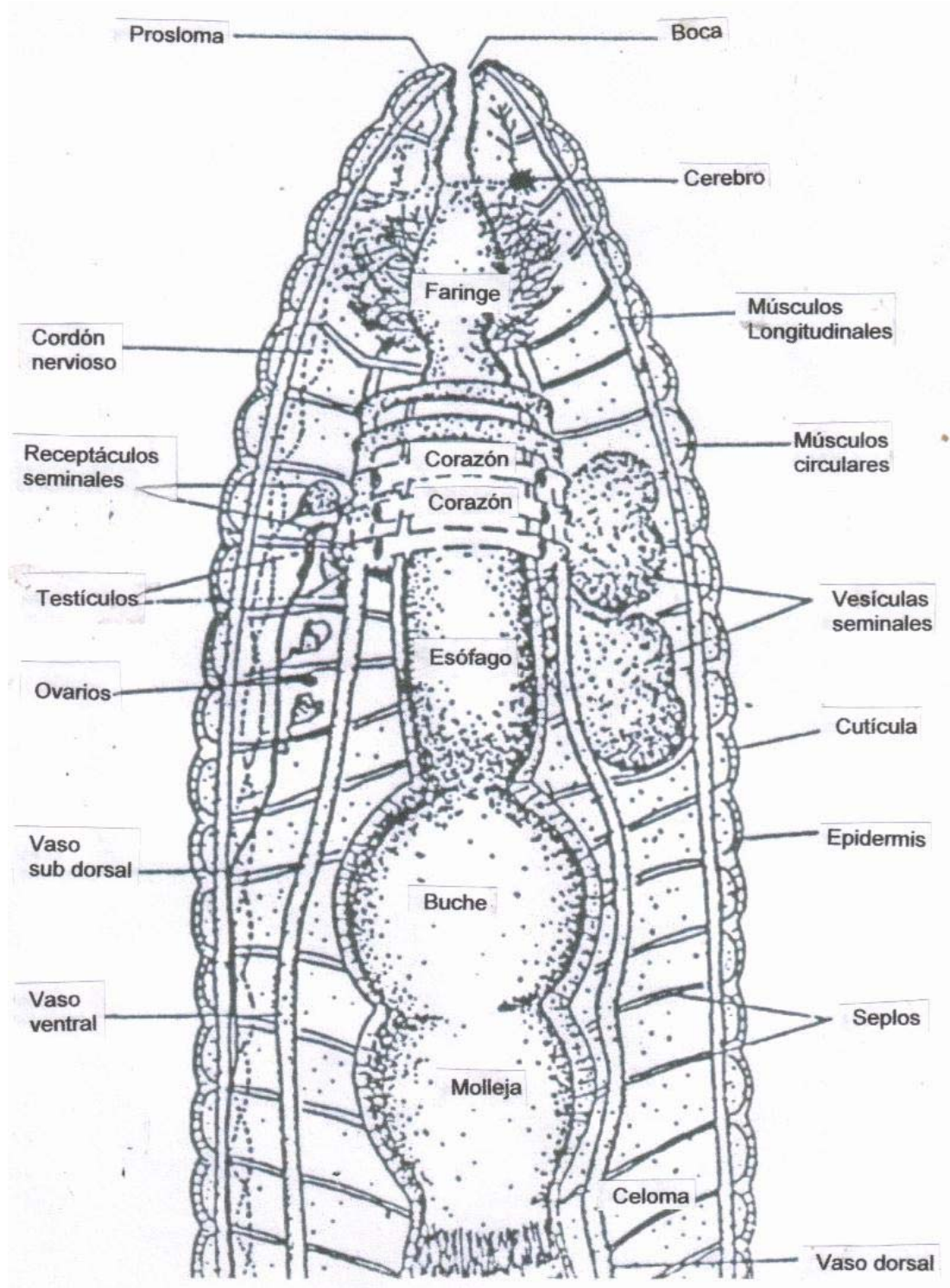
Desde ese mismo momento son autosuficientes, comen solas, y solo necesitan para sobrevivir que el sustrato en el que se encuentran sea lo suficientemente húmedo y tierno para ser chupado por su minúscula boca (4,8). Las características internas de la lombriz Roja Californiana se muestran en la figura 5.

1.2.4 Utilización de la lombriz Roja Californiana

La explotación de la lombriz Roja ha adquirido mucha relevancia en los últimos años debido a su utilización como:

- Medio de descontaminación ambiental: al alimentarse de materiales biodegradables en descomposición, los cuales excreta como humus o lombricompost. Esta actividad puede realizarse tanto para residuos domésticos como para residuos industriales.
- Mejoradora de suelos: La incorporación directa de lombrices en el suelo mejora la calidad de los mismos, ya que la lombriz cava túneles internos por medio de los cuales se facilita el ingreso y retención de humedad, y al mismo tiempo, se evita la erosión en los mismos.

Figura 5. Características internas de la lombriz Roja Californiana.



Fuente: Oram, Raymond y otros. **Biología de sistemas vivientes**. Pág. 415.

- Producción de humus: Se trata de un excelente fertilizante de los suelos que sustituye a los fertilizantes agroquímicos, además de que genera ingresos adicionales para el productor. Actualmente, esta actividad se realiza a gran escala en países como Estados Unidos, España, Italia, Chile, Ecuador y Argentina.
- Carnada para pesca: Se utiliza la lombriz viva, que puede ser la que sobra de los cultivos de lombriz. Esto tiene un gran mercado en los Estados Unidos.
- Alimentación de aves, peces, ranas y lagartos, en criaderos: La lombriz se puede utilizar viva o adicionada en forma de harina al concentrado utilizado para la alimentación de estos animales, el cual fortifica con su alto contenido de proteínas.
- Alimentación humana: Debido a su alto valor proteico, la lombriz se utiliza en forma de harina, para complementar la alimentación humana. En los últimos años, este procedimiento se ha implementado en países como Estados Unidos, Brasil, China y Filipinas, agregando esta harina a productos de consumo tales como embutidos, hamburguesas y conservas.
- Fabricación de antibióticos: En la industria farmacéutica se utiliza el colágeno presente en el líquido celomático de la lombriz, para la fabricación antibióticos para tratamiento de afecciones de la piel en los humanos.
- Cosmetología: En la fabricación de cremas.
- Investigaciones científicas: La medicina ha puesto en estudio a este anélido por su capacidad de regeneración de tejidos (no sangra al ser cortada) y su inmunidad al medio que la rodea (no contrae ni transmite enfermedades) (9,5,10).

1.3 Lombricultura

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices, y el tratamiento, por medio de estas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas (11).

Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc., sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje. El resultado son dos productos de alta calidad: el humus y las lombrices (11).

1.3.1 Factores del manejo de la lombricultura

- **Humedad:** La humedad de las camas debe ser estable, la óptima oscila entre 80 a 85% de humedad (12), aunque otros autores (11) refieren que la humedad debe ser del 70%. Las camas no deben estar empapadas ni saturadas ya que ello limita la cantidad de oxígeno, ni muy secas ya que esto impide la alimentación normal de las lombrices.

En lugares muy cálidos se recomienda colocar un mantillo para evitar la evaporación. La ventaja de este último material es que oscurece por completo la cama, de esta forma las lombrices pueden comer el sustrato de la superficie (sin miedo a los rayos solares). Para aumentar la producción de capullos se recomienda secar la parte superior por unos días y luego restablecer la humedad ya que el calor tibio estimula la deposición de huevos (12).

- pH: El óptimo en las camas es 7 (11), aunque se adaptan a pH entre 4.5 - 8. El pH ácido se puede corregir con una aplicación de 300 cc de carbonato de calcio por metro cuadrado (12).
- Temperatura: Esta especie (*Eisenia foetida*), es resistente a cambios bruscos dentro de su hábitat. La temperatura óptima esta entre los 18 a 28 grados centígrados. Hay que tener cuidado con el material sin previa descomposición ya que la fermentación del mismo en la cama aumenta el calor (hasta 70°C) y ello puede ser crítico (12). La temperatura óptima para la formación de cocones es entre 12 y 15° C (11).
- Luz: Los lechos deben cubrirse con paja ó sacos de yute, no con láminas ni productos impermeables que impiden el paso de aire, tampoco es recomendable que los lechos estén expuestos al sol, ya que la lombriz tiende a morir con los rayos ultravioleta y huye de la luz. Entre menos luminosidad será más beneficioso para las lombrices, ya que tapando la superficie la lombriz puede comer el sustrato de arriba.
- Aireación : Puede vivir con bajas cantidades de oxígeno y en presencia de altas concentraciones de CO₂, pueden estar sumergidas en agua pero por lapsos cortos de tiempo, preferiblemente deben estar en medios con suficiente oxígeno (12). Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce, además el apareamiento y la reproducción debido a la compactación (11).

- Drenaje: Se recomienda que las cajas ó lechos donde se cultive la lombriz tengan un buen drenaje en el fondo, por ejemplo haciéndoles agujeros, esto para que no se produzcan encharcamientos que aumenten la humedad dentro de los mismos.
- Riego: El sustrato debe regarse semanalmente durante un mes para que se oxigene y este listo para recibir a las lombrices. Puede utilizarse riego manual o por aspersión, dependiendo de la cantidad del mismo. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego es muy elevado, dará lugar a una disminución en el valor nutritivo de vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse ya que el exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica (11).
- Alimentación: Se deben utilizar únicamente materiales orgánicos ya descompuestos, de modo que la temperatura interior de la mezcla no exceda los 25 grados centígrados. Los desechos frescos se fermentan produciendo calor (hasta 70°C) y gases tóxicos, lo que podría matar a las lombrices. La altura del sustrato debe ser de 15 cm en verano y 25 cm en invierno, el cual deberá cambiarse cada siete días para fomentar en la lombriz el deseo de acoplamiento y aumentar la producción del cultivo, ya que se sabe que la lombriz se aparea por la noche, después de comer (8).

Existe una gama de diferentes sustratos que puede comer la lombriz, los cuales deben estar triturados y remojados para que la lombriz los pueda chupar fácilmente. Los sustratos pueden ser los siguientes (11):

- Excrementos de pollos y gallinas: El cual deberá dejarse madurar por un período de 14 a 16 meses para que alcance el pH adecuado. No es aconsejable debido a la fuerte acidez ocasionada por la alta temperatura de fermentación (90°C).

- Estiércol de equino: Es óptimo por su alto contenido de celulosa. El tiempo de envejecimiento óptimo es de 5 a 6 meses.
- Estiércol de vaca: El período mínimo de envejecimiento es de 6 meses para llegar al pH adecuado.
- Estiércol de ternero: Deberá realizarse análisis de contenido proteico, porque si excede del 45% podría ser perjudicial para las lombrices.
- Estiércol de ovino: Deberá dejarse madurar por un período de 3 a 4 meses.
- Estiércol de porcino: Debe dejarse madurar por un período de 9 a 10 meses, y debe separarse la parte líquida de la sólida. Es molesto por los malos olores que produce.
- Estiércol de conejo: Es el alimento óptimo por excelencia. Puede colocarse la cama de las lombrices directamente debajo de las jaulas de los conejos obteniendo un doble beneficio: alimento para las lombrices y descontaminación del medio de desarrollo de los conejos.

La lombriz solo profundiza en el sustrato 30 cm (13), el que se divide en tres: En la parte superior del sustrato se alimentan, en la parte de en medio ovopositan y en la inferior defecan. La *Eisenia foetida* consume su propio peso en alimento (14), o sea que consume aproximadamente 1 gramo de sustrato diario, excretando el 60 % en forma de humus (0.6 gramos diarios) y el restante 40% es asimilado por la lombriz.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Descripción del producto

La harina de lombriz es un extracto seco de proteína, obtenido a partir de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*). La proteína alcanza concentraciones que oscilan entre un 60 a 78% (p/p base seca). Es un producto natural con apariencia de polvo color café, con olor y sabor agradables, no contiene antioxidantes, conservantes, estabilizantes, saborizantes, colorantes, productos químicos, ni cualquier otro elemento extraño fuera de la fuente animal original del producto (15).

El contenido proteico de la harina concentra todos los aminoácidos esenciales, lo que garantiza una alta digestibilidad de la misma. Estos aminoácidos no son digeridos por el organismo, si no que son absorbidos directamente por el tracto gastrointestinal del animal, debido a que la harina posee enzimas que facilitan la absorción directa a través de las células del intestino delgado, cosa que no sucede con las proteínas provenientes de cualquier otro alimento que necesitan sufrir el proceso digestivo (15).

Cuando hay escasez o falta de un aminoácido, la eficiencia de los otros se ve proporcionalmente reducida. Para que el organismo pueda usar y sintetizar las proteínas de los alimentos de modo eficaz, todos los aminoácidos esenciales deben estar presentes en las debidas proporciones, y si no lo están el cuerpo se esfuerza por producirlos metabólicamente en complicados procesos bioquímicos.

Esto exige un gran trabajo que consume energía y provoca desgaste y envejecimiento, llegando a veces a provocar anomalías o dolencias.

Esto no sucede con la harina de lombriz ya que cuenta con todos los aminoácidos esenciales, entre ellos es importante mencionar a la lisina que suele estar ausente en los alimentos básicos, junto con una serie de vitaminas y minerales (15). La figura 6 muestra el contenido de aminoácidos en la harina de lombriz, la figura 7 muestra el contenido de vitaminas y minerales de la harina de lombriz Roja Californiana.

Además, la harina contiene la hormona sexual feromona, que la torna afrodisíaca estimulando el apareamiento y haciéndola muy atractiva para los animales (15).

La harina no es usada como alimento directo, si no como un complemento para incorporarse en dietas o concentrados en pequeñas cantidades. Al ser incorporada en la alimentación animal esta produce los siguientes efectos (15, 16):

- desarrolla la musculatura
- aumenta peso (en músculo no en grasa)
- cubre las deficiencias de proteínas y aminoácidos
- aumenta el desempeño sexual y estimula la reproducción
- produce un pelaje más suave y brillante
- estimula el apetito
- proporciona energía
- óptimo en la recuperación de animales enfermos
- producto geriátrico ya que es rejuvenecedor de las células
- estimula y acelera el crecimiento y aumento de tamaño del animal
- torna las raciones de alimento más atractivas.

Figura 6. Contenido de aminoácidos en la harina de lombriz Roja Californiana.

AMINOACIDO	MEDIA g/100 g proteína	EXIGENCIAS MINIMAS FAO g/100 g proteína
Alanina	5.53	
Arginina	6.51	
Acido aspártico	11.60	
Cisteína	1.83	1.5
Acido glutámico	14.20	
Glicina	5.00	
Histidina	2.57	
Isoleucina	4.69	4.0
Leucina	7.59	7.0
Lisina	7.56	6.5
Metionina	2.20	2.0
Fenilalanina	4.01	3.0
Prolina	5.30	
Serina	5.03	
Triptófano	1.40	1.0
Trionina	5.20	4.0
Tirosina	2.97	3.0
Valina	5.00	5.0

Fuente: Farinha de minhoca. www.promin.com.br.

Figura 7. Contenido de vitaminas y minerales en la harina de lombriz Roja Californiana.

VITAMINAS Y MINERALES	CONTENIDO
Vitamina A (retinol/caroteno)	Trazas
Vitamina B1 (tiamina)	16 mg
Vitamina B3 (niacina)	36 mg
Vitamina B12 (cobalamina)	6 mg
Vitamina B6 (piridoxina)	6 mg
Biotina (vitamina H)	32 meg
Acido paraaminobenzóico (PABA)	30 meg
Vitamina B15 (ácido pantoténico)	10.3 mg
Acido fólico (vitamina M)	2.1 mg
Colina (complejo B)	275 mg
Inositol (complejo B)	350 mg
Acido lipoíco	Trazas
Vitamina D	Trazas
Hierro	2.7 mg
Selenio	Trazas
Cromo	Trazas
Calcio	Trazas
Fósforo	Trazas

Fuente: Farinha de minhoca. www.promin.com.br.

La harina de lombriz ejerce una poderosa fascinación sobre todos los animales, que son compulsivamente atraídos por alimentos que la contienen, evitando así el desperdicio del alimento proporcionado.

La harina de lombriz es recomendada para la alimentación en (15, 16):

- piscicultura
- ranicultura
- piscicultura ornamental
- avicultura
- aves ornamentales
- chinchillas
- caballos de corrida y de trabajo
- porcicultura
- reproductores bovinos, ovinos y caprinos
- ganado lechero
- mascotas (perros y gatos)

La harina de lombriz producida en Guatemala, será vendida a las fábricas de concentrados para animales como complemento nutricional de dichos concentrados. La presentación del producto será en bolsas de papel *kraft* de 22.62 Kg cada una (50 libras). Durante la fabricación de la harina, se obtiene humus como subproducto, el cual puede ser vendido como fertilizante.

2.2 Demanda de harina de lombriz en Guatemala:

La demanda harina de lombriz en Guatemala se determinó a través de la Gremial de Fabricantes de Alimentos y Concentrados para Animales por medio de la producción mensual y anual durante el año 2004 de los diferentes tipos de concentrados para animales en el país. Esta producción se muestra en la tabla I.

Tabla I. Producción de concentrados en Guatemala.

Tipo de concentrado	Año 2004	
	Producción mensual (qq)	Producción mensual (Kg)
Avicultura	2.000.000	90.909.091
Ganadería	200.000	9.090.909
Porcicultura	100.000	4.545.455
Piscicultura y camarón	70.000	3.181.818
Animales domésticos (perros)	30.000	1.363.636
Total mensual:	2.400.000	109.090.909
Total anual:	28.800.000	1.309.090.909

Fuente: Gremial de Fabricantes de Alimentos y Concentrados para Animales.

La sugerencia de uso de la harina de lombriz como atractivo para concentrados es de 1 Kg de harina por cada 1,000 Kg de concentrado (0.1%) para avicultura, para piscicultura se sugiere 1 Kg de harina por cada 100 Kg de concentrado (1%) y para ganadería, porcicultura y animales domésticos se sugiere 5 Kg de harina por cada 1,000 Kg de concentrado (0.5%) (16).

Conociendo las producciones de concentrados y los porcentajes de adición de harina de lombriz, se procedió a determinar la demanda mensual y anual de harina, la que corresponde a 197,727.27 Kg mensuales (4,350 qq) o sea 2,372,727.27 Kg anuales (52,200 qq). Esta demanda se muestra en la tabla II.

Tabla II. Cálculo de la demanda de harina de lombriz en Guatemala.

Tipo de concentrado	Año 2004		Harina de lombriz		
	Producción mensual (qq)	Producción mensual (Kg)	% de adición	Demanda mensual (qq)	Demanda mensual (Kg)
Avicultura	2.000.000	90.909.091	0,10%	2.000	90.909
Ganadería	200.000	9.090.909	0,50%	1.000	45.455
Porcicultura	100.000	4.545.455	0,50%	500	22.727
Piscicultura y camarón	70.000	3.181.818	1,00%	700	31.818
Animales domésticos (perros)	30.000	1.363.636	0,50%	150	6.818
Total mensual:	2.400.000	109.090.909		4.350	197.727
Total anual:	28.800.000	1.309.090.909		52.200	2.372.727

Por razones de disponibilidad de materia prima se determinó que la planta llegará a cubrir únicamente el 25 % de la demanda anual, lo que corresponde a una demanda anual de harina de 593,181.82 Kg (13,050 qq).

También por razones de disponibilidad de materia prima, la planta producirá durante su primer año de labores únicamente el 10% de dicho valor, lo que representa una producción en el primer año de 59,318.18 Kg (1,305 qq). La producción de harina se irá incrementando paulatinamente hasta llegar a cubrir la demanda total establecida de 593,181.82 Kg, lo que sucederá a los 10 años de funcionamiento.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Disponibilidad de materia prima

Para la elaboración de harina de lombriz, la única materia prima requerida es la lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*). Este tipo de lombriz es cultivada en criaderos especializados, en los cuales la lombriz es alimentada con desechos orgánicos fermentados. La lombriz es cultivada en cunas bajo condiciones controladas de pH, temperatura, humedad, iluminación y cantidad de comida proporcionada.

Los criaderos pueden ser ubicados en cualquier lugar que cuente con la suficiente cantidad de desechos orgánicos que sirvan de alimento a las lombrices.

En Guatemala, la mayoría de los criaderos se encuentran en fincas con crianza de animales y productos agrícolas, por lo que generalmente la alimentación de la lombriz es una mezcla de estiércol con desechos vegetales. Para la producción de harina es preferible utilizar lombriz alimentada exclusivamente con desechos vegetales (16), esto debido al potencial de contaminación microbiana que representan los estiércoles.

Actualmente en el territorio nacional, la lombriz Roja Californiana se cultiva exclusivamente con fines de producción de humus de lombriz, el cual es utilizado como un abono o fertilizante en la producción de productos agrícolas. Los lombricultivos no están dedicados a la producción de carne de lombriz.

Los excedentes de lombriz en los criaderos, son utilizados para la ampliación de nuevas cunas dentro del mismo criadero o bien son vendidos para la creación de nuevos criaderos para la explotación del humus.

Con el objeto de obtener información sobre la disponibilidad de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) en Guatemala, se recurrió a la Asociación Nacional del Café, ANACAFE, ya que ellos promueven el cultivo de este tipo de lombriz dentro de los caficultores debido a que la lombriz puede muy bien ser alimentada con pulpa de café evitando así la contaminación ambiental provocada por la misma y a la vez beneficiándose con la producción de humus.

Cabe mencionar que ANACAFE es la única entidad en Guatemala que cuenta con información sobre lombricultores. Ninguna entidad gubernamental consultada: Banco de Guatemala, Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Ministerio de Economía, posee información sobre este tipo de cultivo a nivel nacional.

Con la información proporcionada por ANACAFE, se realizó un sondeo entre los lombricultores a través de una encuesta, con el objetivo de conocer el tamaño del lombricultivo, los productos obtenidos, la ubicación, el tipo de alimentación proporcionada, la disponibilidad de carne de lombriz, la unidad de medida y el precio de las lombrices. La encuesta se muestra en la figura 8 del apéndice.

Por medio de esta encuesta, se logró determinar la existencia de dos lombricultivos en los que las lombrices son alimentadas exclusivamente con pulpa de café, uno en el departamento de Quezaltenango con 100 millones de lombrices y otro en el departamento de Santa Rosa con 700 millones de lombrices.

3.2 Tamaño y localización de la planta

3.2.1 Tamaño de la planta

El tamaño de la planta determina la capacidad de producción de la misma, o sea el número de unidades que se pueden producir durante un período determinado.

El tamaño de la planta del presente estudio queda determinado por la cantidad de harina de lombriz que se debe producir para satisfacer los requerimientos diarios de la demanda y por el tiempo disponible de producción. La tabla III muestra el cálculo del tiempo disponible de producción.

Para el cálculo de las horas disponibles se tomó que un día de trabajo tiene 8 horas de producción efectivas de lunes a viernes y los sábados 4 horas. Los almuerzos y las refacciones se alternarán entre los operarios.

Tabla III. Cálculo del tiempo disponible de producción.

	Días	Horas
Disponibilidad total	365	2,920
Días no laborados (Domingos)	52	416
Asuetos	13	104
Días laborados medio Tiempo (sábados)	26	208
Tiempo de producción disponible	274	2,192

En la tabla No. II, se determinó que la demanda de harina de lombriz en Guatemala es de 52,200 qq anuales. Como se mencionó anteriormente, por razones de disponibilidad de materia prima en el territorio nacional, la planta puede iniciar operaciones cubriendo un 25% de la demanda y conforme a este resultado pensar en futuras ampliaciones de la misma para cubrir mayores porcentajes del mercado.

El 25% de la demanda representa una producción de 13,050 qq anuales. Con una producción de lunes a viernes en un turno de 8 horas diarias y sábados 4 horas, se necesita producir 47.62 qq diarios para cubrir la demanda, lo que determina el tamaño de la planta. La tabla IV muestra el cálculo de la capacidad requerida en la planta de producción.

Tabla IV. Cálculo de la capacidad requerida para la planta de producción de harina de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*)

Demanda anual de harina de lombriz	52,200 qq
25% de la demanda anual de harina	13,050 qq
Días disponibles para trabajo	274
No. de quintales producidos al día	47.62 qq
Kilogramos producidos al día	2,164.62

3.2.2 Localización de la planta

Para determinar la ubicación de la planta procesadora de harina de lombriz se evalúan los departamentos de Quetzaltenango y de Santa Rosa, por ser estos en los que se encuentran las mayores producciones de lombriz a nivel nacional. Los factores de importancia a considerar para la determinación de la ubicación son los siguientes:

- 1) Materia prima disponible (MP)
- 2) Condiciones climáticas (CC)
- 3) Cercanía con la industria procesadora de alimentos para animales (CI)
- 4) Disponibilidad de agua (DA)
- 5) Vías de acceso (VA)
- 6) Mano de obra (MO)

Es importante la disponibilidad inmediata de la materia prima, la lombriz Roja Californiana, para asegurar un suministro constante de la misma y así asegurar la producción.

Otro factor de suma importancia a considerar es el de las condiciones climáticas del departamento, ya que por el tipo de proceso que requiere la producción de harina de lombriz, se hace necesario contar con clima cálido la mayor parte del año (temperatura media alta).

Otro factor importante es la cercanía del mercado a comercializar el producto, en este caso la industria procesadora de alimentos para animales, para que no se vea afectado el costo de distribución del producto. Para evaluar este factor se debe tomar en cuenta que la mayoría de industrias en mención se encuentran ubicadas en el departamento de Guatemala.

La disponibilidad de agua es un factor importante para la selección de la ubicación de la planta, ya que esta es la materia auxiliar más importante dentro del proceso.

Las vías de acceso se consideran un factor importante ya que influyen en la rapidez con la que pueda ser trasladada la materia prima a la planta, considerando que en este caso la materia prima es un ser vivo que requiere condiciones especiales de traslado y una pronta llegada al lugar de procesamiento. Estas también son consideradas para la facilidad de reparto del producto terminado.

Por último, la disponibilidad mano de obra es otro factor a considerar para asegurar el funcionamiento continuo de la planta.

Para determinar la mejor ubicación de la planta se utiliza el método cuantitativo por puntos, el cual se muestra en la tabla V.

Tabla V. Determinación de la ubicación de la planta.

Factor Factor	Peso %	Santa Rosa		Quetzaltenango	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
MP	30%	7	2,10	5	1,50
CC	30%	10	3,00	6	1,80
CI	15%	9	1,35	5	0,75
DA	10%	8	0,80	8	0,80
VA	10%	10	1,00	7	0,70
MO	5%	8	0,40	8	0,40
Total	100%		8,65		5,95

Nota: la calificación está basada en un puntaje de 1 a 10.

En base a la calificación obtenida se determina que la mejor ubicación para la planta es en el departamento de Santa Rosa. La figura 9 del apéndice muestra la ubicación geográfica de la planta en la República de Guatemala.

3.3 Buenas prácticas de manufactura

Debido a las exigencias actuales tanto gubernamentales como del mercado nacional e internacional, se hace necesario establecer buenas prácticas a lo largo de todo el proceso de manufactura de la harina de lombriz Roja Californiana. Las buenas prácticas de manufactura, BPM, se han formulado con el objeto de que los alimentos se preparen, empaquen y almacenen en condiciones de higiene asegurando que el producto final obtenido sea inocuo para el consumo (17).

Por esta razón, se hace necesario conocer las generalidades de BPM antes de describir el proceso de manufactura de la harina.

Las BPM comprenden actividades realizadas en las áreas de: diseño y construcción de plantas, equipo, personal, operaciones higiénicas, proceso y controles, plantas y agua.

Algunas de las BPM a tomar en cuenta con relación a dichas áreas son las siguientes (17):

- Personal: Deben observarse en forma adecuada prácticas de aseo personal para evitar una posible contaminación del alimento por elementos indeseables tales como: vellos, pelo largo, pedazos de ropa, joyas y otras materias indeseables.
- Plantas: Se debe prestar atención al almacenamiento del equipo, a la eliminación de la basura, al mantenimiento del terreno circundante (control de malezas, césped, etc.), al desagüe adecuado y a la pavimentación apropiada del terreno o camino.
- Diseño y construcción de plantas: Considerar el tamaño apropiado de las instalaciones y las áreas de trabajo para evitar la congestión de empleados y de equipo. Proporcionar una iluminación adecuada en el área de trabajo ofreciendo así seguridad para evitar la contaminación de los productos. Proporcionar una ventilación adecuada en el edificio para reducir al mínimo o eliminar los malos olores. Llevar un programa adecuado de eliminación de plagas e insectos que puedan contaminar el alimento sobre todo en el área de almacenamiento.

- Equipos: Fabricar y diseñar los diferentes equipos utilizados en el proceso de modo que sean de fácil limpieza y mantenimiento de las condiciones sanitarias.
- Operaciones higiénicas: Deben existir programas de limpieza e higiene que se apliquen con la frecuencia necesaria para garantizar las condiciones sanitarias. Deben existir programas del uso del agua apropiada en el proceso. Deben existir instalaciones sanitarias donde los empleados puedan lavarse las manos para una mejor higiene.
- Proceso y controles: Todas las operaciones que formen parte del proceso se deben realizar de conformidad con las prácticas de higiene reconocidas. Deben existir sistemas de control de calidad preparados y aplicados por personal competente.

3.4 Proceso general de fabricación

Para describir mejor el proceso de fabricación de harina de lombriz, este se divide en las siguientes fases:

3.4.1 Recepción

Las lombrices al ser recibidas no deben llevar residuos de alimento, ya que estos generan un peso falso y hacen que la operación de limpieza no sea eficiente. Al recibirse las lombrices estas deben ser pesadas en una báscula de eje por eje, en donde la tara del contenedor se registra a la salida del mismo para obtener así únicamente el peso neto de las lombrices.

Luego de ser pesadas las lombrices, estas son trasladadas mediante una banda transportadora hacia la sección de reposo. Las lombrices deben ser identificadas por lotes, para que cada uno llene la capacidad de almacenamiento de cada cuna de reposo en dicha sección. Las cunas son llenadas manualmente.

3.4.2 Reposo

La operación de reposo de las lombrices se realiza con la finalidad de que expulsen por completo todos los residuos alimenticios que estas traen en su tracto digestivo.

Para esto, se deja reposar a las lombrices en cunas fabricadas de 15 m de largo por 1 m de ancho por 0.50 m de alto (7.5 m³). Estas cunas van colocadas con un ángulo de inclinación de 10° con respecto a la horizontal, por razones de drenaje.

3.4.3 Limpieza

La operación de limpieza consiste en recolectar manualmente el material excretado por las lombrices durante el período de reposo. En este caso el excremento es humus de lombriz, el cual se recolectará en toneles plásticos con rodos y será enviado de vuelta al lombricultivo para ser debidamente empacado y vendido como abono. Esto podrá reducir los costos de la producción de harina de lombriz. Las lombrices deben quedar totalmente limpias para poder continuar con el proceso.

3.4.4 Sacrificio

Luego de que las lombrices han pasado por el proceso de limpieza deben ser sacrificadas. Esto se hace agregando a las cunas de reposo solución salina al 4% (p/p).

Esta solución debe ser previamente preparada en un tanque de preparación de rotoplas provisto de un agitador. El agua que se utiliza en esta solución debe ser agua potable para eliminar el riesgo de contaminación de las lombrices.

El volumen necesario de solución salina para cada cuna es bombeado a la misma por medio de una bomba centrífuga colocada en el tanque de preparación y a través de una tubería sanitaria que descargará directamente en cada cuna.

Las lombrices permanecen en la solución por un período de 15 a 20 minutos, tiempo durante el cual mueren y a la vez eliminan la mayor parte de sus intestinos.

Luego se procede a eliminar la solución salina de las cunas de reposo. Esto se logra por gravedad, ya que las cunas cuentan con un ángulo de inclinación y con una válvula de salida en la parte inferior de la misma. Esta solución salina se recolecta por medio de una tubería galvanizada que la conduce directamente hacia el tanque de neutralización y sedimentación.

3.4.5 Lavado

Después de realizado el sacrificio de las lombrices, estas deben de ser lavadas para eliminar por completo los restos de intestinos y de sal presentes. Esto se logra bombeando, por medio de una bomba centrífuga, agua potable y libre de dureza a cada cuna por medio de una tubería grado sanitario que conecta directamente con cada cuna.

El operario debe revolver cuidadosamente y de forma manual las lombrices de cada cuna para lograr eliminar todos los restos contenidos en ellas. Una vez realizada esta operación, se procede a eliminar el agua de lavado de la misma forma en que se eliminó la solución salina, enviando esta agua al pozo de absorción.

3.4.6 Secado

Las lombrices ya lavadas se transportan al cuarto de secado por medio de una banda transportadora. Se reciben en cubetas de acero inoxidable y luego son extendidas en el piso del área para ser secadas por la acción de los rayos solares. El secado se lleva a cabo dentro de una galera con techo de lámina transparente de una altura de 5 m y provisto de un sistema de extracción de aire para eliminar el aire húmedo proveniente del secado de la lombriz. El espesor de la capa de lombrices no debe ser mayor de 1 cm para que el secado se pueda realizar eficientemente.

Aquí se logra reducir el contenido inicial de agua en la lombriz que es de 85 a 90%, hasta aproximadamente un 11% de humedad. La temperatura que alcanzan las lombrices no debe ser mayor a 60°C, para evitar el riesgo de que la proteína que contiene sea desnaturalizada.

3.4.7 Molienda

El producto que se obtiene después del secado es una capa delgada y dura de lombrices secas. Por esta razón se hace necesario pulverizarlas por medio de un molino de martillos y luego cernirla. Para la operación de cernido se puede utilizar un tamiz de 100 a 200 mallas por pulgada.

La harina obtenida se debe almacenar en un lugar seco y fresco, dentro de un silo donde pueda ser mezclada para obtener partículas uniformes.

3.4.8 Empaque y almacenamiento

El envasado de la harina se realiza en empaques consistentes en bolsas de papel *kraft* dobles, esta es una bolsa pegada por la parte inferior y con una capacidad de almacenamiento de 22.62 Kg (50 libras). El envasado se hace directamente del silo de almacenamiento, con la ayuda de una romana y de un dispositivo sellador para sacos de papel (cosedora).

Posteriormente los sacos son almacenados en la bodega de producto terminado, la que debe ser seca y fresca. Todo el proceso se debe llevar a cabo tomando en cuenta las buenas prácticas de manufactura, para obtener un producto de una calidad sanitaria adecuada.

En la figura 10 del apéndice se muestra el diagrama de bloques, en donde se observan las diferentes operaciones a realizar durante el proceso de fabricación. En la figura 11 del apéndice se muestra el diagrama de flujo del proceso en el que se indican los traslados y controles realizados durante el proceso de fabricación.

3.5 Control de calidad

3.5.1 Control de calidad de la lombriz Roja Californiana

El control de calidad de la lombriz Roja Californiana como materia prima para la elaboración de harina se divide en dos:

3.5.1.1 Control en el lombricultivo

Todo proveedor de materia prima debe ser sometido a una revisión de las condiciones generales del lombricultivo con el objeto de verificar que se está cumpliendo con los requerimientos necesarios para poder utilizar la lombriz para la producción de harina. Los factores a evaluar son los siguientes:

- tipo de alimentación
- pH
- temperatura
- % de humedad
- calidad del agua
- condiciones de limpieza del lombricultivo

3.5.1.2 Control en recepción de materia prima

A la lombriz que llega a la planta como materia prima deberá realizársele los siguientes controles:

- apariencia general de la lombriz
- tamaño
- peso
- entrega libre de alimento

3.5.2 Control de la harina de lombriz como producto terminado

A la harina de lombriz obtenida del proceso es necesario realizarle los siguientes análisis:

3.5.2.1 Análisis químico proximal

Para determinar el porcentaje en base seca de: humedad, materia seca, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno que contiene el lote de harina fabricado.

El contenido de proteína de la harina debe estar en valores de 60 a 78%. El porcentaje de humedad debe ser menor o igual a 11%. Todas las demás variables están en función de la nutrición del animal.

3.5.2.2 Análisis bacteriológico

A la harina de lombriz se le realiza un análisis bacteriológico para determinar que cumpla con la calidad sanitaria deseada. Este análisis consiste en la determinación de: recuento bacteriano total, recuento de coniformes, recuento de hongos y levaduras, cultivo de *salmonella sp*, cultivo de *E. Coli*, cultivo de *staphylococcus aureus*, cultivo de *clostridium botulinum*.

3.5.2.3 Análisis físico

El análisis físico que se realiza a la harina consiste en determinar si el color, el olor y el tamaño de la partícula están dentro del rango requerido para la presentación final del producto.

3.5.3 Control del agua de proceso

Al agua de proceso se le debe realizar control microbiológico para determinar que esta se encuentre con una calidad sanitaria libre de microorganismos.

3.4 Balance de masa del proceso

Para la fabricación de harina de lombriz Roja Californiana (*Esienia Foetida*), no existe ningún tipo de literatura que describa el proceso técnico de fabricación. Por tal razón, para la realización de este estudio, se hizo necesario correr varias pruebas de fabricación de harina de lombriz, con el objeto de encontrar el mejor proceso y a la vez determinar las variables que este proceso implica.

Por medio de las pruebas se determinó la siguiente información:

Peso de lombriz después del reposo = 63.12% del peso inicial

Peso de lombriz después del sacrificio = 44.29% del peso de la lombriz después del reposo.

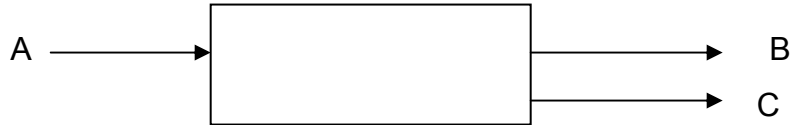
Peso de lombriz seca = 39.35% del peso de la lombriz sacrificada y lavada

Porcentaje de eficiencia de producción de harina = 11%

Estos datos sirven de base para la realización del balance de masa para la producción de harina de lombriz en un día. Los cálculos del balance de masa se realizaron para la capacidad de producción máxima de la planta, o sea 2,164.62 Kg diarios de producción (593,181.82 Kg anuales), según los datos de la tabla IV.

Base de cálculo: 1 día

A. Balance de masa durante el reposo:



En donde:

A = Peso de las lombrices con el tracto digestivo lleno

B = Peso de las lombrices con el tracto digestivo vacío

C = Humus de lombriz (excremento)

Estableciendo la ecuación de balance se tiene:

$$A = B + C$$

A = 19,677.27 (ver de la tabla VIII. Los 2,164.62 Kg representan el 11% del peso total inicial según el porcentaje de eficiencia en la producción)

B = 63.12% A, entonces por diferencia

C = 36.88 % A

Sustituyendo valores:

$$A = 63.12\% A + 36.88\% A$$

$$19,677.27 = 63.12\% (19,677.27) + 36.88\% (19,677.27)$$

$$19,677.27 = 12,420.29 + 7,256.98$$

$$19,677.27 = 19,677.27$$

Con este balance queda determinado que se introducen al área de reposo 19,677.27 Kg de lombriz con el tracto digestivo lleno y salen de la misma 12,420.29 Kg de lombriz con el tracto digestivo vacío y 7,256.98 Kg de humus.

B. Balance de masa en el sacrificio:



En donde:

A = peso de las lombrices con el tracto digestivo vacío

B = solución salina al 4% p/p

C = peso de las lombrices sacrificadas

D = solución salina al 4% p/p

E = peso de los intestinos y agua expulsados por las lombrices

Estableciendo la ecuación de balance se tiene:

$$A + B = C + D + E$$

$$B = 1.5 A$$

$$C = 44.29\% A$$

$$D = B = 1.5 A$$

$$E = 55.71\% A, \text{ por diferencia con } C$$

Sustituyendo valores:

$$A + 1.5 A = 44.29\% A + 1.5 A + 55.71\% A$$

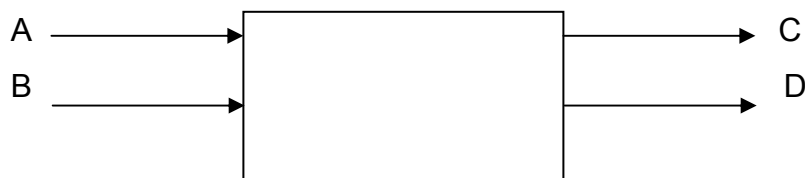
$$2.5 (12,420.29) = 44.29\% (12,420.29) + 1.5 (12,420.29) + 55.71\% (12,420.29)$$

$$31,050.72 = 5,500.95 + 18,630.43 + 6,919.34$$

$$31,050.72 = 31,050.72$$

Por medio de este balance se determinó que el peso de la lombriz sacrificada es 5,500.95 Kg, el peso de la solución salina necesaria para sacrificar a las lombrices es de 18,630.43 Kg y el peso de los intestinos y agua expulsados por la lombriz es de 6,919.34 Kg.

C. Balance de masa en el lavado



En donde:

A = peso de las lombrices sacrificadas

B = agua necesaria para el lavado

C = peso de las lombrices sacrificadas limpias

D = agua de lavado

Estableciendo la ecuación de balance se tiene:

$$A + B = C + D$$

$$B = 1.5 A$$

$$C = A$$

$$D = B = 1.5 A$$

Sustituyendo valores,

$$A + 1.5 A = A + 1.5 A$$

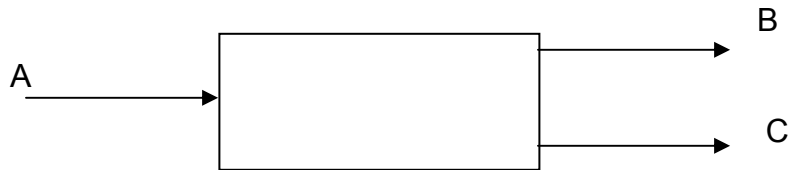
$$2.5 (5,500.95) = 5,500.95 + 1.5 (5,500.95)$$

$$13,752.37 = 5,500.95 + 8,251.43$$

$$13,752.37 = 13,752.37$$

Con esto se determinó que la cantidad de agua necesaria para el lavado de las lombrices es de 8,251.43 kg.

D. Balance de masa en el secador:



En donde:

A = peso de las lombrices sacrificadas y limpias

B = peso de las lombrices secas

C = agua evaporada

Estableciendo la ecuación de balance se tiene:

$$A = B + C$$

B = 39.35% A, entonces por diferencia

C = 60.65 % A

Sustituyendo valores,

$$A = 39.35\% A + 60.65\% A$$

$$5,500.95 = 39.35\% (5,500.95) + 60.65\% (5,500.95)$$

$$5,500.95 = 2,164.62 + 3,336.33$$

$$5,500.95 = 5,500.95$$

Con esto queda determinado que la cantidad de lombriz seca que se produce es de 2,164.62 Kg y la cantidad de agua que se evapora durante el proceso de secado es de 3,336.33 Kg.

E. Balance de masa en el molino



En donde:

A = peso de las lombrices secas

B = peso de la harina de lombriz

Estableciendo la ecuación de balance se tiene:

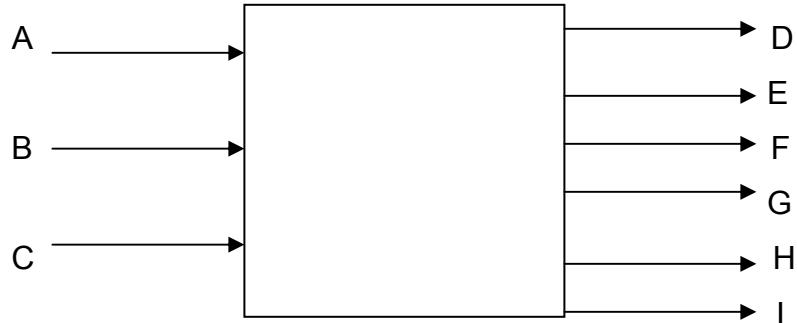
$$A = B$$

Sustituyendo valores,

$$2,164.62 = 2,164.62$$

Con esto se determina que la cantidad de harina de lombriz producida diario es de 2,164.62 Kg (47.62 qq). Este valor corresponde al necesario para satisfacer la demanda de harina de lombriz determinada en la tabla IV.

F. Balance global del proceso



A = peso de las lombrices con el tracto digestivo lleno

B = solución salina 4% p/p

C = agua de lavado

D = humus de lombriz

E = peso de intestinos y agua expulsados por las lombrices

F = agua evaporada

G = solución salina 4% p/p

H = agua de lavado

I = harina de lombriz

Al establecer la ecuación de balance se tiene:

$$A + B + C = D + E + F + G + H + I$$

Sustituyendo valores,

$$19,677.27 + 18,630.43 + 8,251.43 = 7,256.98 + 6,919.34 + 3,336.33 + \\ 18,630.43 + 8,251.43 + 2,164.62 \\ 46,559.13 \text{ Kg} = 46,559.13 \text{ Kg}$$

La figura 12 del apéndice se muestra el resumen del balance de masa realizado y se incluye las capacidades de los equipos a utilizar.

3.7 Requerimiento de maquinaria y equipo

Según los datos obtenidos en el balance de masa del proceso, indicado en la figura 12 del apéndice y del diagrama de flujo indicado en la figura 11 del apéndice, se determinó la capacidad y el tipo de maquinaria y equipo a utilizar en el proceso de fabricación de harina de lombriz. A continuación se presenta el detalle del mismo.

a) Patio de recepción de la lombriz

- Descripción: Lugar donde las lombrices van a ser recibidas y descargadas para luego ser introducidas en el proceso.
- Dimensiones: 5 metros de largo por 5 metros de ancho, para hacer un área de 25 m².

b) Báscula

- Tipo: Mecánica de plataforma con ruedas baranda.
- Descripción: Pesa las lombrices que llegan al patio de recepción.
- Capacidad: 1,000 libras (10 qq).

c) Banda transportadora No. 1:

- Tipo: Tipo “V” para transporte a granel grado sanitario color blanco con motor reductor de 1 hp 220/440 V trifásico.
- Descripción: Introduce las lombrices recibidas en el patio de recepción hacia el área de reposo.
- Dimensiones: 3 metros de largo, 0.50 metro de ancho y 1/8” de espesor.

d) Pilas de reposo

- Tipo: Construidas de block y forradas con azulejo.
- Descripción: Lugar donde las lombrices son colocadas después de ser pesadas, para su respectivo reposo, limpieza, sacrificio y lavado.
- Dimensiones: 15 metros de largo, 1 metro de ancho, 0.50 metro de alto, para hacer una capacidad total de 7.5 m³ cada cuna.

d) Toneles

- Tipo: Plástico de 55 galones con boca ancha.
- Descripción: Lugar donde se coloca el humus de lombriz que se obtiene durante la operación de limpieza de las lombrices en las cunas después de su reposo.

e) Tanque de preparación

- Tipo: Rotoplas industrial estándar color blanco con conexión de 3”.
- Descripción: Lugar donde se prepara la solución salina para el sacrificio de las lombrices.
- Dimensiones: 3.80 metros de alto y 2.40 metros de diámetro para hacer un volumen de 15,000 litros.

f) Agitador:

- Tipo: Acero inoxidable con propelas de mezclado, motor 3hp trifásico.
- Descripción: Mezcla la solución salina.

g) Bomba centrífuga

- Tipo: Acero inoxidable, 2” por 1 ½” tipo *clamp*, 90 GPM.
- Descripción: Se utilizarán dos bombas de este tipo, una para el movimiento de la solución salina del tanque de preparación hacia las pilas para el sacrificio y la otra para el movimiento del agua potable hacia el tanque de preparación y hacia las pilas para el lavado de las lombrices.

h) Banda transportadora No. 2

- Tipo: Tipo “V” para el transporte a granel, grado sanitario color blanco con motor reductor de 2 hp 220/440 V trifásico.
- Descripción: Transporta las lombrices lavadas hacia el área de secado.
- Dimensiones: 18 metros de largo, 0.50 metro de ancho y 1/8” de espesor.

i) Cubetas de acero inoxidable

- Descripción: Lugar donde se reciben las lombrices que vienen de la banda transportadora No. 2 para ser colocadas en el área de secado.
- Dimensiones: 5 galones de capacidad cada una.

j) Cuarto de secado solar

- Descripción: Lugar donde se colocan las lombrices para ser secadas por la acción del sol.
- Dimensiones: 40 metros de ancho por 45 metros de largo para hacer un área de 1,800 m².

k) Plástico

- Tipo: *Permalon Ply X210* reforzado.
- Descripción: Forro para el piso del cuarto de secado.
- Dimensiones: 30 X 50 metros.

l) Extractores de aire

- Tipo: Axial, 8,615 CFM, ¾ hp, 1,075 RPM, 220 V, 60 Hz.
- Descripción: Extraen el aire húmedo del cuarto de secado durante el proceso de secado de las lombrices.
- Dimensiones: 30 pulgadas.

m) Banda transportadora No. 3

- Tipo: Tipo "V" para transporte a granel, grado sanitario, color blanco, con motor reductor de 1 hp 220/440 V trifásico.
- Descripción: Transporta las lombrices secas hacia el molino de martillos.

n) Molino

- Tipo: Martillos con motor de 5 hp monofásico
- Descripción: Moler las lombrices secas.

ñ) Silo de almacenamiento

- Tipo: Rotoplas tipo tolva de 45°.
- Descripción: Almacena la harina que viene del molino de martillos.
- Dimensiones: 2.10 metros de de alto, 2.00 metros de diámetro para hacer una capacidad de 3,000 litros.

o) Balanza

- Tipo: Mecánica de plataforma y brazo.
- Descripción: Pesa los sacos de papel que se llenan con harina de lombriz
- Capacidad: 200 libras.

p) Máquina selladora

- Tipo: Manual
- Descripción: Cose los sacos de papel llenos de harina de lombriz.

q) Tarimas de madera:

- Descripción: Lugar donde se colocan los sacos de papel llenos y cosidos para su posterior almacenamiento.
- Dimensiones: 40" de ancho por 48" de largo.

r) *Pallet truck*

- Tipo: Manual
- Descripción: Se utilizarán dos *pallet*, uno para trasladar los cajones con lombrices hacia la báscula y otro para trasladar las tarimas con producto terminado hacia la bodega de almacenamiento.
- Capacidad: 5,000 libras.

s) Tanque de almacenamiento

- Tipo: Rotoplas industrial estándar color blanco con conexión de 3”.
- Descripción: Almacena el agua potable que se usará en los diferentes procesos de producción.
- Dimensiones: 3.52 metros de alto y 3.00 metros de diámetro para hacer una capacidad de 22,000 litros.

t) Compresor de aire

- Tipo: 4 hp, 145 psi, 16.9 CFM.
- Descripción: Servirá para generar aire con el que se eliminará el agua de lavado en las pilas de reposo y el área de secado.

u) Equipo auxiliar

- Tipo: Acero pulido, accesorios soldables.
- Descripción: 1 tubo 2” ASTM A270, 5 tubos 1 ½” SMS, 2 codos 90° ASTM 2”, 26 Tee 1 ½”, 14 válvulas mariposa 1 ½”, que servirán para realizar las conexiones entre los tanques y las pilas de reposo.

La Figura 13 del apéndice muestra los proveedores para la maquinaria y equipo necesarios para el procesamiento de harina de lombriz Roja Californiana.

3.8 Requerimiento de terreno y edificaciones

3.8.1 Terreno

Se considera un terreno de aproximadamente 3,400 m², equivalentes a 4,300 varas², tomando en cuenta alguna futura ampliación de la planta.

3.8.2 Edificios

La construcción ocupa aproximadamente 2,700 m². Las instalaciones contarán de 5 ambientes divididos en 3 áreas grandes y 2 áreas pequeñas. Las áreas grandes serán edificios de segunda categoría, construidas con estructura metálica para vigas y columnas, de 40 X 20 cm. Tendrá costaneras acuachadas de 4" para soportar el techo de lámina. Las zapatas de las columnas y de la estructura metálica tendrán un armado con hierro No. 8 y concreto con resistencia de 210 kg/cm². Para las paredes se utilizará materia prefabricado de electropanel de 1.20 X 2.40m. Este se recubrirá con sabieta mezclada con fibra de un espesor de 3 cm. El techo será de dos aguas y tendrá una pendiente de drenaje pluvial del 10%.

Las áreas pequeñas estarán construidas de paredes de *block* de 14X19X40 cm de resistencia 35 kg. Estas serán repelladas con cernido de *adeblock*. El material de las ventanas será de aluminio normal con persianas estándar y vidrio anonizado.

Las oficinas administrativas contarán con piso cerámico, ventanas de aluminio, vidrio anonizado, cielo falso y lámparas fluorescentes, además de tablayeso para separar las diferentes oficinas.

Contará con servicio sanitario para hombres y mujeres. La figura 14 del apéndice muestra un esquema gráfico de la distribución de la planta procesadora.

3.9 Requerimiento de servicios

3.9.1 Requerimiento de energía eléctrica

La figura 15 del apéndice presenta los datos de requerimiento de energía necesarios para producir 2,164.62 kg por día de harina de lombriz, basándose en los motores de las diferente maquinaria y el trabajo en un turno de 8 horas para establecer su consumo en kWh.

La cantidad de energía necesaria que consumirá esta planta industrial será de 221.21 kWh por día de producción de harina.

3.9.2 Agua industrial

En el proceso se utilizará agua industrial para el lavado de maquinaria, equipo y edificios, es decir para operaciones de limpieza, consumo que es fijo e independiente del volumen de operación. Se estima un consumo mínimo mensual de 10 m³ y anual de 120 m³, dato que se tomó como referencia de una planta procesadora de harina de carne (17).

3.9.3 Combustible

La planta requiere del combustible diesel para el funcionamiento del camión repartidor de producto terminado.

Para el cálculo de consumo de combustible, se ubica el municipio de Barberena en Santa Rosa, que está situado en el Km 55, por lo que un viaje diario ida y vuelta representa 110 Km.

Además, se calcula 40 Km de ruta reparto dentro de la ciudad. Con esto, la distancia diaria de recorrido de la unidad de reparto será de 150 km. Se calcula un rendimiento de 16 Km/gal de combustible, por lo que el consumo del mismo será de aproximadamente 10 galones de diesel por día.

Adicionalmente, la empresa absorberá el gasto de combustible gasolina de los vehículos del gerente general, el gerente de ventas y el mensajero. Se estima un consumo de 55 galones semanales.

3.9.4 Aire comprimido

La planta requiere de aire comprimido para eliminar el exceso de agua residual después de los procesos de lavado de las pilas de reposo y del área de secado. Para esto, se requiere de un flujo de aire de 16.9 CFM ($28.8\text{m}^3/\text{h}$) con una presión de 145 psi.

La planta no requiere de vapor, gas propano, ni refrigerantes, ya que estos no son utilizados en ninguna parte del proceso.

3.10 Requerimiento de personal

Para una capacidad de 2,164.62 Kg de harina de lombriz Roja Californiana al día, la planta procesadora deberá contar con el personal que muestra la tabla VI.

Todos los empleados que formarán parte del equipo de trabajo de la planta tendrán derecho a las prestaciones de Ley establecidas en el Código de Trabajo de la República de Guatemala las cuales son: Bono 14, aguinaldo y vacaciones. Así mismo, a todos los empleados se les descontará de su sueldo mensual el pago al IGSS, IRTRA e INTECAP, lo que también constituye un costo para la empresa.

Tabla VI: Requerimiento de personal para la planta procesadora de harina de lombriz.

PUESTO	CANTIDAD
Gerente general	1
Gerente de producción	1
Gerente de ventas	1
Secretaria	1
Supervisor de producción	1
Contador	1
Laboratorista	1
Bodeguero	1
Ayudante de bodega	1
Operarios	15
Piloto de camión	1
Mensajero	1
Total	26

Esta planta proporcionará empleo a un total de 26 personas distribuidas en la siguiente forma según su preparación académica:

- Profesionales: 3
- Técnicos: 3
- Empleados de oficina: 2
- Mano de obra no calificada: 18

4. ESTUDIO LEGAL

Ya que el mundo de los negocios se encuentra constantemente sujeto a los cambios de una sociedad dinámica, todo empresario debe asegurarse que su propia organización comercial sea capaz de enfrentar los retos necesarios del mundo competitivo. Seleccionando la organización legal más apropiada podrá aumentar sus utilidades, disminuir sus impuestos y ayudar a crecer a su organización (18).

Para la planta procesadora de harina de lombriz, se determinó que la mejor forma de constitución legal de la misma es como una Sociedad Anónima.

Ya que se trata de una empresa considerada grande se requiere de una alta inversión inicial, por lo que serán necesarias las aportaciones económicas de varios accionistas de los que no importa su calidad profesional, si no que solamente sus aportes a la empresa, misma que posee una personalidad jurídica distinta de los miembros que la integran, separándola legalmente de ellos y siendo reconocida para fines fiscales como un ente legal sujeto a impuestos.

Dentro de las ventajas de que la planta procesadora sea una sociedad anónima se encuentran las siguientes (18):

- La responsabilidad limitada de los accionistas. Su riesgo y su responsabilidad se encuentran limitados a la cantidad de dinero que cada uno haya invertido en la compañía mediante la venta de acciones.

- La administración de la empresa puede centralizarse en un consejo de directores (junta directiva), lo cual permite la selección de expertos y especialistas como administradores de la empresa, excluyendo de la administración a cualquier persona de los propietarios que no posea la capacidad o la experiencia necesaria.
- Mediante la venta de acciones se pueden atraer grandes capitales.
- Tiene duración ilimitada, puesto que la organización no se disolverá a causa de la muerte o retiro de uno de los accionistas.
- Las acciones se pueden transferir, ser compradas o ser vendidas.
- La sociedad anónima es un ente jurídico capaz de celebrar contratos, transferir intereses, demandar, ser demandada, adquirir propiedades u otros activos en nombre propio.

5. ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

Todas las operaciones industriales producen agua de desperdicio que es necesario devolver al medio ambiente. La planta procesadora de harina de lombriz no es la excepción, ya que esta producirá: 1) aguas de desperdicio doméstico y 2) aguas de desperdicio del proceso.

Las aguas de desperdicio doméstico serán producidas por los obreros de la planta y las instalaciones sanitarias. Las aguas de desperdicio del proceso serán el resultado de los diferentes lavados del producto.

5.1 Tratamiento de las aguas de desperdicio doméstico

Estas aguas deben ser tratadas por medio de una fosa séptica y pozos de absorción. La fosa séptica para una población promedio de 25 personas, un caudal de 2,250 litros al día y un tiempo de retención de dos días debe ser de 3 metros de profundidad y 1.5 metros de ancho. La fosa debe ser completamente hermética y debe tener acceso adecuado para mantenimiento y limpieza. Se deben construir dos pozos de absorción de 26 metros de longitud cada uno (19).

5.2 Tratamiento de las aguas de desperdicio del proceso

Durante el proceso de producción de harina de lombriz se generarán las siguientes aguas de desperdicio:

5.2.1 Aguas de lavado del área de secado y de la maquinaria

Estas aguas se manejarán enviándolas directamente hacia los pozos de absorción mencionados en el inciso 5.1.

5.2.2 Aguas de los procesos de sacrificio y lavado de las lombrices

Diariamente se producirán 18.6 m^3 de solución salina con restos orgánicos de las lombrices durante el sacrificio y 8.25 m^3 de agua de lavado con menor cantidad de los mismos restos, para hacer un total de 26.85 m^3 diarios de agua de desperdicio del proceso.

Los compuestos orgánicos presentes en el agua de desperdicio son los responsables de la mayor parte de los problemas de contaminación, como resultado de su efecto sobre los recursos de oxígeno en el medio ambiente. Los compuestos orgánicos tienden a biodegradarse por la acción de las bacterias y los hongos con consumo de oxígeno (20).

Las aguas de desperdicio generadas durante los procesos de sacrificio y lavado, mantienen su pH en un rango de 6 a 9, por lo que no son consideradas como aguas corrosivas y no existe el peligro de precipitación de iones metálicos en forma de carbonatos o hidróxidos (20). La temperatura de operación de estas aguas será la del medio ambiente, ya que el proceso no requiere de ningún calentamiento o enfriamiento de las mismas, con lo cual no se agrava la situación del oxígeno disuelto en las aguas receptoras debido a un calentamiento.

Por tales razones, estas aguas de desperdicio recibirán un pretratamiento antes de ser enviadas hacia el pozo de absorción. El sistema de pretratamiento más adecuado es el de sedimentación por gravedad, por lo que se hará necesaria la construcción de un tanque de sedimentación.

El tanque de sedimentación debe medir como mínimo 2 metros de diámetro por 1.5 metros de profundidad. El agua de desperdicio debe ser dejada en reposo durante 2 horas para permitir la sedimentación de los lodos. El lodo es empujado manualmente hacia la tolva de salida mediante escobas barredoras.

El tanque debe ser de flujo horizontal con recolección manual y remoción mediante vaciado del tanque. Debe poseer una tolva de lodos colocada en el centro del mismo, una pantalla de retención de espuma y escobas barredoras de sedimento hechas de caucho.

6. ESTUDIO ECONÓMICO

Realizados los estudios de mercado y de factibilidad técnica de la fabricación de harina de lombriz Roja Californiana, se debe continuar con el análisis económico financiero para poder determinar en base a la información recabada si el montaje de una planta procesadora de harina de lombriz es rentable.

6.1 Inversiones y financiamiento

6.1.1 Estructura de capital

Se determinó que el capital para la inversión inicial debe ser obtenido por medio de una mezcla de deuda a largo plazo y capital contable común. Esto es, el 57.78 % de la inversión inicial será obtenida por medio de financiamiento bancario a largo plazo y el otro 42.22 % será obtenido por medio de capital de los socios.

6.1.2 Determinación del costo de la mano de obra

La tabla VII muestra el cálculo de la mano de obra directa e indirecta para el primer año de labores de la empresa. Para el cálculo de los siguientes años se consideró un aumento del 9.04% anual, el cual representa la tasa de inflación al mes de febrero de 2005 (Dato proporcionado por el Departamento de Comercio del Banco de Guatemala).

Tabla VII: Cálculo de la mano de obra directa e indirecta para el primer año de operaciones de la fábrica.

Mano de obra directa	Sueldo mensual (Q)	Cantidad	Sueldo anual (Q)	Bono 14 (Q)	Aguinaldo (Q)	Indemnización (Q)	Vacaciones (Q)	IGSS (Q)	Total (Q)
Operario de recepción	1.500	2	36.000	2.500	2.500	2.500	1.250	120,75	44.871
Operario de área de reposo	1.800	6	129.600	7.500	7.500	7.500	3.750	382,25	156.212
Operario de humus	1.500	1	18.000	1.250	1.250	1.250	625	60,38	22.435
Operario de banda transportadora No. 2	1.500	1	18.000	1.250	1.250	1.250	625	60,38	22.435
Operario de secado	1.500	3	54.000	3.750	3.750	3.750	1.875	181,13	67.306
Operario de mollienda y empaquetado	1.500	2	36.000	2.500	2.500	2.500	1.250	120,75	44.871
Total mano de obra directa									366.131
Mano de obra indirecta									
Gerente General	30.000	1	360.000	29.750	29.750	29.750	15.000	1.438,93	465.687
Gerente de operaciones	20.000	1	240.000	19.750	19.750	19.750	10.000	953,93	310.204
Gerente de ventas y mercadeo	20.000	1	240.000	19.750	19.750	19.750	10.000	953,93	310.204
Secretaria recepcionista	2.000	1	24.000	1.750	1.750	1.750	1.000	84,53	30.335
Supervisor de producción	7.000	1	84.000	6.750	6.750	6.750	3.500	326,03	108.076
Contador general	2.000	1	24.000	1.750	1.750	1.750	1.000	84,53	30.335
Laboratorista	2.000	1	24.000	1.750	1.750	1.750	1.000	84,53	30.335
Bodeguero	2.000	1	24.000	1.750	1.750	1.750	1.000	84,53	30.335
Ayudante de bodega	1.500	1	18.000	1.250	1.250	1.250	750	60,38	22.560
Piloto de camión	1.500	1	18.000	1.250	1.250	1.250	750	60,38	22.560
Seguridad	1.500	1	18.000	1.250	1.250	1.250	750	60,38	22.560
Total mano de obra indirecta									1.383.190
Total mano de obra									1.741.321

6.1.3 Determinación del costo de la maquinaria y el equipo

Esta partida incluye los costos de la maquinaria y el equipo necesarios para la operación de una planta procesadora de harina de lombriz. La Tabla VIII muestra los precios al mes de abril de 2005 de la maquinaria y el equipo. Estos costos fueron cotizados en las diferentes casas comerciales referidas en la figura 13 del apéndice, en donde se seleccionaron los precios menores.

Tabla VIII: Costos de maquinaria y equipo.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO INSTALADO (Q)
Báscula	1	2,352.00
Banda transportadora No. 1	1	17,050.00
Banda transportadora No. 2	1	64,350.00
Banda transportadora No. 3	1	87,450.00
Agitador de preparación	1	9,642.75
Toneles plásticos	12	2,800.00
Tanque de preparación	1	29,013.36
Tolva de almacenamiento	1	5,928.86
Tanque de almacenamiento	1	32,583.29
Bomba centrífuga	2	32,480.00
Equipo auxiliar (tuberías, tee, codos, válvulas)		20,297.80
Plástico Ply X-210R		70,966.50
Extractor de aire	4	16,896.00
Molino de martillos	1	15,400.00
Balanza	1	700.00
Selladora de sacos	1	2,032.00
Tarimas de madera	30	2,625.00
<i>Pallet Truck</i>	2	7,000.00
Compresor de aire	1	13,395.40
Tanque de sedimentación	1	58,875.00
Tratamiento de aguas domésticas		12,560.00
Total		504,397.96

6.1.4 Inversión inicial

Para el cálculo de la inversión inicial se tomó en cuenta el terreno de 4,300 varas², el edificio con una construcción de 2,705 m², el mobiliario y equipo del laboratorio de control de calidad, el mobiliario de oficina, 5 computadoras para uso del personal administrativo, un camión con capacidad de 5 toneladas para la distribución del producto, una moto para el mensajero, los gastos de organización y legislación y un rubro de imprevistos. También fueron tomados en cuenta el costo de mano de obra para el primer año y el costo de la maquinaria, calculados anteriormente. La tabla IX muestra el costo de la inversión inicial.

Tabla IX: Cálculo de la inversión inicial.

RUBRO	VALOR (Q)
Terreno 4,300 varas ² Para marzo de 2005 el valor de la tierra en Santa Rosa se cotiza a USD\$ 10,00/vr2	326.680,03
Edificio 2,705 m ²	3.801.000,00
Mobiliario y equipo de oficina	110.000,00
Mobiliario y equipo de laboratorio	25.000,00
Vehículos	190.000,00
Capital de trabajo neto	1.741.321,00
Maquinaria y equipo	504.397,96
Organización y legislación Calculado en 3% de la inversión inicial	148.833,35
Varios e imprevistos	75.000,00
Total	6.922.232,34
Capital fijo	5.180.911,34

Tipo de cambio al 1 de abril de 2005 USD\$1.00 = Q7.59721 según el Banco de Guatemala.

El capital fijo se calcula restando de la inversión total el valor del capital de trabajo neto (sueldos y prestaciones). Esto equivale a un capital fijo de Q5,180,911.34, y este representa todos los gastos que tiene que desembolsar la empresa aunque no produzca nada.

6.1.5 Costo de la materia prima

6.1.5.1 Costo de la materia prima directa

La tabla X muestra el cálculo de la materia prima directa para el primer año de funcionamiento, en el que se producirá únicamente un 20% de la capacidad total de la planta. Para el cálculo de los siguientes años se consideró un aumento del 20% anual en la cantidad de materias primas a utilizar y una tasa de inflación del 9.04% (Inflación al mes de febrero de 2005 según BANGUAT) en el valor de las mismas.

Tabla X: Cálculo del costo de la materia prima directa.

Materia prima	Unidad de medida	Costo unitario (Q)	Requerimiento diario	Costo diario (Q)	Costo Anual (Q)
Lombriz Roja Californiana	kg	8.35	1,967.73	16,430.52	4,501,962.60
Sal refinada grado alimenticio	qq	65.00	1.64	106.54	29,190.59
Sacos de papel <i>kraft</i>	unidad	1.79	9.60	17.18	4,708.42
Total					4,535,861.61

Se consideró un precio de USD\$ 0.50 / libra de lombriz. La figura 16 del apéndice muestra los proveedores en donde se cotizaron las otras materias primas.

6.1.5.2 Costo de la materia prima indirecta

En este renglón se incluyen los servicios que utilizará la planta para su funcionamiento. La tabla XI muestra el cálculo de la materia prima indirecta para el primer año. Para el cálculo de los siguientes años se consideró un aumento del 9.04%, el cual representa la tasa de inflación al mes de febrero de 2005. El costo del aire comprimido se calcula dentro del costo de la energía eléctrica.

El costo del kWh de energía eléctrica fue proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala. El costo del metro cúbico de agua fue proporcionado por la Municipalidad de Guatemala según consumo, mismo que corresponde a toda la República. El costo del galón de diesel y gasolina fue obtenido de una gasolinera Shell. Todos los costos corresponden a valores al mes de mayo de 2005.

Tabla XI: Cálculo del costo de la materia prima indirecta

Materia prima	Unidad de medida	Costo por unidad (Q)	Requerimiento diario	Costo diario (Q)	Costo anual (Q)
Energía eléctrica	Kwh	1.42	221.21	314.12	86,068.88
Agua	m ³	1.76	27.22	47.91	13,126.57
Combustible Diesel	gal	16.69	10	166.90	45,730.60
Gasolina		20.00	11	220.00	60,280.00
Total					205,206.05

6.1.6 Gastos administrativos

Además de las materias primas, se tomaron en cuenta los siguientes gastos administrativos:

- **Mantenimiento y reparaciones:** Para calcular este rubro se toma un 2% del capital fijo (21). En lo referente a la maquinaria y equipo, se toma en cuenta la inexperiencia inicial de los operarios en cuanto a la utilización del equipo. Por lo tanto este costo es de Q103,618.22 anuales.

- Cargos de laboratorio: Este rubro constituye un 15% de la mano de obra directa (21). Por lo tanto este costo es de Q 53,719.65 anuales.
- Repuestos: Para este rubro se calcula un monto total de Q 20,000.00 anuales.
- Teléfono: Q 1,500.00 mensuales. Q 18,000.00 anuales.
- Papelería de oficina: Q 500.00 mensuales. Q 6,000.00 anuales.
- Varios: Café, azúcar, agua pura, jabón para las manos, papel *toilet*, etc., Q 500.00 mensuales. Q 6,000 anuales.
- Impuestos y seguros: Se calcula en aproximadamente un 2.5% anual del capital fijo (0.4% para seguros y 2.1% para impuestos) (19). Esto representa Q 129,522.78 anuales.

Esto implica un costo total por gastos administrativos de Q 336,860.65 anuales.

6.1.7 Depreciación

Para este rubro se toma la depreciación lineal anual del costo del edificio, mobiliario, maquinaria y equipo, vehículos y equipo de laboratorio en 10 años de operación, sin valor de rescate. La tabla XII muestra el cálculo de la depreciación anual.

Tabla XII: Cálculo de la depreciación anual.

	Inversión (Q)	% Depreciación	Años	Depreciación anual (Q)
Edificio 2,705 m ²	3,801,000.00	5%	20	190,000.00
Equipo de laboratorio (cristalería)	25,000.00	25%	4	6,250.00
Mobiliario de oficina	40,000.00	20%	5	8,000.00
Equipo de oficina (computadoras)	70,000.00	33.33%	3	23,331.00
Vehículos	190,000.00	20%	5	38,000.00
Maquinaria y equipo	504,397.96	20%	5	100,879.59
Total				366,460.59

6.1.8 Deuda a largo plazo

El 57.78 % de la inversión inicial será financiado por medio de un préstamo hipotecario. La tasa actual bancaria sobre préstamos hipotecarios es de 18% anual (Dato proporcionado por el Banco de Comercio al mes de abril de 2005). El plazo del préstamo será de 10 años y el monto a financiar de Q4,000,000.00. La tabla XIII muestra la forma en que será pagada la deuda.

Tabla XIII: Pagos de deuda a largo plazo.

Año	A capital (Q)	A intereses (Q)
1	400.000	720.000
2	400.000	648.000
3	400.000	576.000
4	400.000	504.000
5	400.000	432.000
6	400.000	360.000
7	400.000	288.000
8	400.000	216.000
9	400.000	144.000
10	400.000	72.000

Monto inicial del préstamo

Q4.000.000

6.2 Determinación del precio de venta

El precio del primer año se determinó en base al costo total unitario más un 30 % de utilidad. Para calcular el precio de los siguientes nueve años se consideraron aumentos de un 5% anual en la cantidad de materias primas a utilizar y un 9.04% anual en el valor de las mismas el cual representa la tasa de inflación al mes de febrero de 2005 proporcionada por el Banco de Guatemala.

Se aumentó el precio con respecto a la inflación suponiendo que los costos y gastos tendrán un aumento anual proporcional a la tasa de inflación. Se determinó que el precio por kilogramo de harina de lombriz para el primer año debe de ser de Q157.48 (US\$ 20.64), al mes de mayo de 2005. La tabla XIV muestra la determinación del precio para el primer año.

6.3 Determinación del punto de equilibrio

Se efectuó un análisis del punto de equilibrio desde el primer año de operación del proyecto hasta el último año del plazo (año 10), conforme el número de kilogramos de harina que se espera vender al principio y al final del pronóstico. Cabe mencionar que se estima una venta inicial del 10% de la demanda de harina y luego crecimientos anuales con respecto al año anterior hasta llegar a cubrir la demanda total en el año 10.

El punto de equilibrio está definido como (18):

$$\begin{aligned} \text{a) Punto de equilibrio} &= \text{Costos fijos totales} / \text{Contribución porcentual} \\ &= \text{monto en quetzales, o bien} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Punto de equilibrio} &= \text{Costos fijos totales} / \text{Margen de contribuci3n por} \\ &\quad \text{unidad} \\ &= \text{n3mero de unidades} \end{aligned}$$

Tabla XIV: Determinaci3n del precio de venta para el primer a1o de operaciones.

Rubro	Costos anuales
Costos directos	
Materia prima directa	4.535.861,61
Mano de obra directa	358.130,63
Total costos directos	4.893.992,23
Gastos generales	
Materia prima indirecta	205.205,56
Mano de obra indirecta	1.383.190,03
Gastos administrativos	336.860,65
Total gastos generales	1.925.256,23
Depreciaci3n	366.510,59
Costo total	7.185.759,06
Ventas anuales en Kg	59.318,18
Costo unitario por Kg	121,14
% utilidad sobre el costo	30%
Precio de venta por Kg	157,48
Precio de venta por saco de 50 lbs	3.579,11

La tabla XV muestra el c3lculo del punto de equilibrio para los 10 a1os de vida del proyecto. La figura 17 del ap3ndice muestra gr3ficamente el punto de equilibrio, el cual, como se aprecia en la gr3fica, se alcanza al quinto a1o de funcionamiento de la planta. Sustituyendo valores, el punto de equilibrio es:

$$1) \text{ P.E.} = \text{Q } 5,180,911.34 / 0.3 = \text{Q } 17,269,704.46$$

$$2) \text{ P.E.} = \text{Q } 5,180,911.34 / \text{Q } 36.34 = 142,567.73 \text{ Kg}$$

Tabla XV: Cálculo del punto de equilibrio.

Año	Unidades a producir (Kg)	Precio de venta (Q)	Ventas (Q)	Costo variable (Q)	Costo fijo (Q)	Costo total (Q)	Utilidad (Q)
1	59.318,18	157,48	9.341.486,78	6.819.248,47	5.180.911,34	12.000.159,81	-2.658.673,03
2	68.215,91	162,83	11.107.336,04	8.177.594,06	5.180.911,34	13.358.505,40	-2.251.169,36
3	81.859,09	167,13	13.680.877,83	10.157.241,59	5.180.911,34	15.338.152,93	-1.657.275,10
4	102.323,86	170,85	17.481.649,46	13.104.243,07	5.180.911,34	18.285.154,41	-803.504,95
5	133.021,02	175,37	23.327.303,98	17.607.150,40	5.180.911,34	22.788.061,74	539.242,25
6	172.927,33	181,12	31.320.406,50	23.902.570,38	5.180.911,34	29.083.481,72	2.236.924,77
7	233.451,90	189,51	44.242.018,50	33.842.271,92	5.180.911,34	39.023.183,26	5.218.835,24
8	315.160,06	200,23	63.105.287,40	48.352.478,77	5.180.911,34	53.533.390,11	9.571.897,29
9	425.466,08	213,18	90.700.642,31	69.579.674,85	5.180.911,34	74.760.586,19	15.940.056,12
10	595.652,51	226,33	134.812.122,55	103.511.582,73	5.180.911,34	108.692.494,07	26.119.628,48

6.4 Evaluación del proyecto

6.4.1 Determinación de la tasa mínima atractiva de retorno

La tasa mínima atractiva de retorno o costo de capital se calcula de la siguiente forma (19):

$$\text{TMAR} = \% \text{ deuda} * K_{DT} + \% \text{ capital contable común} * K_S$$

Donde K_{DT} representa el costo de la deuda y K_S la tasa de rendimiento requerida por los accionistas.

- a) Costo de la deuda: A una tasa activa del 18% el costo de la deuda después de impuestos es de 12.6 %. Para llegar a este resultado se utilizó la siguiente ecuación:

$$K_{DT} = (\text{tasa de rendimiento requerida por el banco}) * (\text{ahorros fiscales})$$

Los ahorros fiscales son el 100% - % del impuesto sobre la renta, el cual es del 30% en el caso de Guatemala. Entonces,

$$K_{DT} = (18) * (0.7) = 12.6 \%$$

- b) Tasa de rendimiento requerida por los accionistas: Se determinó una tasa de rendimiento requerida por los accionistas del 24.61 %. Para llegar a este resultado se utilizó la siguiente ecuación:

$$K_S = \text{tasa libre de riesgo} + ((\text{tasa pasiva} - \text{tasa libre de riesgo}) * (\text{prima de riesgo}))$$

El término que se le suma a la tasa libre de riesgo representa el costo de oportunidad para el accionista. Como tasa libre de riesgo se tomó la tasa de los depósitos a plazo fijo a 1 año del Banco de Guatemala, la cual es de 5.39% para el mes de abril de 2005. Se tomó una tasa pasiva del 15% y una prima de riesgo de 2, para calcular el costo de oportunidad. Sustituyendo datos en la ecuación se tiene:

$$K_S = 5.39 + ((15 - 5.39) * 2) = 24.61\%$$

Con los datos anteriores se determinó una TMAR = 17.88 %

$$TMAR = 57.78 * 12.6\% + 42.22 * 24.61\% = 17.88\%$$

Este resultado determina que, para que el negocio sea atractivo para que los inversionistas inviertan en el, la tasa interna de retorno mínima que se espera que genere el mismo es de 17.88% o mayor a este valor, si esta es menor, no vale la pena invertir en el.

6.4.2 Estado de resultados

En las siguientes tablas se muestra el estado de resultados para los 10 primeros años de funcionamiento de la empresa. Se estableció que la utilidad neta de cada período será pagada como dividendos a los accionistas al final de cada año, por lo que no hay utilidades retenidas. Como puede observarse en las tablas, existen utilidades desde el primer año de operaciones de la empresa.

Tabla XVI: Estado de resultados para los años 1 y 2.

Rubro	Año	
	1	2
Ingresos por venta de harina de lombriz	9.341.486,78	11.107.336,04
Mano de obra directa (-)	358.130,63	390.505,63
Materia prima directa (-)	4.535.861,61	5.687.789,02
Materia prima indirecta (-)	205.205,56	223.756,14
Utilidad bruta	4.242.288,98	4.805.285,24
Mano de obra indirecta (-)	1.383.190,03	1.508.230,40
Gastos administrativos (-)	336.860,65	367.312,85
Pago deuda (-)	400.000,00	400.000,00
Depreciación (-)	366.510,59	366.510,59
Utilidad antes de intereses e impuestos	1.755.727,72	2.163.231,39
Intereses (-)	720.000,00	648.000,00
Utilidad antes de impuestos	1.035.727,72	1.515.231,39
Impuestos 30% (-)	310.718,32	454.569,42
Utilidad neta	725.009,40	1.060.661,98
Dividendos (-)	725.009,40	1.060.661,98
Utilidades retenidas	-	-

Tabla XVII: Estado de resultados para los años 3 y 4.

Rubro	Año	
	3	4
Ingresos por venta de harina de lombriz	13.680.877,83	17.481.649,46
Mano de obra directa (-)	425.807,34	464.300,33
Materia prima directa (-)	7.442.358,18	10.143.934,20
Materia prima indirecta (-)	243.983,70	266.039,82
Utilidad bruta	5.568.728,61	6.607.375,10
Mano de obra indirecta (-)	1.644.574,43	1.793.243,96
Gastos administrativos (-)	400.517,93	436.724,76
Pago deuda (-)	400.000,00	400.000,00
Depreciación (-)	366.510,59	343.179,59
Utilidad antes de intereses e impuestos	6.046.274,52	3.634.226,80
Intereses (-)	576.000,00	504.000,00
Utilidad antes de impuestos	5.470.274,52	3.130.226,80
Impuestos 30% (-)	1.641.082,36	939.068,04
Utilidad neta	3.829.192,16	2.191.158,76
Dividendos (-)	3.829.192,16	2.191.158,76
Utilidades retenidas	-	-

Tabla XVIII: Estado de resultados para los años 5 y 6.

Rubro	Año	
	5	6
Ingresos por venta de harina de lombriz	23.327.303,98	31.320.406,50
Mano de obra directa (-)	506.273,08	552.040,16
Materia prima directa (-)	14.379.229,61	20.382.845,56
Materia prima indirecta (-)	290.089,82	316.313,94
Utilidad bruta	8.151.711,48	10.069.206,84
Mano de obra indirecta (-)	1.955.353,21	2.132.117,14
Gastos administrativos (-)	476.204,67	519.253,58
Pago deuda (-)	400.000,00	400.000,00
Depreciación (-)	336.929,59	190.050,00
Utilidad antes de intereses e impuestos	4.983.224,00	6.827.786,11
Intereses (-)	432.000,00	360.000,00
Utilidad antes de impuestos	4.551.224,00	6.467.786,11
Impuestos 30% (-)	1.365.367,20	1.940.335,83
Utilidad neta	3.185.856,80	4.527.450,28
Dividendos (-)	3.185.856,80	4.527.450,28
Utilidades retenidas	-	-

Tabla XIX: Estado de resultados para los años 7 y 8.

Rubro	Año	
	7	8
Ingresos por venta de harina de lombriz	44.242.018,50	63.105.287,40
Mano de obra directa (-)	601.944,59	656.360,38
Materia prima directa (-)	30.004.363,97	44.167.623,94
Materia prima indirecta (-)	344.908,72	376.088,47
Utilidad bruta	13.290.801,21	17.905.214,61
Mano de obra indirecta (-)	2.324.860,53	2.535.027,93
Gastos administrativos (-)	566.194,10	617.378,05
Pago deuda (-)	400.000,00	400.000,00
Depreciación (-)	190.050,00	190.050,00
Utilidad antes de intereses e impuestos	9.809.696,58	14.162.758,63
Intereses (-)	288.000,00	216.000,00
Utilidad antes de impuestos	9.521.696,58	13.946.758,63
Impuestos 30% (-)	2.856.508,97	4.184.027,59
Utilidad neta	6.665.187,60	9.762.731,04
Dividendos (-)	6.665.187,60	9.762.731,04
Utilidades retenidas	-	-

Tabla XX: Estado de resultados de los años 9 y 10.

Rubro	Año	
	9	10
Ingresos por venta de harina de lombriz	90.700.642,31	134.812.122,55
Mano de obra directa (-)	715.695,36	780.394,22
Materia prima directa (-)	65.016.509,15	99.251.602,20
Materia prima indirecta (-)	410.086,87	447.158,72
Utilidad bruta	24.558.350,93	34.332.967,39
Mano de obra indirecta (-)	2.764.194,45	3.014.077,63
Gastos administrativos (-)	673.189,02	734.045,31
Pago deuda (-)	400.000,00	400.000,00
Depreciación (-)	190.050,00	190.050,00
Utilidad antes de intereses e impuestos	20.530.917,46	29.994.794,46
Intereses (-)	144.000,00	72.000,00
Utilidad antes de impuestos	20.386.917,46	29.922.794,46
Impuestos 30% (-)	6.116.075,24	8.976.838,34
Utilidad neta	14.270.842,22	20.945.956,12
Dividendos (-)	14.270.842,22	20.945.956,12
Utilidades retenidas	-	-

6.4.3 Flujo de efectivo

Las siguientes tablas muestran el análisis del flujo de efectivo para los primeros diez años de operación de la empresa, ya que es durante este tiempo en que se cancela la deuda hipotecaria.

Tabla XXI: Flujo de efectivo para los años 0 y 1.

Rubro	Año	
	0	1
Inversión inicial		
Terreno	326.680,03	
Edificio	3.801.000,00	
Mobiliario y equipo de oficina	110.000,00	
Mobiliario y equipo de laboratorio	25.000,00	
Vehículos	190.000,00	
Maquinaria y equipo	504.397,96	
Capital de trabajo neto	1.741.321,00	
Organización y legislación	148.833,35	
Varios e imprevistos	75.000,00	
Total inversión inicial	6.922.232,34	
Ingresos		
Venta de harina de lombriz		9.341.486,78
Total de ingresos		9.341.486,78
Egresos		
Mano de obra directa		358.130,63
Mano de obra indirecta		1.383.190,03
Materia prima directa		4.535.861,61
Materia prima indirecta		205.205,56
Gastos administrativos		336.860,65
Pago deuda		400.000,00
Pago de intereses		720.000,00
Total egresos		7.939.248,47
Utilidad de operación		1.402.238,31
Depreciación (-)		366.510,59
Utilidad antes de impuestos		1.035.727,72
Impuesto sobre la renta ISR 30%		310.718,32
Utilidad después de impuestos		725.009,40
Adición de depreciación (+)		366.510,59
Flujo neto de efectivo	-6.922.232,34	1.091.519,99
Flujo de efectivo acumulativo	-6.922.232,34	-5.830.712,35

Tabla XXII: Flujo de efectivo para los años 2 y 3.

Rubro	Año	
	2	3
Ingresos		
Venta de harina de lombriz	11.107.336,04	13.680.877,83
Total de ingresos	11.107.336,04	13.680.877,83
Egresos		
Mano de obra directa	390.505,63	425.807,34
Mano de obra indirecta	1.508.230,40	1.644.574,43
Materia prima directa	5.687.789,02	7.442.358,18
Materia prima indirecta	223.756,14	243.983,70
Gastos administrativos	367.312,85	400.517,93
Pago deuda	400.000,00	400.000,00
Pago de intereses	648.000,00	576.000,00
Total egresos	9.225.594,06	11.133.241,59
Utilidad de operación	1.881.741,98	2.547.636,24
Depreciación (-)	366.510,59	366.510,59
Utilidad antes de impuestos	1.515.231,39	2.181.125,65
Impuesto sobre la renta ISR 30%	454.569,42	654.337,70
Utilidad después de impuestos	1.060.661,98	1.526.787,96
Adición de depreciación (+)	366.510,59	366.510,59
Flujo neto de efectivo	1.427.172,57	1.893.298,55
Flujo de efectivo acumulativo	-4.403.539,78	-2.510.241,23

Tabla XXIII: Flujo de efectivo para los años 4 y 5.

Rubro	Año	
	4	5
Ingresos		
Venta de harina de lombriz	17.481.649,46	23.327.303,98
Total de ingresos	17.481.649,46	23.327.303,98
Egresos		
Mano de obra directa	464.300,33	506.273,08
Mano de obra indirecta	1.793.243,96	1.955.353,21
Materia prima directa	10.143.934,20	14.379.229,61
Materia prima indirecta	266.039,82	290.089,82
Gastos administrativos	436.724,76	476.204,67
Pago deuda	400.000,00	400.000,00
Pago de intereses	504.000,00	432.000,00
Total egresos	14.008.243,07	18.439.150,40
Utilidad de operación	3.473.406,39	4.888.153,59
Depreciación (-)	343.179,59	336.929,59
Utilidad antes de impuestos	3.130.226,80	4.551.224,00
Impuesto sobre la renta ISR 30%	939.068,04	1.365.367,20
Utilidad después de impuestos	2.191.158,76	3.185.856,80
Adición de depreciación (+)	343.179,59	336.929,59
Flujo neto de efectivo	2.534.338,35	3.522.786,39
Flujo de efectivo acumulativo	24.097,12	3.546.883,51

Tabla XXIV: Flujo de efectivo para los años 6 y 7.

Rubro	Año	
	6	7
Ingresos		
Venta de harina de lombriz	31.320.406,50	44.242.018,50
Total de ingresos	31.320.406,50	44.242.018,50
Egresos		
Mano de obra directa	552.040,16	601.944,59
Mano de obra indirecta	2.132.117,14	2.324.860,53
Materia prima directa	20.382.845,56	30.004.363,97
Materia prima indirecta	316.313,94	344.908,72
Gastos administrativos	519.253,58	566.194,10
Pago deuda	400.000,00	400.000,00
Pago de intereses	360.000,00	288.000,00
Total egresos	24.662.570,38	34.530.271,92
Utilidad de operación	6.657.836,11	9.711.746,58
Depreciación (-)	190.050,00	190.050,00
Utilidad antes de impuestos	6.467.786,11	9.521.696,58
Impuesto sobre la renta ISR 30%	1.940.335,83	2.856.508,97
Utilidad después de impuestos	4.527.450,28	6.665.187,60
Adición de depreciación (+)	190.050,00	190.050,00
Flujo neto de efectivo	4.717.500,28	6.855.237,60
Flujo de efectivo acumulativo	8.264.383,79	15.119.621,39

Tabla XXV: Flujo de efectivo para los años 8 y 9.

Rubro	Año	
	8	9
Ingresos		
Venta de harina de lombriz	63.105.287,40	90.700.642,31
Total de ingresos	63.105.287,40	90.700.642,31
Egresos		
Mano de obra directa	656.360,38	715.695,36
Mano de obra indirecta	2.535.027,93	2.764.194,45
Materia prima directa	44.167.623,94	65.016.509,15
Materia prima indirecta	376.088,47	410.086,87
Gastos administrativos	617.378,05	673.189,02
Pago deuda	400.000,00	400.000,00
Pago de intereses	216.000,00	144.000,00
Total egresos	48.968.478,77	70.123.674,85
Utilidad de operación	14.136.808,63	20.576.967,46
Depreciación (-)	190.050,00	190.050,00
Utilidad antes de impuestos	13.946.758,63	20.386.917,46
Impuesto sobre la renta ISR 30%	4.184.027,59	6.116.075,24
Utilidad después de impuestos	9.762.731,04	14.270.842,22
Adición de depreciación (+)	190.050,00	190.050,00
Flujo neto de efectivo	9.952.781,04	14.460.892,22
Flujo de efectivo acumulativo	25.072.402,43	39.533.294,65

Tabla XXVI: Flujo de efectivo para el año 10.

	Año
Rubro	10
Ingresos	
Venta de harina de lombriz	134.812.122,55
Total de ingresos	134.812.122,55
Egresos	
Mano de obra directa	780.394,22
Mano de obra indirecta	3.014.077,63
Materia prima directa	99.251.602,20
Materia prima indirecta	447.158,72
Gastos administrativos	734.045,31
Pago deuda	400.000,00
Pago de intereses	72.000,00
Total egresos	104.699.278,09
Utilidad de operación	30.112.844,46
Depreciación (-)	190.050,00
Utilidad antes de impuestos	29.922.794,46
Impuesto sobre la renta ISR 30%	8.976.838,34
Utilidad después de impuestos	20.945.956,12
Adición de depreciación (+)	190.050,00
Flujo neto de efectivo	21.136.006,12
Flujo de efectivo acumulativo	60.669.300,77

6.4.4 Análisis de rentabilidad del proyecto

Para el análisis de la rentabilidad de proyecto se utilizó los valores de los flujos netos de efectivo, los cuales se presentan resumidos en la tabla XXVII.

Tabla XXVII: Flujos netos de efectivo para los 10 años del proyecto.

Año	Flujo neto efectivo
0	-Q6.922.232,34
1	Q1.091.519,99
2	Q1.427.172,57
3	Q1.893.298,55
4	Q2.534.338,35
5	Q3.522.786,39
6	Q4.717.500,28
7	Q6.855.237,60
8	Q9.952.781,04
9	Q14.460.892,22
10	Q21.136.006,12

6.4.4.1 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto de un proyecto está dado por la fórmula (18):

$$VA = S_1 / 1 + i + S_2 / (1 + i)^2 + S_3 / (1 + i)^3 + S_n / (1 + i)^n$$

Donde:

VA = Valor actual de los flujos netos del proyecto

S_1, S_2, \dots, S_n = Flujos netos del proyecto durante los años 1, 2 ... n

n = años de vida del proyecto

i = Tasa de descuento ajustada al riesgo (tasa mínima atractiva de retorno)

El valor actual neto VAN de un proyecto se calcula sustrayendo el costo de la inversión inicial del proyecto del valor presente del proyecto (18).

$VAN = VA - \text{Inversión inicial}$

Al sustituir los respectivos valores obtenidos de la tabla XXVII en la fórmula del VAN se obtiene un valor de Q11,038,218.04.

Como la cifra obtenida es mayor que cero, entonces el proyecto debe aceptarse.

6.4.4.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno TIR de un proyecto está dada por la fórmula (18):

$$C = S_1 / 1 + r + S_2 / (1 + r)^2 + S_3 / (1 + r)^3 + \dots + S_n / (1 + r)^n$$

Donde:

C = Costo de la inversión inicial del proyecto

S_1, S_2, \dots, S_n = Flujos netos del proyecto para los períodos 1, 2, ... n

n = años de vida del proyecto

r = TIR del proyecto

Sustituyendo los respectivos valores (tomados de la tabla XXVII) en la ecuación, se obtiene una TIR de 40%. Esta tasa es mayor a la TMAR de 17.88%, por lo que el proyecto debe ser aceptado.

6.4.4.3 Tiempo de recuperación de la inversión

Esta medida representa el número de años requeridos para que el inversionista recupere su inversión original. Como el flujo de efectivo es variable, el tiempo de recuperación de la inversión es el tiempo necesario para que el flujo de efectivo acumulativo sea cero (18).

Por lo tanto, sustituyendo valores tomados de las tablas de flujo de efectivo se obtiene:

$$\text{Tiempo de recuperación} = 3 + Q24,097.12 / Q2,534,338.35$$

$$\text{Tiempo de recuperación} = 3.00 \text{ años}$$

Este valor indica que se requiere un período de tiempo relativamente corto para recuperar la inversión inicial, lo que a su vez representa utilidades a corto plazo.

7. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

7.1 Estudio de mercado

La harina de lombriz Roja Californiana es un producto que a la fecha no ha sido utilizado en Guatemala ya que no existe producción local ni importaciones de la misma, por lo que no cuenta con una demanda establecida y no es un producto obtenible en el mercado industrial. Esta información se verificó por medio del Ministerio de Economía, el Banco de Guatemala, el Instituto Nacional de Estadística INE y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA, quienes no cuentan con ningún registro de producciones a nivel nacional ni de importaciones realizadas de este producto (la harina de lombriz no cuenta con una partida arancelaria establecida). Con esto, se determinó que en Guatemala no existe mercado proveedor, ni mercado distribuidor ni mercado productor de harina de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*).

Lo que sí existe es un potencial mercado consumidor, que en este caso se trata de las fábricas productoras de concentrados para animales. Para analizar este mercado, se procedió a realizar un sondeo en dichas fábricas. Este sondeo consistió en realizar una encuesta a las 8 fábricas grandes productoras de concentrados a nivel nacional. La encuesta realizada se muestra en la figura No. 18 del apéndice (pp. 119). Por medio de esta encuesta se determinó que en Guatemala actualmente se produce concentrados para porcicultura, ganadería, avicultura, piscicultura, camarón, perros, caballos, gallinas y conejos.

Los resultados obtenidos de la encuesta fueron los siguientes: El 100% de los entrevistados conoce de la existencia de la lombriz Roja Californiana, un 90% manifestó conocer que se puede fabricar harina a partir de esta lombriz, un 75% conoce sobre las propiedades nutricionales de la harina de lombriz. La totalidad de los encuestados manifestó no estar enterados que actualmente la harina se utiliza en otros países para fortificar concentrados ni de la forma de utilización de la harina para dicho propósito. Así mismo, el 100% manifestó su interés por realizar pruebas de fabricación de concentrados con harina de lombriz, para posteriormente poder utilizar el producto en sus concentrados. Cabe mencionar que todos los entrevistados manifestaron que antes de poder utilizar la harina en sus productos requieren realizar pruebas exhaustivas de funcionamiento de la misma.

Con respecto a la demanda de harina de lombriz en Guatemala, se realizó un sondeo de la producción nacional de concentrados para animales. Con esto se determinó la cantidad de harina de lombriz necesaria para fortificar los concentrados en base al porcentaje de adición de harina recomendado para cada tipo de concentrado. Debido a que la producción de concentrados en el país es bastante alta comparada con la disponibilidad de lombrices, se determinó que se cubra únicamente el 25% de dicha producción. Esto significa una producción anual de 593,182 Kg (13,050 qq) de harina de lombriz. También, por razones de disponibilidad de materia prima, al iniciar labores el primer año se producirá únicamente un 10% de este valor, y se irá incrementando anualmente el porcentaje de la producción del año anterior hasta llegar a cubrir la demanda, lo que sucederá en el año 10 de operaciones de la planta. Esto representa una excelente oportunidad para incrementar la producción nacional de lombrices en este período de tiempo.

La producción total anual de concentrados en Guatemala se determinó mediante la Asociación Nacional de Productores de Alimentos y Concentrados para Animales, y es por medio de esta misma institución que se creará la demanda de harina de lombriz hacia los diferentes productores de concentrados. Los resultados pueden verse en la tabla II.

Debe tomarse muy en cuenta que la harina de lombriz Roja Californiana, es un producto rico en proteínas (60 a 85%), que cuenta con todos los aminoácidos esenciales además de una serie de vitaminas, minerales y ácidos grasos que hacen de esta harina un producto altamente nutritivo obtenible a bajo costo. Este producto se utiliza en la elaboración de concentrados para animales únicamente como un aditivo fortificante y no como un sustituto de los componentes del concentrado.

Para la producción de animales de engorde, con la adición de harina de lombriz a los concentrados, se logra obtener una mayor cantidad de carne y no de grasa en un menor tiempo, lo que representa un ahorro significativo en los costos de producción con la respectiva utilidad económica. También se logra una mejor tasa de reproducción. Para los animales domésticos, se obtienen muchos beneficios como animales más fuertes, con colores más definidos, pelaje más brillante, etc. Además, en ambos los casos, deja de existir el desperdicio de las raciones diarias de alimento, lo cual también sugiere un ahorro significativo.

Adicionalmente a esto, esta harina posee también un enorme potencial para ser utilizada en la fortificación de alimentos para el consumo humano, debido a sus características nutricionales, tal como se hace actualmente en Brasil, en donde a partir del mes de febrero del presente año el producto está disponible en cápsulas para el consumo humano.

Se han realizado estudios en los que se destaca la alta digestibilidad del producto y los múltiples beneficios que esta produce a través de su uso continuado en los sistemas nervioso, inmunológico, digestivo, etc., del ser humano.

De todos es bien conocido el grave problema de desnutrición que actualmente atraviesa Guatemala, en el que el mismo está relacionado con la pobreza, y según estudios realizados por SEGEPLAN, la pobreza predomina a lo largo de todo el país, por lo que prácticamente toda Guatemala está llena de poblaciones vulnerables al hambre y la desnutrición.

La dieta inadecuada depende de la baja disponibilidad de alimentos y la incapacidad de la población para adquirir alimentos saludables, lo que redundaría en el bajo rendimiento del trabajador, dificultad para el aprendizaje escolar, retardo en el crecimiento y mortalidad infantil. El uso de la harina de lombriz Roja Californiana vendría a contribuir notablemente en la reducción de estos problemas.

7.2 Estudio técnico

Para el análisis de la disponibilidad de la materia prima en Guatemala, se recurrió a una encuesta vía teléfono a los lombricultores en el país (ver figura 8 del apéndice, pp. 109). La información sobre los lombricultores fue proporcionada por ANACAFE.

Se entrevistó a un total de 34 lombricultores a nivel nacional obteniéndose muy poca información, debido a que se presentaron uno o varios de los siguientes problemas con los entrevistados:

- El lombricultor no conoce el tamaño de su cultivo, debido a que no ha establecido un método adecuado para el conteo de la lombriz.
- Existe incongruencia en la medida del tamaño del lombricultivo, ya que algunos lo miden por unidad longitudinal (metros lineales sembrados), otros por unidad de volumen (metros cúbicos sembrados) y otros por cantidad de lombrices sembradas. No existe un factor de conversión entre ellas, ya que este se ve directamente afectado por la densidad poblacional del cultivo.
- El lombricultor no pudo dar información sobre la cantidad de lombriz disponible para la venta ya que nunca ha vendido o no sabe cuanta lombriz tiene y por lo tanto no sabe cuanta puede llegar a vender.
- Existe incongruencia en el precio de la lombriz para la venta, ya que algunos las venden por unidad y otros por peso ya sea libras o kilogramos. No existe un factor de conversión entre estas medidas, ya que la venta por peso se ve .directamente afectada por el tamaño y el peso individual de la lombriz
- El lombricultivo es muy pequeño y no le interesa vender lombriz.

Por esta razón, se determinó realizar el estudio en base a cuanta lombriz es necesaria para cubrir la demanda, en lugar de contar únicamente con la lombriz disponible en Guatemala ya que esta no es suficiente.

Para determinar el proceso general de fabricación de harina de lombriz Roja Californiana, fue necesario correr una serie de pruebas prácticas de fabricación, ya que lamentablemente se cuenta con muy poca literatura al respecto, y la información encontrada es demasiado general.

Se realizó un total de 15 pruebas, de las cuales las últimas dos presentaron valores coincidentes de las diferentes variables. Con esta información se determinaron valores promedio que sirvieron de base para realizar el balance de masa del proceso. Las pruebas de producción se corrieron en la empresa Lombrifert S.A. ubicada en el Km 47.5 El Cerinal, Santa Rosa.

Durante las diferentes pruebas se controlaron las siguientes variables: peso inicial de la lombriz, peso de la lombriz después del reposo (con el tracto digestivo vacío), peso de la lombriz sacrificada, peso de la lombriz seca. La figura 19 del apéndice (pp. 121) muestra la hoja de control utilizada durante este proceso.

Con las pruebas, se determinó que el porcentaje de eficiencia en la producción de harina de lombriz es del 11 %. La figura 20 (pp. 122) del apéndice muestra gráficamente el proceso seguido de fabricación de harina de lombriz.

La figura 21 del anexo (pp.129) muestra los resultados del análisis químico proximal realizado a la harina obtenida y la figura 22 del anexo (pp.130) muestra los resultados del análisis bacteriológico realizado a la harina obtenida en las pruebas.

La maquinaria y el equipo necesarios se determinaron tomando como base el equipo utilizado en las pruebas corridas y proyectando esto hacia una escala de producción industrial según los datos obtenidos en el balance de masa del proceso. De igual manera se determinaron el tamaño del terreno, el edificio y el personal necesario para operar la fábrica de producción.

7.3 Estudio legal

Después de estudiar todas las formas de constitución legal de una empresa y de la analizar el tipo de producción que se realizará, se determinó que la mejor forma de constituir la empresa es como una Sociedad Anónima.

7.4 Estudio de impacto ambiental

Se determinó que la planta producirá aguas de desperdicio doméstico y aguas de desperdicio de proceso. Las aguas domésticas provenientes de los servicios sanitarios y de la limpieza en general, se eliminarán directamente al sistema de fosa séptica para luego ser enviadas al pozo de absorción.

Las aguas de desperdicio de proceso provenientes del sacrificio y lavado de las lombrices recibirán un tratamiento primario consistente en sedimentación en un tanque circular de 2 metros de diámetro con flujo horizontal y recolección manual.

En él, las aguas reposarán durante un período de 2 horas, tiempo en el cual los restos de sal de la salmuera y de intestinos de las lombrices expulsados durante el sacrificio de las mismas, sedimentarán en el fondo del tanque para luego ser recolectados manualmente.

Las aguas de proceso después del tratamiento primario serán enviadas al pozo de absorción, en donde ya no producirán contaminación del manto acuífero.

7.5 Estudio económico

Para poner en marcha el proyecto se requiere una inversión inicial de Q6,922,232.34. Todos los rubros de la inversión fueron establecidos mediante cotizaciones tomando para ello los costos menores. Se tiene la ventaja de que toda la maquinaria y el equipo necesarios se encuentran en el mercado local obteniendo con esto menores costos.

Para la realización de este estudio se tomó en cuenta que el 57.78 % de este monto será financiado por medio de un préstamo hipotecario a 10 años y a una tasa de interés del 18% anual, reduciendo así el aporte inicial que debe proporcionar cada socio.

El precio de venta de la harina para el primer año de funcionamiento se estableció en Q 157.48 (USD\$ 20.64) por kilogramo, debido a que con este precio se optimiza la ganancia y se obtienen los mejores resultados en el evaluación del proyecto.

El estudio económico se basó en 10 años de vida útil del proyecto, para el cálculo de todos los rubros se tomó en cuenta una tasa de inflación del 9.04% correspondiente al mes de febrero de 2005 según el Banco de Guatemala.

Se determinó que la planta encuentra su punto de equilibrio con la producción de 142,567.73 kilogramos (3,137 qq) equivalentes a Q17,269,704.46. Al ritmo de producción y ventas anuales presentados en la tabla XV, este valor se alcanza en cinco años de producción y representa el 24% de la capacidad de producción de la planta.

Esto significa que durante este período se tiene un punto en el cual no se obtienen ni pérdidas ni ganancias, por lo que la planta empezará a ser rentable a partir de esa fecha.

Por medio del análisis financiero se determinó un valor actual neto VAN de Q11,038,218.04, una tasa interna de retorno TIR del 40% y un tiempo de recuperación de la inversión inicial de 3 años. Con estos datos se estima que el proyecto debe ser aceptado y puesto en marcha.

Debe tomarse en cuenta que para este tipo de estudio se tiene un margen de error de aproximadamente el 20% (22).

El problema que presenta la ejecución de este proyecto, es la disponibilidad de materia prima, ya que antes de invertir en él, es necesario cerciorarse de que se cuenta con la cantidad de lombriz requerida, y que actualmente no se tiene en el territorio nacional. Se hará necesario motivar en Guatemala, el cultivo de la lombriz Roja Californiana, para así en un futuro cercano, debido a la alta reproducción de las lombrices, contar con dicha materia prima y así poder iniciar labores.

CONCLUSIONES

1. Es técnica y económicamente factible el montaje de una planta procesadora de harina de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*), para su utilización en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala.
2. Para cubrir el 25% de la producción anual de concentrados para animales se necesita una producción de 593,182 Kg. (13,050 qq) anuales de harina de lombriz, produciendo 2,165 Kg. (47.62 qq) diarios durante 274 días al año.
3. Actualmente en Guatemala no se cuenta con la cantidad de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) para cubrir la demanda de harina.
4. Se necesita un terreno de 3,400 m² y un edificio de 2,700 m² para el montaje de la planta de producción.
5. La planta dará empleo en total a 26 personas, distribuidas en 3 profesionales, 3 técnicos, 2 personas de oficina y 18 personas de mano de obra no calificada.
6. La mejor forma de constitución legal de la empresa es a través de una Sociedad Anónima.

7. Para eliminar la contaminación del manto acuífero producida por las aguas de desecho domésticas y las aguas de desecho del proceso, es necesario construir un sistema de fosa séptica, pozo de absorción y tanque de sedimentación.
8. Se necesita una inversión inicial de Q 6,922,232.34 para el montaje de la planta procesadora de harina de lombriz.
9. El precio de venta para el primer año de labores es de Q157.48 / Kg de harina de lombriz (Q3,579.11 por saco de 50 lb.).
10. El punto de equilibrio se alcanza al producir 142,567.73 Kg de harina (24% de la capacidad de la planta) equivalentes a Q17,269,704.46.
11. El VAN es de Q11,038,218.04. La TIR es del 40% y el tiempo de recuperación de la inversión es de 3 años, lo que determina que el proyecto es factible.

RECOMENDACIONES

1. Con la ayuda de entidades privadas y públicas, motivar a empresas, asociaciones y gremiales de agricultores a la cría de lombriz Roja Californiana orientada hacia la obtención de carne.
2. Realizar estudios sobre los beneficios físicos y económicos que se obtienen al alimentar animales de engorde como pollos, cerdos, vacas y peces con concentrados suplementados con harina de lombriz Roja Californiana.
3. Realizar un estudio técnico sobre la utilización de lombrices alimentadas con estiércoles para la producción de harina y así verificar el impacto real de la carga microbiana de estas lombrices sobre el producto terminado. Con este tipo de estudio se podría lograr aumentar la cantidad de lombrices disponibles para la planta.
4. Realizar un estudio de prefactibilidad técnica y económica sobre la suplementación de alimentos para seres humanos con harina de lombriz Roja Californiana, ya que debido a sus grandes propiedades nutricionales, esto puede contribuir notablemente a solucionar el problema de la desnutrición en Guatemala.
5. Realizar estudios sobre las propiedades medicinales y cosméticas que poseen las lombrices ya que esto abre las puertas a otros beneficios que se pueden obtener de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Oram, Raymond y otros. **Biología Sistemas Vivientes**. (3 ed; México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. , 1985) pp 413-415.
2. Cruz, M.L. **Las lombrices como fuente de proteína para sistemas de producción animal en trópicos**. (Colombia: Editorial CIPAV, 1989)
3. Ferruzzi, Carlo. **Manual de lombricultura**. (España: Editorial Mundi Prensa, 1986) 138 pp.
4. **La lombricultura**. <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp>. Octubre 2004.
5. **Producción de lombricompuesto**. <http://www.geocities.com>. Octubre 2004.
6. **Consumo de la carne de lombriz**. <http://www.lombricesrojas.com.ar>. Octubre 2004.
7. **Lombrices rojas**. <http://webs.montevideo.com.uy/bioagro/lrojas.htm>. Octubre 2004.
8. **Manual de lombricultura**. <http://www.manualdelombricultura.com>. Octubre 2004.
9. **Lombricultura un microemprendimiento productivo**. <http://www.mujeresdeempresa.com/negocios020501>. Octubre 2004.
10. **Investigaciones ¿lombrices en las hamburguesas?** <http://www.oscurosol.com.ar/lombrices.htm>. Octubre 2004.
11. **Lombricultura**. <http://personal.iddeo.es/planta.htm>. Octubre 2004.

12. Castillo, Alejandro. Evaluación bioeconómica del uso de la lombriz coqueta roja, *eisenia foetida*, como fuente proteínica en la alimentación de pollo de engorde en etapa de iniciación, Escuintla. Tesis Lic. En CC Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias y Humanidades, 2002.
13. **Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana *eisenia foetida*.** <http://www.ingenieroambiental.com/informes.htm>. Octubre 2003.
14. Anacafé. **Taller de lombricultura.** (Guatemala: 2001)
15. **Propiedades de la farinha de minhocas.** <http://www.agroclubes.com>. Marzo de 2005.
16. **Farinha de minhoca.** <http://www.promin.com.br>. Marzo de 2005.
17. Estrada, Selvin. Estudio de prefactibilidad técnico-económico para instalar una planta procesadora de harina de sangre para fortificar alimentos para el consumo humano, en el sur occidente de Guatemala. Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1999.
18. Reiner de Del Carmen, Nora. Guía para elaborar estudios de factibilidad. Tesis Lic. En Admón. De empresas. Guatemala, Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Ciencias Económicas, 1984.
19. De León Macdonald, Carola. Estudio de factibilidad técnico y económico de una planta de almidón de yuca. Tesis Ing. Quim. Ind. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. 2002.
20. Perry, Robert y otros. **Manual del Ingeniero Químico.** (6 ed; México: McGraw Hill, 1992) Tomos IV, V y VI.
21. Ulrico, Gael. **Diseño y Economía de los procesos de Ingeniería Química.** (México: McGraw Hill, 1986) pp 200-440.
22. ONUDI. **Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial.** (Estados Unidos: 1978) pp 34-160.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barnes, R. **Zoología de los invertebrados**. 2 ed. México: Editorial Interamericana, 1969.
2. Bulnes, R.E. **Monografía sobre la lombriz coqueta roja californiana**. (Honduras: Editorial Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, 1990)
3. **Composición bioquímica de la lombriz roja de California**. <http://www.humusina.com/cblrc.htm>. Octubre 2004.
4. Cortez, Irma. Estudio de factibilidad para fabricar almidón a partir de la raíz de malanga (colocacia esculenta). Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. Facultad de Ciencias y Humanidades. 1997.
5. Crofton, H.D. **Nematodes**. Inglaterra: Hutchinson & Co. Publishers LTD, 1966.
6. Chitwood, B.G. y otros. **Introduction to Nematology**. 2 ed. Estados Unidos: University Park Press, 1977.
7. De León, Carola. Estudio de factibilidad técnico y económico de una planta de almidón de yuca. Tesis Lic. en Ing. Quim. Ind. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. 2002.
8. **Diccionario enciclopédico ilustrado**. (Volúmenes I,II,III y IV). España: editorial Ramón Sopena S.A., 1965.
9. Fuentes, J.L. **La crianza de la lombriz roja**. (España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1987)
10. Geankoplis, Christie. **Procesos de transporte y operaciones unitarias**. 2 ed. México: Compañía editorial continental S.A. de C.V.,1995. pp. 436 – 438 y 685 – 690.
11. **La lombriz, intestino del suelo**. <http://www.ceride.gov.ar/servicios>. Octubre 2004.

12. **La prensa Web.** <http://www.mensual.prensa.com>. Octubre 2004
13. McCabe, Warren y otros. **Operaciones básicas de ingeniería química.** 4 ed. México: editorial McGraw Hill, 1993. pp. 847 – 850 y 901 –917.
14. Valdéz, O.R. Evaluación de cinco fuentes de materia orgánica en el cultivo de la lombriz coqueta roja Eisenia Foetida, Salamá, Baja Verapaz. Tesis Lic. En CC Agrícolas. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 1996.
15. **Valor nutritivo de la harina de lombriz.** <http://www.ugr.es>. Octubre 2003.
16. Villee, Claude. **Biología.** 7 ed. México: editorial McGraw Hill, 1990.

APÉNDICE

Figura 8. Encuesta para lombricultores en Guatemala.

Sondeo de producción de lombriz (lombricultivos) en la República de Guatemala

SECCIÓN I: INFORMACIÓN GENERAL

Fecha: _____

Nombre de la finca: _____

Dirección: _____

Departamento de: _____

Teléfono: _____

Persona entrevistada: _____

Cargo en la finca: _____

SECCIÓN II: INFORMACIÓN SOBRE EL LOMBRICULTIVO

Tipo de alimentación proporcionada a las lombrices: _____

Unidad de medida utilizada en el lombricultivo: _____

Tamaño del lombricultivo: _____

Producto(s) obtenido(s) del lombricultivo: _____

Cantidad de lombrices disponibles para la venta: _____

Precio de venta por unidad de medida: _____

Figura 9. Ubicación geográfica de la planta en la República de Guatemala.

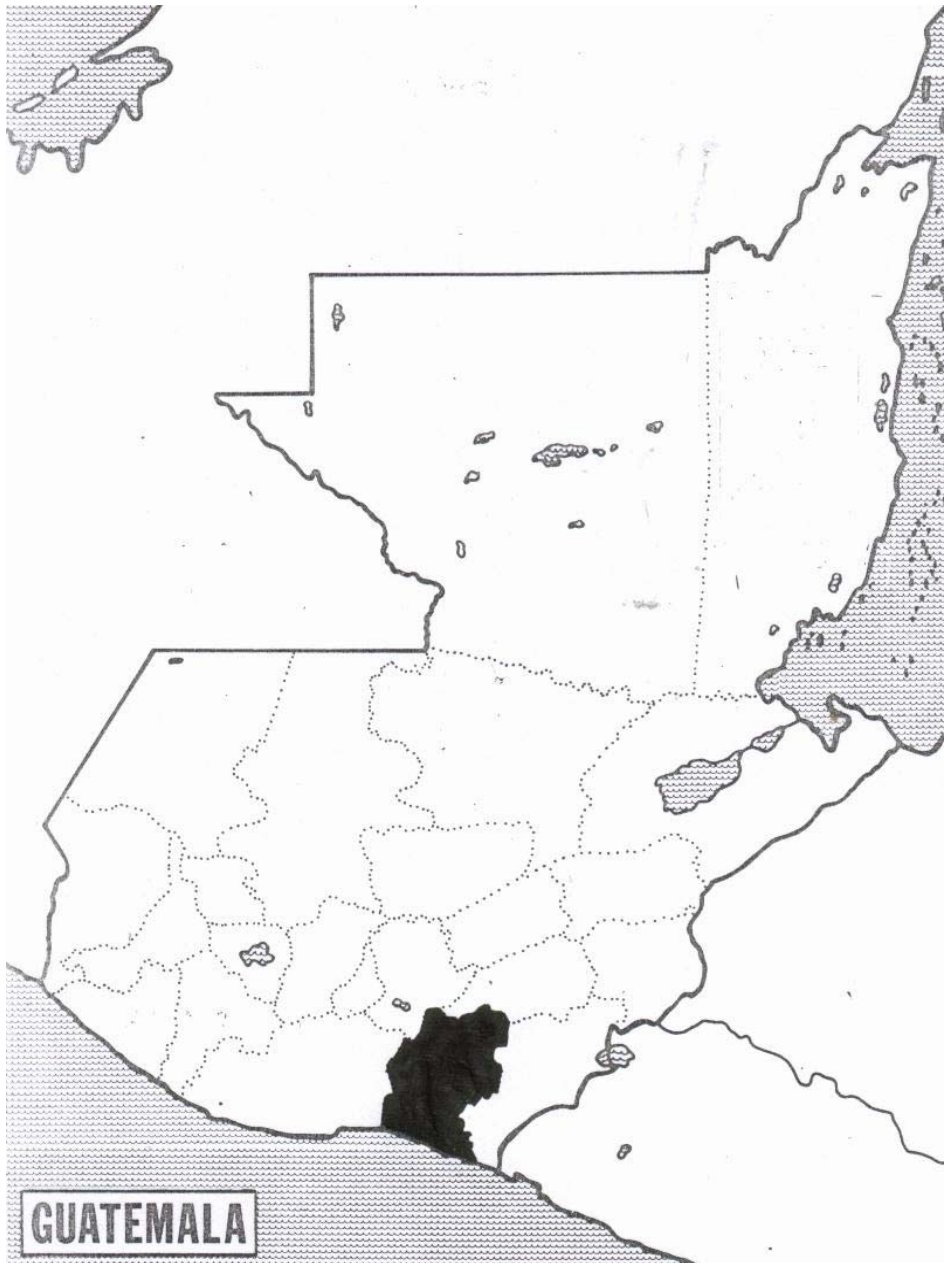


Figura 10. Diagrama de bloques para la fabricación de harina de lombriz.

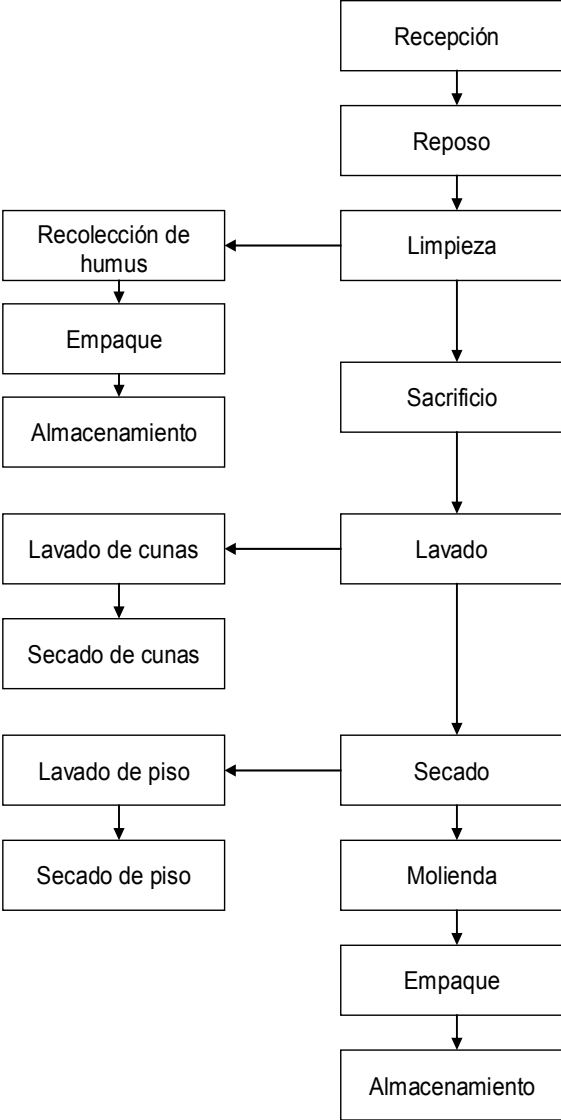
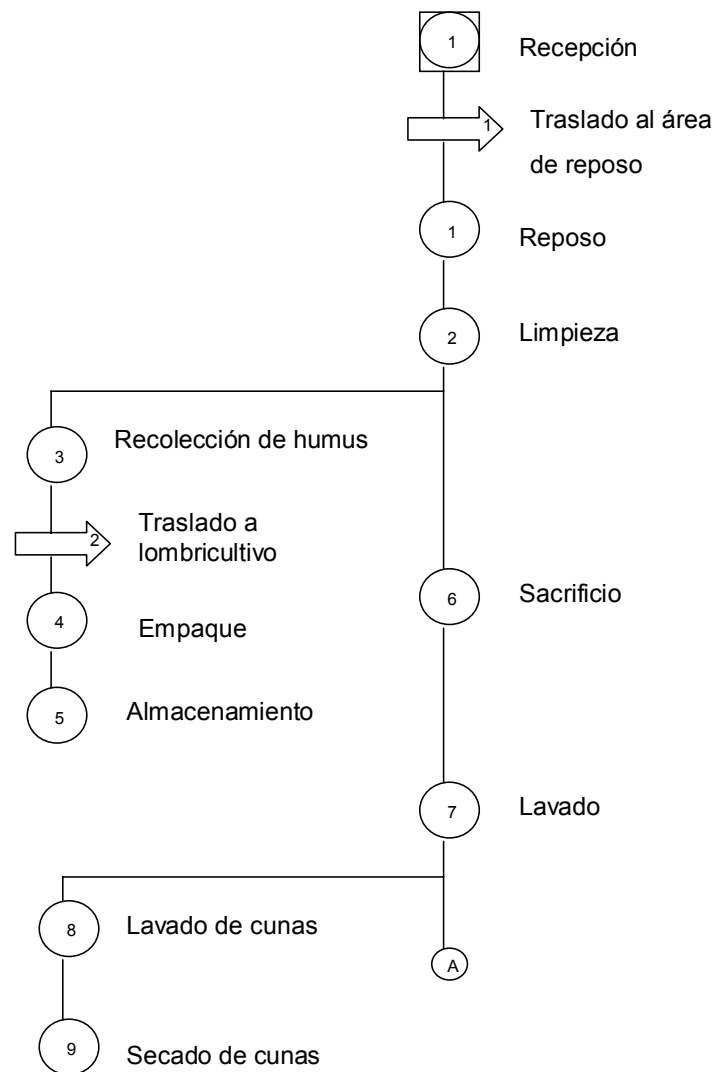
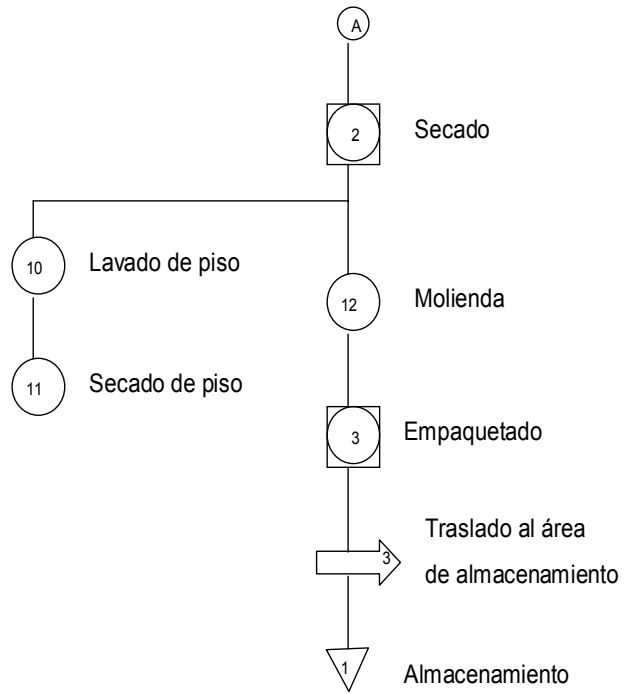


Figura 11. Diagrama de flujo para la fabricación de harina de lombriz.





Resumen:

Símbolo	Concepto	Cantidad
○	Operación	12
◻	Combinada con inspección	3
→	Transporte	3
▽	Almacenamiento	1
		19

Figura 12. Balance de masa del proceso.

Operación	Componentes	Total Kg./día	Equipo	Capacidad
Reposo	Lombriz tracto digestivo lleno	19.677,27	Cunas de reposo	31,050.72 Kg.(*).
Limpieza	Humus de lombriz	7.256,98	Toneles con rodos	7,256.98 Kg.
Sacrificio	Lombriz tracto digestivo vacío	12.420,29	Cunas de reposo	31,050.72 Kg.(*).
	Solución salina 4% p/p	18.630,43	Tanque de preparación	18.63 m ³
Lavado	Lombriz sacrificada	5.500,95	Cunas de reposo	31,050.72 Kg.(*).
	Agua potable	8.251,43	Bomba centrífuga	90 GPM
			tubería sanitaria	2" diámetro
Secado	Lombriz lavada	5.500,95	Cámara de secado solar	1,513.86 m ^{2(**)}
Molienda	Lombriz seca	2.164,62	Molino de martillos	2,164.62 Kg.

(*) Suma de los valores de total de Kg./día lombriz tracto vacío y solución salina, ya que se utilizarán las mismas cunas para las operaciones de reposo, limpieza, sacrificio y lavado.

(**) En las pruebas se determinó que un área de 0.2752 m² es la adecuada para secar 1 Kg. de lombriz.

Figura 13. Proveedores de maquinaria y equipo.

EQUIPO	COSTO UNITARIO (Q)	COSTO TOTAL (Q)	PROVEEDOR	DIRECCION	TELEFONO
Báscula		2.352,00	SIDASA	10 calle 0-52 zona 9	23347149
Banda transportadora No. 1		15.500,00			
Banda transportadora No. 2		58.500,00			
Banda transportadora No. 3		79.500,00			
Agitador de preparación			Industrias Metaser	7 avenida 9-15 zona 12	24710028
Toneles plásticos	240,00	2.800,00	Lacoplast	24 avenida 19-05 zona 12	24733838
Tanque de preparación		26.375,78	SERMAGRO	Km 179.5 Carretera a Retalhuleu, San Sebastián	77794971
Tolva de almacenamiento		5.389,87			
Tanque de almacenamiento		29.621,90			
Bomba centrífuga	16.240,00	32.480,00	MAINCO S.A.	15 avenida "A" 5-21 zona 1	22533354
Equipo auxiliar		20.297,80	ESSA S.A.	10 avenida "B" 2-60 zona 4 Mixco, Colonia Monte Real	24372553
Plástico					
Extractor de aire	3.840,00	15.360,00	AYRE S.A.	Boulevard Liberación 4-42 zona 13	24710175
Molino de martillos		14.000,00	Industrias San Carlos S.A.	El Panorama lote 9-C Antigua Guatemala, Sacatepéquez	78323159
Balanza		700,00	Tecnipesa		23606672
Selladora de sacos		2.032,00	Universal de Motos S.A.	Anillo Periférico 4-15 zona 2	22540642
Tarimas de madera	87,50	2.625,00	Aserradero R. Maselli	2 avenida 19-51 zona 1	22324136
Pallet Truck	3.500,00	7.000,00	Sistemas y Proyectos S.A.	5 calle 5-19 zona 9	23394540
Compresor de aire		13.395,40	CODIDEMA S.A.	1 calle 5-47 zona 9	23321185
Construcción de edificios		3.801.000,00	TIPIC S.A.	Avenida Petapa 53-01 zona 12	24775656
Camión de reparto		172.219,63	Grupo CODACA	Calzado Roosevelt 11-76 zona 7	24204466
Moto para mensajería		9.995.000	Honda	Vía 8, 5-34 zona 4	24202020

Figura 14. Distribución de la planta procesadora de harina de lombriz.

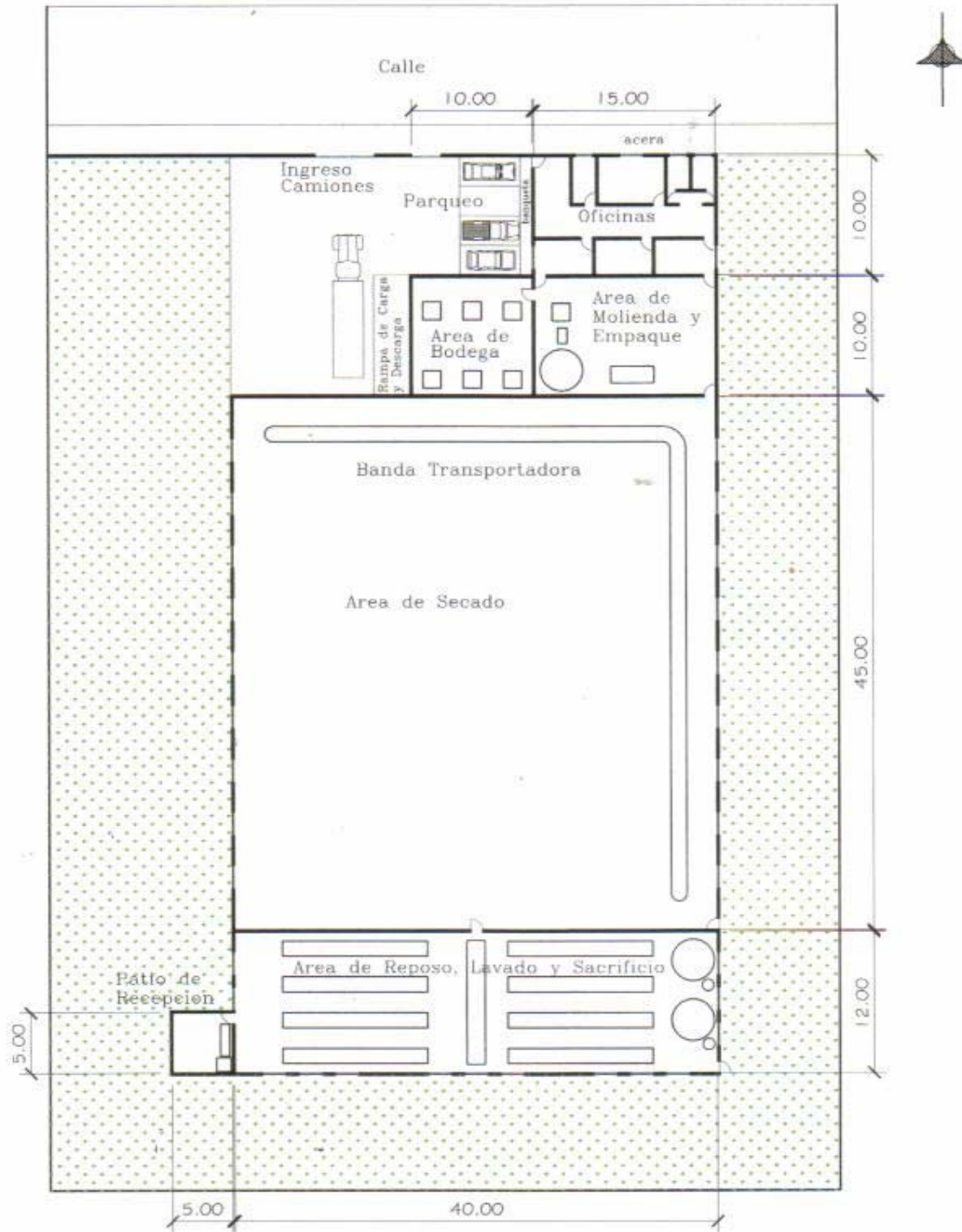


Figura 15. Requerimiento de energía eléctrica.

EQUIPO	CAPACIDAD MOTOR (hp)	VOLTAJE (Voltios)	CANTIDAD	TIEMPO DE TRABAJO (horas/día)	CONSUMO DE ENERGÍA (Kwh)
Banda transportadora No.1 y 3	1	220	2	8	16,00
Banda transportadora No.2	2	220	1	8	11,92
Agitador	1/2	220	1	4	2,00
Bombas centrífugas	3	220	2	8	32,00
Extractores de aire	3/4	220	4	24	52,80
Molino de martillos	5	220	1	8	29,84
Máquina selladora	1/4	110	1	8	1,49
Compresor de aire	5	110	1	4	14,92
Luz eléctrica focos de 100 watt c/u		100	20	8	16,00
Margen de seguridad				25%	44,24
TOTAL DE ENERGÍA					221,21

Figura 16. Proveedores de materias primas.

MATERIA PRIMA	PROVEEDOR	DIRECCIÓN	TELÉFONO
Sal refinada grado alimenticio	Refinadora de Sal S.A.	7 avenida 33-00 zona 3	24403185
Bolsas de papel <i>kraft</i> de 50 libras	Tecnifibras S.A.	13 calle 12-50 zona 17	24291700

Figura 17. Punto de equilibrio.

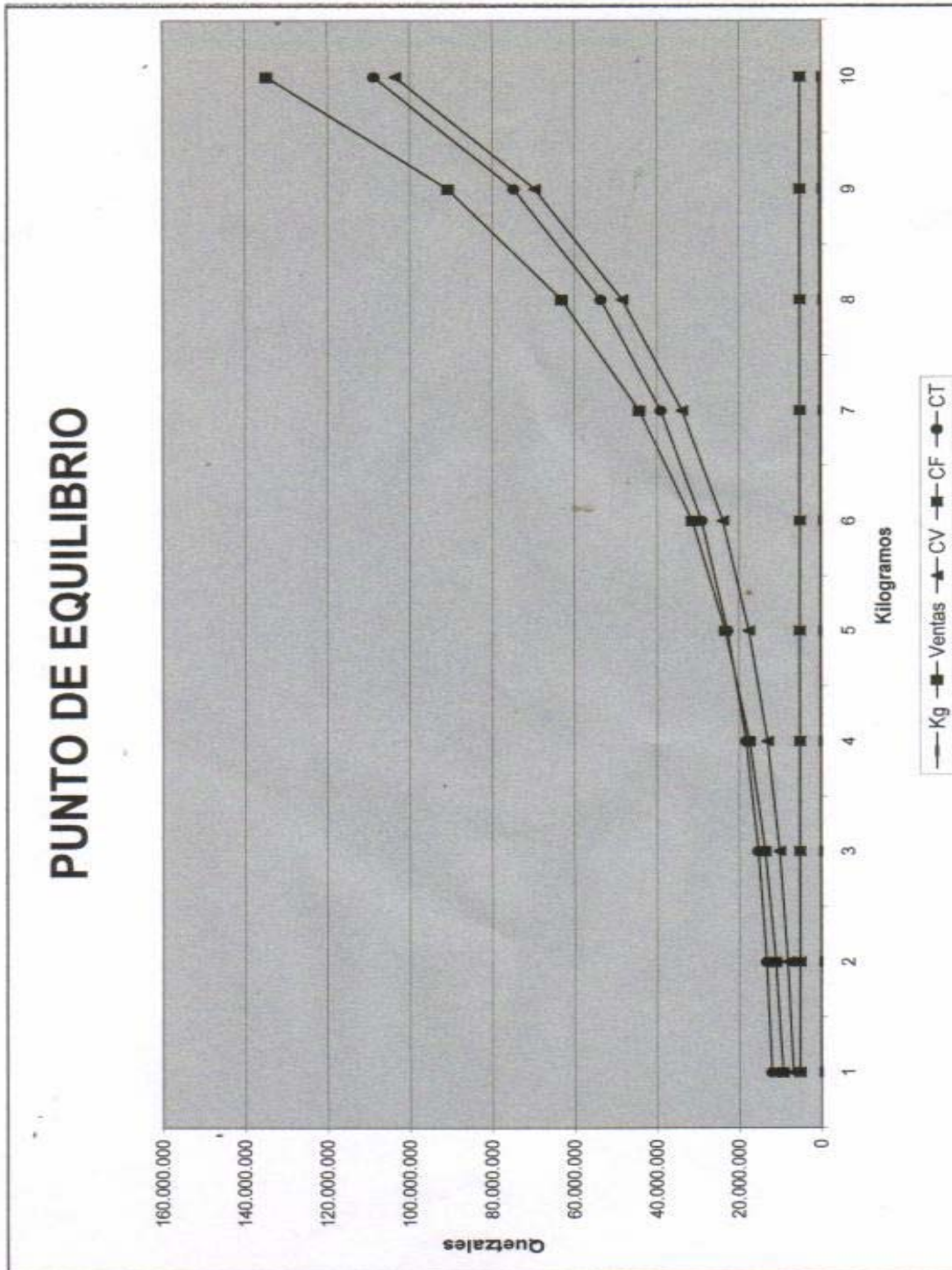


Figura 18. Encuesta para productores de concentrados para animales en Guatemala.

ENCUESTA PARA PRODUCTORES DE CONCENTRADOS PARA ANIMALES EN GUATEMALA

I SERIE: Información de la empresa.

Empresa: _____

Dirección: _____

Teléfono: _____

Contacto: _____ Puesto: _____

Produce concentrados para:

- porcicultura
- ganadería
- avicultura
- piscicultura y camarón
- animales domésticos (perros)
- otros: _____

Estimado anual de producción: _____ qq

II SERIE: Información sobre harina de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*).

1) ¿Está enterado de la existencia de la lombriz Roja Californiana?

- Si No

- 2) ¿Sabe que se puede producir harina a partir de la lombriz Roja Californiana?
- Si No
- 3) ¿Conoce las propiedades nutricionales de la harina de lombriz Roja Californiana?
- Si No
- 4) ¿Está enterado que en otros países actualmente los concentrados para animales se adicionan con harina de lombriz Roja Californiana?
- Si No
- 5) ¿Conoce la forma de utilización de la harina de lombriz Roja Californiana para la elaboración de concentrados para animales?
- Si No
- 6) ¿Estaría dispuesto a realizar pruebas de laboratorio de fabricación de concentrados agregando harina de lombriz Roja Californiana?
- Si No
- 7) Si los resultados de las pruebas fueran satisfactorios, ¿estaría dispuesto en un futuro a utilizar la harina en sus concentrados?
- Si No

Comentarios: _____

Elaborado por: Lorena Clavería
Facultad de Ingeniería - USAC

Figura 19. Hoja de control para pruebas de producción.

HOJA DE CONTROL DEL PROCESO DE FABRICACION DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA)

SECCION I: INFORMACION GENERAL

Fecha: _____

Nombre de la empresa: _____

Dirección: _____

SECCION II: INFORMACION DEL LOTE

Peso inicial (libras)	Tiempo de reposo (horas)	Peso tracto vacío (libras)	Humus (libras)	Agua para sacrificio (libras)	Sal (onzas)	Peso después sacrificio (libras)

SECCION III: INFORMACION SOBRE EL SECADO

Area disponible de secado: _____

Material de la tabla: _____

Peso de la tabla: _____

Fecha	Hora	Peso Bruto lombriz (libras)	Peso Neto lombriz (libras)	T ambiente sol (°C)	T tabla (°C)	Diferencia en peso (libras)

SECCION CUATRO: INFORMACION SOBRE LA HARINA

Tipo de molienda	Harina de lombriz (libras)	Rendimiento % (%)

Analista: Lorena Claveria

Figura 20. Secuencia fotográfica del proceso de fabricación de harina de lombriz.

Cuna de lombrices



Lombrices en sustrato de pulpa de café.



Separación de las lombrices del sustrato.



Pesaje de las lombrices.



Lombrices reposando.



Lombrices con humus después del reposo.



Lavado de lombrices.



Lombrices en el secador solar.



Lombrices secas.



Molienda de las lombrices.



Harina de lombriz.



Lombrices vivas y harina de lombriz.



ANEXO

Figura 21. Análisis químico proximal de la harina de lombriz.

Página 1 de 2

FORMULARIO BROMATO 7
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

BROMATOLOGÍA
UNIDAD DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Edificio M6, 2^a Nivel, Ciudad Universitaria, zona 12,
Ciudad de Guatemala
Teléfono 4439500 ext. 1676
E-mail bromat@2000.gy.aboc.es

No. 012

16AV. 20-82, ZONA 10.

Dirección:

Fecha de realización: **DEL 16-AL 21-01-2005.**

Elaborado por: Aura Marina de Marmoulin
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

Solicitado por: **LOMBRI-FERT, S.A.**

Fecha de recibo de la muestra: **21-01-2005.**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

T.L. Hans A. Noya
Laboratorista

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados 2005/012.doc
28/01/05

Reg	Description de la muestra	BASE	Agua %	M.S. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Canizitas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Pepsina %	Dig. K.O.H. %	p.H.	E.B.
16	HARINA DE LOMBRIZ ROJA	SECA	13.81	86.19	5.44	1.32	72.80	7.56	12.87	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		COMO ALIMENTO	--	--	4.69	1.14	62.75	6.81	11.10	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		SECA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		COMO ALIMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		SECA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		COMO ALIMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		SECA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		COMO ALIMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		SECA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		COMO ALIMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

OBSERVACIONES:
Deben resultados fueron calculados en base materia seca total y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al tel. 2476-45-52

* modificado en enero de 2003

TAMBO
MEDICINA VETERINARIA
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Instituto de Zootecnia
Guatemala, C.A.

Fuente: Laboratorio de bromatología, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Figura 22. Análisis bacteriológico de la harina de lombriz.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA
TEL. PBX 24439500, ext. 1666.

INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO

Remitente: Sres. Lombrifert, S.A. Guatemala.	Protocolo No. 54/05 Fecha de Recepción Febrero 1 de 2005	
Muestra: Harina de lombriz: Propietario: Lombrifert, S.A.	Análisis Solicitado: Bacteriológico	
Resultado:		
- Recuento Bacteriano Total:	12 X 10 ⁴ UFC/gr.	
- Recuento de Coliformes:	NMP/gr. 480	
- Recuento Hongos y Levaduras:	Negativo	
- Cultivo de Salmonella sp.:	Negativo	
- Cultivo de E. coli:	Negativo	
- Cultivo de Staphylococcus aureus:	Positivo en escasa cantidad	
- Cultivo de Clostridium botulinum:	Negativo	
Fecha de Entrega: Febrero 18 de 2005	Sección: Bacteriología	Firma y Sello Responsable:

Dra. Virginia B. de Corzo
Coordinadora
Departamento de Microbiología
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
USAC

Fuente: Laboratorio de microbiología, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.