

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

**Plan de Manejo Ambiental del área pecuaria y procesamiento de alimentos de la
Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I, Hacienda El Prado
Proyecto II de grado**

**Autores: María Fernanda Barahona Paz y Miño
Gabriela Rocío Salas Vernis**

Sangolquí, 2013

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

CERTIFICADO

M.Sc. ING PABLO VALLEJO

CERTIFICA

Que el trabajo titulado “PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL ÁREA PECUARIA Y PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS DE LA CARRERA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS_IASA I”, realizado por las señoritas MARÍA FERNANDA BARAHONA PAZ Y MIÑO y GABRIELA ROCÍO SALAS VERNIS, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, 21 de marzo de 2013

M.Sc. Ing. Pablo Vallejo

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

DECLARACION DE RESPONSABILIDAD

**MARÍA FERNANDA BARAHONA PAZ Y MIÑO Y
GABRIELA ROCÍO SALAS VERNIS**

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL ÁREA PECUARIA Y PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS DE LA CARRERA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS_IASA I”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 21 de marzo de 2013

María Fernanda Barahona Paz y Miño

Gabriela Rocío Salas Vernis

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORIZACIÓN

Nosotras, María Fernanda Barahona Paz y Miño y Gabriela Rocío Salas Vernis

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el trabajo de “PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL ÁREA PECUARIA Y PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS DE LA CARRERA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS_IASA I”, cuyo contenido, ideas y criterio son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 21 de marzo de 2013

María Fernanda Barahona Paz y Miño

Gabriela Rocío Salas Vernis

Dedicatoria

A Dios, por ser el guía en cada uno de nuestros pasos y llenar de bendiciones nuestras vidas.

A nuestros padres y familiares, por brindarnos amor, comprensión y apoyo constante.

A nuestros queridos amigos, por llenar nuestras vidas de felices momentos.

Al Ing. Pablo Vallejo, porque gracias a su ayuda se hizo posible la realización de este proyecto.

Al Ing. Marco Luna, por toda la colaboración prestada en el desarrollo del presente proyecto.

Fernanda Barahona

Gabriela Salas

RESUMEN

El presente proyecto es una propuesta de plan de manejo ambiental para los desechos generados por la Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I en el área pecuaria y de procesamiento de alimentos. El proyecto incluye la formulación de índices de control y tratamiento de desechos orgánicos y tóxicos y/o peligrosos, análisis y tratamiento de agua de consumo humano y residual y simulación de costos de implementación del proyecto. A través de mediciones y pruebas de laboratorio se obtuvo información base sobre el material orgánico y productos tóxicos y/o peligrosos generados por las áreas antes mencionadas. Los resultados fueron comparados con los valores máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) y la norma INEN 1108:2006. Los índices anuales de generación fueron determinados de acuerdo a su fuente de origen. Los sistemas de tratamiento propuestos tendrían un aprovechamiento mayor al 90% para desechos orgánicos y para el 100% de los desechos tóxicos y/o peligrosos, se presenta un programa de envío a sus respectivos gestores ambientales. También se analizaron alternativas para mejorar el manejo del recurso hídrico, tanto para el agua de consumo humano cuanto para el agua residual que se descarga hacia un cuerpo de agua dulce. Para el cumplimiento de las normativas INEN y TULSMA se propone un sistema de desinfección automática para el agua de consumo humano y para el agua residual previo a su descarga en el río. La implementación del proyecto generaría un valor actual neto de alrededor de \$1 242 000 durante los 5 años de ejecución, siendo el principal ingreso la producción de biol.

Palabras clave: IASA, material orgánico, plan de manejo ambiental, tratamiento.

SUMMARY

This project is related to a proposed environmental management plan for generated waste by Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I in the livestock and food processing areas. The project includes control rates and treatment of organic and toxic and / or hazardous wastes, analysis and treatment of drinking water and wastewater, and simulation project implementation costs. Measurements and laboratory testing information was gathered on organic material and toxic and / or hazardous wastes generated by the mentioned areas. Results were compared with the maximum permissible values established on local regulation such as TULSMA and INEN 1108:2006 standard. Annual rates of generation were determined according to their source. Proposed treatment systems would have an efficient greater than 90% for organic waste. Totally of toxic and / or hazardous waste program includes environmental suppliers control. To improve water resources management, for both, drinking water and for waste water that is discharged into the river, new alternatives were taking into account. For regulatory compliance, TULSMA and INEN, an automatic disinfection system for water of human consumption and also for wastewater before to discharging into the river, have been proposed. The implementation of the project would generate a net present value of about \$ 1 242 000 over the five years of execution, the main income is related by biol production.

Palabras clave: IASA, organic material, environmental management plan, treatment.

CONTENIDO DE MATERIAS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
FUNDAMENTO TEÓRICO	3
1.1 Biomasa	3
1.2 Biodigestor.....	5
1.3 Residuos ganaderos	6
1.4 Agua residual	7
1.5 Tratamiento de agua residual	8
1.6 Sistemas de tratamiento biológico.....	8
a) Estanques de lodos activados.....	9
b) Tratamiento anaerobio.....	9
c) Humedales artificiales	10
1.7 Indicadores de Ambientales.....	10
CAPÍTULO II.....	13
MARCO SITUACIONAL, MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1 Marco situacional	13
a) Localización geográfica	13
b) Condiciones climáticas	14
c) Situación actual de la producción de desechos	15
d) Situación actual del agua	17
2.2 Fórmulas utilizadas	18
2.3 Muestreo de desechos orgánicos.....	23
2.3.1 Área pecuaria.....	23
a) Avicultura	23
Materiales.....	23
Métodos	23
b) Ganadería.....	24
Materiales.....	24

Métodos	24
c) Porcinos	26
Materiales.....	26
Métodos	26
d) Ovinos	28
Materiales.....	28
Métodos	29
e) Acuicultura.....	30
Materiales.....	30
Métodos	30
f) Especies menores	31
Métodos	31
g) Granja integral	32
Métodos	32
h) Lombricultura	32
Materiales.....	32
Métodos	32
2.3.2 Área de procesamiento de alimentos.....	33
Materiales.....	33
Métodos	33
2.4 Desechos tóxicos y peligrosos	34
Materiales.....	34
Métodos	34
2.5 Análisis de agua	36
Materiales.....	36
Métodos	36
2.6 Análisis económico	37
Métodos	37
CAPÍTULO III.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 Desechos orgánicos.....	38
3.1.1 Área pecuaria.....	39

a) Avicultura	39
b) Ganadería.....	40
c) Porcinos	45
d) Ovinos	50
e) Acuicultura.....	53
f) Especies menores	56
g) Granja integral	58
h) Lombricultura	59
3.1.2 Área de procesamiento de alimentos.....	60
a) Cárnicos.....	61
b) Lácteos	62
c) Procesamiento de vegetales	63
3.2 Desechos tóxicos y peligrosos	63
3.3 Agua	70
Agua de consumo humano.....	71
Agua residual.	73
3.4 Análisis económico	76
CAPÍTULO IV.....	87
PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	87
4.1 Desechos del área pecuaria	87
a) Avicultura	88
b) Ganadería.....	88
c) Porcinos	88
d) Acuicultura	89
e) Ovinos.....	89
f) Especies menores.....	90
g) Granja integral.....	90
h) Lombricultura.....	90
4.2 Desechos tóxicos y/o peligrosos	91
4.3 Tratamiento de agua	94

a) Agua de consumo	94
b) Agua de descarga de alcantarillado	95
4.4 Plan de capacitación (salud ocupacional y seguridad industrial)	97
4.5 Plan de prevención y mitigación	99
4.6 Plan de relaciones comunitarias.....	100
4.7 Plan de monitoreo y seguimiento	100
CAPÍTULO V	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	106
ANEXOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Desechos utilizados en la fermentación anaeróbica existentes en el medio rural	4
Tabla 2. Valores de generación de biogás según diferentes sustratos	5
Tabla 3. Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica	5
Tabla 4. Condiciones climáticas anuales de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I	14
Tabla 5. Situación actual de desechos generados en las producciones pecuarias	16
Tabla 6. Situación actual de desechos generados en el área de procesamiento de alimentos	16
Tabla 7. Otros desechos tóxicos y/o peligrosos	17
Tabla 8. Resumen de índices de generación anual en el área pecuaria	38
Tabla 9. Volumen promedio de materia orgánica de avicultura en el carretón (m ³)	39
Tabla 10. Cantidad de gallinaza producida al mes (kg)	39
Tabla 11. Materia orgánica de las descargas en ganadería	41
Tabla 12. Caudal de la manguera de limpieza (l/s)	41
Tabla 13. Volumen diario de descargas (m ³)	42
Tabla 14. Peso promedio de material orgánico sólido en maternidad (kg)	42
Tabla 15. Índice anual de generación de materia orgánica en descargas de	43
Tabla 16. Cantidad de materia orgánica producida al día en terneras (kg)	43
Tabla 17. Cantidad de materia orgánica producida al día en sala de ordeño (kg)	44
Tabla 18. Cantidad de materia orgánica producida al día en sala de espera y corral	44
Tabla 19. Volumen promedio de materia orgánica de porcinos en el carretón (m ³)	46
Tabla 20. Cantidad de excremento sólido de cerdos producida al mes (kg)	46
Tabla 21. Caudal de la manguera de limpieza (l/s)	47
Tabla 22. Volumen diario de descargas en porcinos (m ³)	47
Tabla 23. Índice anual de generación de materia orgánica en descargas	48
Tabla 24. Cantidad de materia orgánica en la descarga de porcinos (kg)	48
Tabla 25. Resultados del uso de INDIGO en porcinos	49
Tabla 26. Cantidad promedio de materia orgánica mensual de ovinos (kg)	51
Tabla 27. Resultado de INDIGO en ovinos	52
Tabla 28. Tabla de conductividad eléctrica	52
Tabla 29. Número de animales presentes en acuicultura	53
Tabla 30. Caudal de salida en acuicultura l/s	54
Tabla 31. Condiciones de pH y temperatura del agua de salida de acuicultura	54
Tabla 32. Condiciones promedio de agua en acuicultura	54

Tabla 33. Volumen promedio de materia orgánica de especies menores en el carretón (m ³)	57
Tabla 34. Cantidad de excremento sólido de animales producida al mes (kg).....	57
Tabla 35. Cantidad anual de desechos sólidos generados en procesamiento	60
Tabla 36. Caudal promedio de la manguera para limpieza en.....	61
Tabla 37. Resumen de índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos al año	63
Tabla 38. Desechos tóxicos y/o peligrosos de las actividades pecuarias	64
Tabla 39. Resumen de cantidad de desechos tóxicos y/o peligrosos y número de animales del área pecuaria al año.....	64
Tabla 40. Índices anuales de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos del área pecuaria.....	66
Tabla 41. Resumen de índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos al año	66
Tabla 42. Resumen de gestores ambientales	70
Tabla 43. Resultados de análisis del tanque de distribución de agua.....	71
Tabla 44. Calidad de agua a obtenerse con planta de tratamiento	73
Tabla 45. Análisis de agua de la descarga final.....	74
Tabla 46. Resumen de análisis de costo beneficio.....	77
Tabla 47. Cálculo del valor presente.....	78
Tabla 48. Período de recuperación de la inversión	79
Tabla 49. Ganancia anual de producción de humus.....	79
Tabla 50. Ganancia anual de biol en ganadería	80
Tabla 51. Ganancia anual de biol en porcinos	81
Tabla 52. Pérdida anual en ovinos	82
Tabla 53. Costo anual de desinfección de agua en acuicultura.....	83
Tabla 54. Ganancia anual de fertilización orgánica en avicultura	83
Tabla 55. Costo anual de tratamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos.....	84
Tabla 56. Costos de tratamiento de agua.....	85

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. El ciclo de la biomasa en el biodigestor	4
Figura 2. Contaminación producida por los compuestos presentes en los residuos ganaderos	7
Figura 3. Esquema Presión-Estado-Respuesta.....	11
Figura 4. Usos y tipos de Indicadores Ambientales.....	12
Figura 5. Hacienda el Prado. Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I.	13
Figura 6. Mapa de ubicación de las producciones pecuarias (parte baja IASA).....	14
Figura 7. Mapa de ubicación de las producciones pecuarias (Pailones-IASA)	15
Figura 8. Flujograma de manejo de desechos orgánicos	87
Figura 9. Flujograma de manejo de desechos tóxicos y/o peligrosos	93
Figura 10. Sistema generador de hipoclorito de sodio	95
Figura 11. Bomba dosificadora electrónica, regulador de dosis y tanques contenedores de cloro ...	96
Figura 12. Generador eléctrico a gasolina 2500 W TRUPER	97

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 1. Cantidad de materia orgánica – Descarga sala de espera de ganadería; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 2. Cantidad de materia orgánica – Limpieza de sala de ordeño; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 3. Cantidad de materia orgánica – Terneras ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 4. Cantidad de materia orgánica – Descarga de porcinos..... ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 5. Análisis de INDIGO en porcinos ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 6. Análisis de INDIGO en ovinos ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 7. Análisis de descarga de truchas ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 8. Análisis de la descarga final de agua ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 9. Análisis del agua de consumo humano ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 10. Especificaciones de la planta potabilizadora de agua..... ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 11. Partes del dosificador de cloro para agua residual ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 12. Generador de energía ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 13. Propiedades fisicoquímicas ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 14. Propiedades toxicológicas de desechos ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 15. Efectos específicos sobre la salud ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 16. Listado de frases R..... ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 17. Tabla de compatibilidades ; **Error! Marcador no definido.**
- Anexo 18. Protocolo de recolección de desechos tóxicos y/o peligrosos; **Error! Marcador no definido.**

NOMENCLATURA UTILIZADA

Elementos químicos

C	Carbono
Ca	Calcio
K	Potasio
Mg	Magnesio
N	Nitrógeno
P	Fósforo

Siglas

DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)
DQO	Demanda química de oxígeno (mg/l)
ESPE	Escuela Politécnica del Ejército
IASA I	Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
PVC	Cloruro de polivinilo
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundario
TPND	Tecnologías de poco o ningún desecho

Unidades

%	Porcentaje
‰	Partes por mil
0°0'0''	Unidades geográficas en grados, minutos y segundos
°C	Grados centígrados
cm	Centímetros
cm³	Centímetros cúbicos
ha	Hectáreas

hm	Hora máquina
kg	Kilogramos
km	Kilómetros
l	Litro
lb	Libras
m	Metros
m³	Metros cúbicos
ml	Mililitros
mg	Miligramos
mm	Milímetros
mmhos/cm	Milimhos por centímetro
ppm	Partes por millón
pH	Potencial de hidrógeno

INTRODUCCIÓN

La Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I, desarrolla las actividades productivas (pecuarias y de procesamiento de alimentos) como parte de su proceso académico dentro de la Hacienda El Prado. En la institución, las descargas (ganadería, porcinos, acuicultura y aguas residuales) no cumplen con la legislación ambiental y son enviadas directamente hacia el río sin previo tratamiento; de igual manera, los desechos tóxicos y/o peligrosos no son destinados a un gestor ambiental. Es necesario conocer las características y naturaleza de los desechos para determinar su reutilización o tratamiento final.

El plan de manejo ambiental del área pecuaria y de procesamiento de alimentos de la Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I propone sistemas de reutilización del material orgánico y gestión de desechos tóxicos y/o peligrosos generados, además de incluir una alternativa para el tratamiento del recurso hídrico tanto en la entrada como en la descarga final.

El objetivo del proyecto es mejorar la gestión de residuos sólidos estableciendo un plan de manejo ambiental en las áreas pecuaria y procesamiento de alimentos de la Carrera de Ciencias Agropecuarias_ IASA I, Hacienda El Prado.

Para cumplir este objetivo se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Reutilizar los desechos orgánicos del área pecuaria y procesamiento de alimentos para la generación de abonos.
- Determinar el tratamiento final para los desechos tóxicos y/o peligrosos.
- Reducir el impacto de descargas en el recurso hídrico.
- Optimizar los recursos económicos para tratamiento de desechos.

Este documento se divide en 5 capítulos. El primer capítulo contiene el fundamento teórico, información bibliográfica relevante para la comprensión del proyecto. El segundo capítulo detalla los materiales y métodos utilizados y aplicados

para las actividades realizadas como: monitoreo, toma de muestras de agua y pruebas de laboratorio. Los resultados obtenidos en el proyecto y su breve discusión se encuentran en el tercer capítulo, describiendo índices de generación de residuos, análisis de laboratorio para agua, y análisis económico. En el cuarto capítulo se presenta una propuesta de plan de manejo ambiental, en donde se recopilan todos los procesos y alternativas de tratamiento que son considerados dentro del proyecto. En el capítulo cinco de conclusiones y recomendaciones se detalla el cumplimiento de los objetivos planteados y resultados generados en el proyecto. Toda la información base de consulta está referenciada según las normas APA en la bibliografía, y como parte final, en anexos, se incluye información complementaria de importancia que está referida dentro de los capítulos anteriores.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

El impacto de los desechos de origen animal proveniente de sistemas de producción, se relaciona con la intensidad, mientras mayor es la intensidad del sistema, mayor es la cantidad de residuos generados, por lo tanto, se convierte en un problema potencial que debe ser tratado con un manejo que permita reutilizar los desechos para mantener la fertilidad del suelo y así mismo, la productividad. (FAO, 1999)

Las fuentes de contaminación dentro de una granja son: residuos animales, efluente ensilado, escorrentías contaminadas procedentes de las zonas de corrales, lavados lácteos, pesticidas y combustibles, siendo el estiércol animal mucho más significativo.

Los residuos de los animales si no son adecuadamente utilizados son causantes de contaminación. (Kiely, 1999)

Un indicador de la contaminación por residuos orgánicos es el DBO_5^1 , debido a que los residuos de los animales tienen cantidades considerables de materia orgánica y amoníaco que ejercen una alta demanda de oxígeno en agua. (Kiely, 1999)

Los nutrientes que presenta el material orgánico son nitrógeno y fósforo, los que presentan un mayor potencial de contaminación. Estos nutrientes pueden ser absorbidos por las plantas para el crecimiento, el fósforo puede moverse hacia el agua superficial por la escorrentía, mientras que el movimiento del nitrógeno es descendente hacia el agua subterránea por lixiviación. (Kiely, 1999)

1.1 Biomasa

La biomasa de tipo vegetal forma parte de la base de la pirámide trófica, es consumida por los animales, se procesa durante el metabolismo y al final de de su ciclo de vida se puede aprovechar energéticamente los residuos obtenidos.

¹ DBO_5 : Es la demanda bioquímica de oxígeno medida en 5 días.

Los desechos orgánicos que provienen de los seres vivos se consideran como la biomasa residual, que mediante tratamientos físicos, químicos o biológicos obtiene de combustibles líquidos o gaseosos. (Guasumba, 2011)

Tabla 1. Desechos utilizados en la fermentación anaeróbica existentes en el medio rural

DESECHOS UTILIZADOS EN LA FERMENTACIÓN ANAERÓBICA EXISTENTES EN EL MEDIO RURAL					
Características	Humedad (%)	Sólidos Totales (%)	Carbón (%) base seca	Nitrógeno (%) base seca	Relación C/N
Vacunos	79	21	32	1,5	21
Ovinos	73	27	60	3,7	16
Porcinos	69	31	73	2,6	28
Gallinaza	44	56	70,2		12
Cuyes	32	68	37,2	2.22	17

Fuente: Guasumba, 2011

En la figura 1 se presenta el ciclo de la biomasa en el biodigestor.

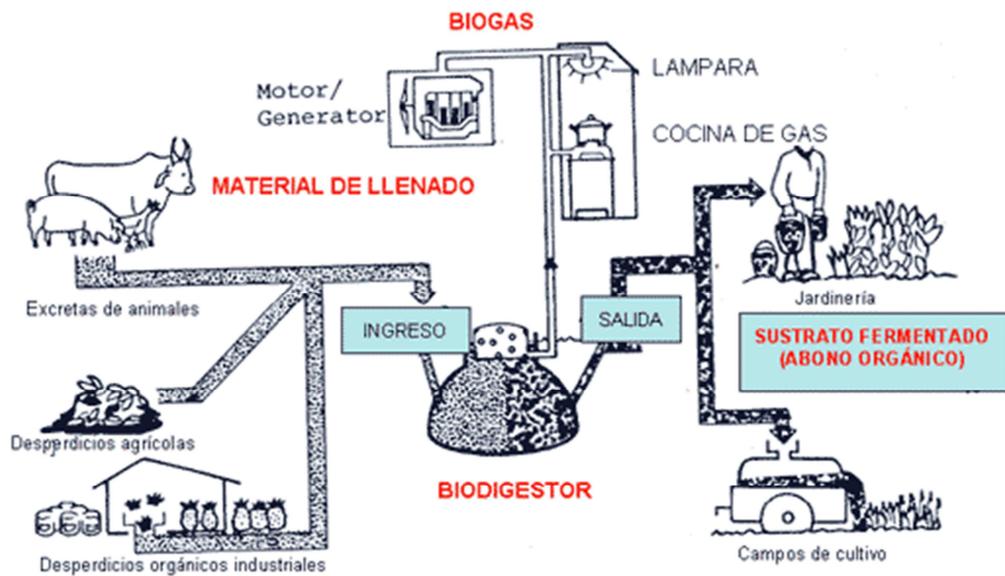


Figura 1. El ciclo de la biomasa en el biodigestor

Fuente: Chávez, 2006

1.2 Biodigestor

Los principales productos dentro de un biodigestor son biogás y biol, proveniente de un proceso anaerobio, realizado por microorganismos el mismo que involucra fermentación o digestión de material orgánico. Una de las principales ventajas ambientales del biodigestor es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Es importante considerar los sustratos ideales para la digestión anaerobia, tales como los desechos orgánicos de origen agrícola, excretas animales y residuos de la industria alimenticia que no contienen contaminantes patógenos, ni metales pesados. Y son ricos en nutrientes como carbono, nitrógenos y azufre, así como elementos traza que favorecen el desarrollo de microorganismos. (Rivas Solano, Faith Vargas, & Guillén Watson, 2009)

En tabla 2 se presentan los valores de generación de biogás según los sustratos que se utilizan en los biodigestores.

Tabla 2. *Valores de generación de biogás según diferentes sustratos*

VALORES DE GENERACIÓN DE BIOGÁS SEGÚN DIFERENTES SUSTRATOS		
SUSTRATO	GENERACIÓN DE GAS (l/kg. Biomasa seca)	PROMEDIO (l/kg. Biomasa seca)
Excreta de Porcino	340-550	450
Excreta de Vacuno	150-350	250
Excreta de Aves	310-620	460
Guano de Oveja	100-310	200
Lodos de agua servidas	310-640	450

Fuente: Chávez, 2006

La temperatura determina el crecimiento de las bacterias dentro del biodigestor y el tiempo en el que se puede obtener tanto el biol como el biogás. (Infantes, 2006)

Tabla 3. *Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica*

Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica				
Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Pycrophilica	4-10 °C	15-18 °C	25-30 °C	Arriba de 100 días
Mesophilica	15-20 °C	28-33 °C	35-45 °C	30-60 días
Termophilica	25-45 °C	50-60 °C	75-80 °C	10-15 días

Fuente: Infantes, 2006

1.3 Residuos ganaderos

La producción ganadera genera residuos, principalmente las deyecciones de los animales, que se pueden clasificar en residuos sólidos (estiércoles) y líquidos (purines). El estiércol es la mezcla de las fecas y orina de los animales con otros materiales aportados por el medio, como la paja o heno; este producto debe almacenarse en estercoleros adecuados donde los lixiviados se recojan. El purín es el estiércol licuado, que contiene también el agua a presión que se utiliza para la limpieza de los establos en las explotaciones intensivas, donde debe manejarse un correcto sistema de evacuación del purín, que finalmente se almacena en fosas. (López, *et al.*, 2008)

Todos estos residuos suelen aplicarse directamente al campo a manera de fertilizante, pero debe tenerse en cuenta que la cantidad a aplicarse debe ser medida y controlada para que los cultivos o potreros no sean afectados, y además que sea aceptable para el ambiente.

El desarrollo progresivo que ha tenido la ganadería intensiva y la disminución de la superficie agrícola de cultivos ha provocado que los purines y estiércoles en lugar de ser un abono se conviertan en un residuo que hay que gestionar de la mejor manera, para evitar que se conviertan en desechos peligrosos, debido a que pueden generar contaminación en las masas de agua, en el suelo y calidad de aire, además de riesgos sanitarios para las personas y animales. (López, *et al.*, 2008)

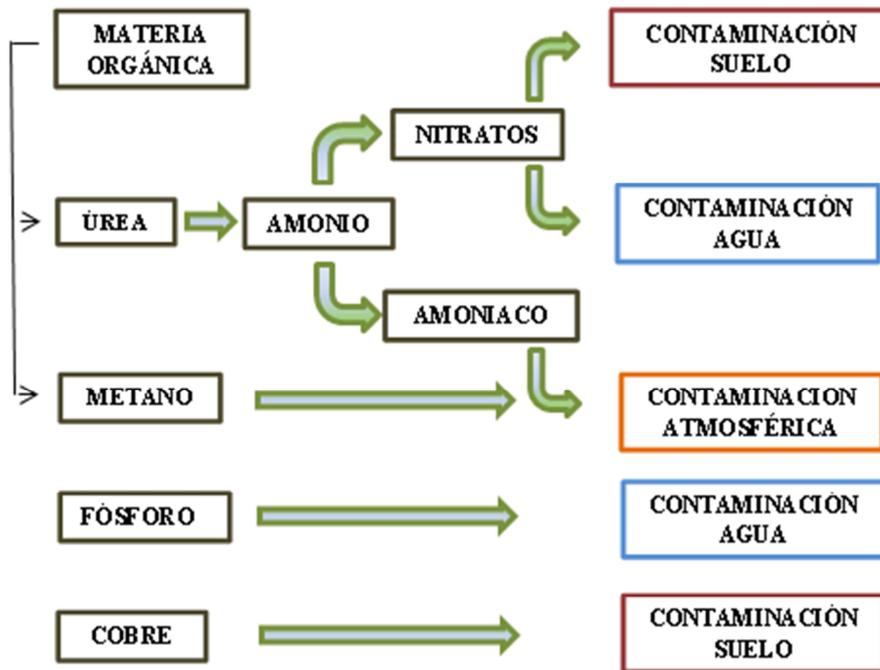


Figura 2. Contaminación producida por los compuestos presentes en los residuos ganaderos

Fuente: López, et al., 2008

1.4 Agua residual

El agua residual es aquella que resulta del uso doméstico o industrial del agua, es también llamada agua negra o agua cloacal.

Se denomina residual, ya que, al haber sido usada se transforma en un residuo que no sirve para el usuario directo. Se conoce también como agua negra por el color que habitualmente tiene.

Se hace una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales, ya que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

Para cuantificar la cantidad de materia orgánica contenida en el agua y establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se determina la Demanda Bioquímica de

Oxígeno (DBO), que se define como la concentración de oxígeno disuelto que es consumido por los microorganismos presentes en el agua durante la degradación de compuestos orgánicos. (Marsilli, 2005)

1.5 Tratamiento de agua residual

En el tratamiento de agua residual se pueden diferenciar en cuatro etapas que incluyen procesos químicos, físicos y biológicos.

- El tratamiento preliminar tiene como objetivo la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- El tratamiento primario realiza procesos de sedimentación y tamizado.
- El tratamiento secundario comprende procesos biológicos aerobios, anaerobios y físico-químicos para reducir la mayor cantidad de DBO.
- Tratamiento terciario o denominado avanzado, se destina a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.

1.6 Sistemas de tratamiento biológico

Los objetivos del tratamiento biológico son: la reducción del contenido de materia orgánica en el agua, reducción de su contenido en nutrientes, y eliminación de patógenos y parásitos.

Estos objetivos se alcanzan por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en donde la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

a) Estanques de lodos activados

El tratamiento se produce por medio de difusión de aire a través de medios mecánicos en el interior de tanques. Durante el tratamiento los microorganismos forman flóculos que se dejan sedimentar en lo posterior en un tanque de clarificación.

El sistema consta de un tanque de aireación y un tanque de clarificación, por donde se pasan los lodos varias veces.

El sistema permite la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y la floculación produce la separación de biomasa nueva del efluente que es tratado. Con el uso de este sistema se puede obtener una remoción de hasta 90% de la carga orgánica, pero así mismo existen algunas desventajas como el uso de instalaciones costosas y la instalación de equipos electromecánicos que consumen gran cantidad de energía y generan un alto costo. Así también, se produce mayor volumen de lodos que deben ser tratados adicionalmente por medio de reactores anaeróbicos y/o su disposición en rellenos sanitarios correctamente manejados. (Marsilli, 2005)

b) Tratamiento anaerobio

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y además este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Además es posible producir un gas útil.

Para el tratamiento anaerobio a gran escala se utilizan reactores de flujo ascendente o U.S.B. (Por sus siglas en ingles) con un pulimento aerobio en base de filtros percoladores y humedales.

c) Humedales artificiales

Este sistema consiste en la reproducción controlada, de las condiciones existentes en los sistemas lagunares someros o de aguas lenticas los cuales, en la naturaleza, efectúan la purificación del agua. Esta purificación involucra una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las cuales a la vez que aportan oxígeno consumen los elementos aportados por el metabolismo bacterial y lo transforman en follaje.

Este sistema es el más amigable desde el punto de vista ambiental ya que no requiere instalaciones complejas, tiene un costo de mantenimiento muy bajo y se integra al paisaje natural propiciando incluso refugio a la vida silvestre. Quizás se podría mencionar como única desventaja la mayor cantidad de superficie necesaria. (Marsilli, 2005)

1.7 Indicadores de Ambientales

Se requiere un marco conceptual que permita estructurar la información obtenida y facilitar el acceso e interpretación de los indicadores ambientales. (SNIA, 2011)

A continuación se presenta el esquema del Indicador Básico de Desempeño Ambiental que se ha usado en el proyecto:

1. Esquema Presión-Estado-Respuesta

Este esquema está basado en la lógica de causalidad, donde las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y alteran la calidad y cantidad de

los recursos naturales. De la misma forma la sociedad responde a los cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales. (SNIA, 2011)

En la Figura 3 se resume el esquema Presión-Estado-Respuesta.

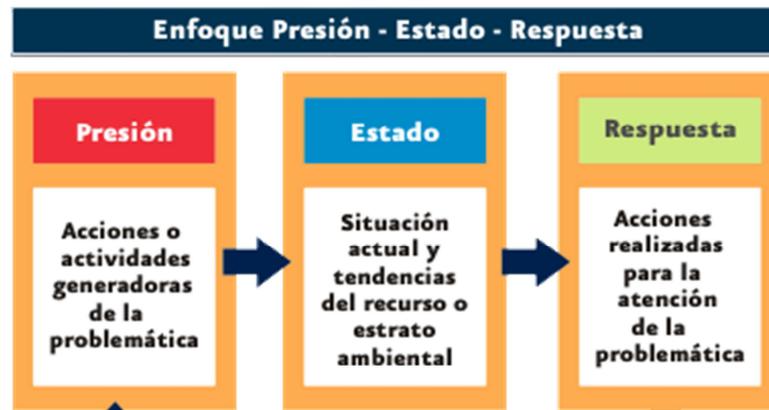


Figura 3. Esquema Presión-Estado-Respuesta
Fuente: SNAI, 2011

A partir de este esquema se establecen 3 tipos de indicadores:

- Indicadores de Presión
- Indicadores de Estado
- Indicadores de Respuesta

La Figura 4 presenta los usos y tipos de indicadores ambientales.



Figura 4. Usos y tipos de Indicadores Ambientales
Fuente: SNAI, 2011

CAPÍTULO II

MARCO SITUACIONAL, MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe marco situacional, materiales y métodos utilizados para obtener la información necesaria en el transcurso del proyecto.

2.1 Marco situacional

a) Localización geográfica

El presente proyecto fue desarrollado en las instalaciones de la Carrera de Ciencias Agropecuarias _ IASA I, Hacienda El Prado. Su ubicación corresponde a la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador.

En la Figura 5 se observa las instalaciones de la parte baja de la Hacienda El Prado



Figura 5. Hacienda el Prado. Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I.
Fuente. Google Earth, 2011

b) Condiciones climáticas

Los procesos agrícolas dependen de factores climáticos, principalmente en lo referente a lixiviación, que es una de las principales consecuencias de la precipitación.

En la Tabla 4 se registran las condiciones climáticas que ha presentado la Hacienda El Prado durante el año 2011.

Tabla 4. *Condiciones climáticas anuales de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO CARRERA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESTACIÓN METEOROLÓGICA IASA I Longitud: 78 °24'44"'' Latitud: 0 °23'20"'' Altitud: 2748 m.s.n.m.					
CONDICIONES ANUALES					
TEMPERATURA °C			PRECIPITACIÓN	HELIOFANÍA	HUMEDAD RELATIVA
Máxima	Mínima	Promedio	mm	Horas de luz intensa al día	%
19,26	6,41	12,82	1728,20	2,94	65,54

Fuente: MA-56 (Estación agrometeorológica IASA_1)

En las Figuras 6 y 7 se visualiza la distribución espacial de la parte baja de la Hacienda El Prado.

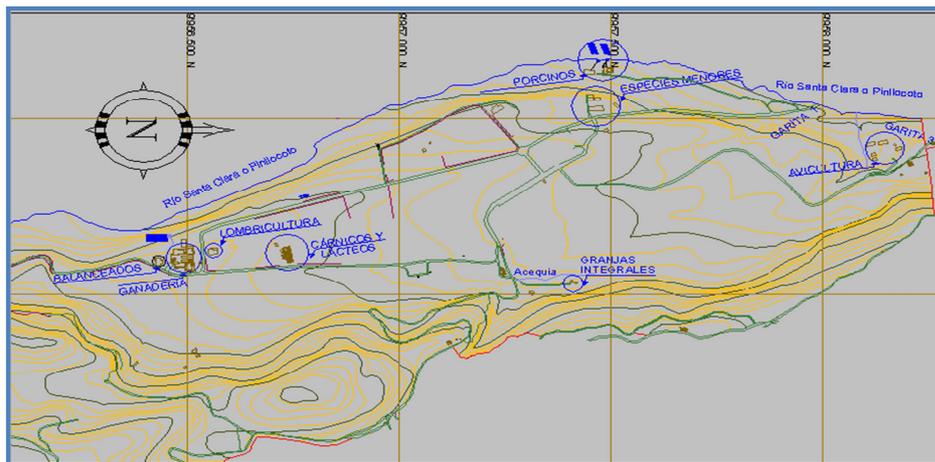


Figura 6. Mapa de ubicación de las producciones pecuarias (parte baja IASA)
Fuente: Luna, 2009

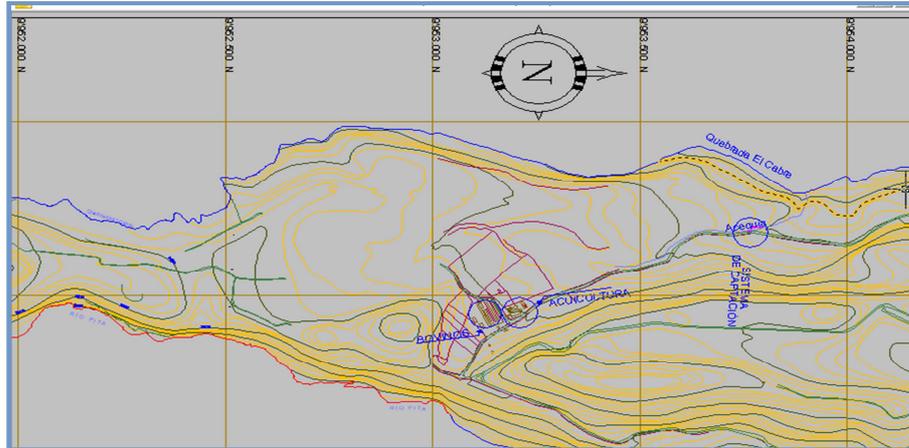


Figura 7. Mapa de ubicación de las producciones pecuarias (Pailones-IASA)
Fuente: Luna, 2009

c) Situación actual de la producción de desechos

En la Hacienda El Prado existen diferentes producciones pecuarias y de procesamiento de alimentos que son de tipo demostrativas y forman parte del proceso educativo de la institución. Los residuos que se generan dentro de dichas instalaciones y su tratamiento actual se presentan en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Situación actual de desechos generados en las producciones pecuarias

SITUACIÓN ACTUAL DE DESECHOS GENERADOS EN LAS PRODUCCIONES PECUARIAS		
ÁREA PRODUCTIVA	DESECHO GENERADO	TRATAMIENTO ACTUAL
Avicultura	Materia orgánica	Reincorporación en potreros
	Tóxicos y/o peligrosos	Ninguno
Ganadería	Materia orgánica	Sólidos: Envío de aproximadamente el 40 % hacia lombricultura Descarga: Ninguno
	Tóxicos y/o peligrosos	Ninguno
Porcinos	Materia orgánica	Sólidos: Envío hacia lombricultura Descarga: Ninguno
	Tóxicos y/o peligrosos	Ninguno
Ovinos	Materia orgánica	Compostaje
	Tóxicos y/o peligrosos	Ninguno
Acuicultura	Materia orgánica	Ninguno
Especies menores	Materia orgánica	Envío hacia lombricultura
	Tóxicos y/o peligrosos	Ninguno
Lombricultura	Materia orgánica	Aplicación a cultivos

Tabla 6. Situación actual de desechos generados en el área de procesamiento de alimentos

SITUACIÓN ACTUAL DE DESECHOS GENERADOS EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS		
INSTALACIÓN	DESECHO GENERADO	TRATAMIENTO ACTUAL
Cárnicos	Fluidos del desposte	Sistema de alcantarillado
	Desechos comunes	Incluidos en el sistema de separación y reciclaje (Proyecto 1)
Lácteos	Suero de leche	Alimentación complementaria para porcinos
	Desechos comunes	Incluidos en el sistema de separación y reciclaje (Proyecto 1)
Procesamiento de vegetales	Materia orgánica	Lombricultura
	Desechos comunes	Incluidos en el sistema de separación y reciclaje (Proyecto 1)

En la Carrera de Ciencias Agropecuarias existen residuos tóxicos y/o peligrosos que además de generarse en las áreas pecuarias provienen del uso de equipo tecnológico,

tractores y policlínico de la institución; el análisis de estos desechos tiene como finalidad realizar un estudio completo de los residuos sólidos producidos en la Hacienda El Prado. En la tabla 7 se presenta un resumen de los desechos tóxicos y/o peligrosos que se incluyen en el presente proyecto de manera complementaria.

Tabla 7. *Otros desechos tóxicos y/o peligrosos*

OTROS DESECHOS TÓXICOS Y/O PELIGROSOS		
DESECHO	ORIGEN	TRATAMIENTO ACTUAL
Aceite quemado	Tractores	Reutilización
Residuos tecnológicos	Laboratorio de computación y actividades administrativas	Ninguno
Pilas	Equipos de laboratorio y campaña de concientización	Ninguno
Residuos hospitalarios	Policlínico	Ninguno

d) Situación actual del agua

Existe un sistema de alcantarillado que recolecta el agua residual en las diferentes instalaciones de la institución, este es descargado hacia el río y no recibe tratamiento previo. Los principales residuos que contiene el agua residual son detergentes y material orgánico proveniente de las actividades de limpieza. El diagnóstico del sistema de alcantarillado fue realizado recorriendo todos los puntos de captación de las descargas dentro de la institución.

De manera complementaria se analizó el agua de consumo humano para conocer la calidad de la misma y principalmente para colaborar con las autoridades en la cotización y desglose de costos de implementación de una planta de tratamiento de agua para cumplir con la norma INEN 1108.

2.2 Fórmulas utilizadas

Durante la obtención de datos se han utilizado principalmente las siguientes fórmulas:

Volumen del rectángulo

$$V = l \times a \times h \quad \text{Ecuación (1)}$$

En donde:

V => Volumen

l => Longitud

a => Ancho

h => Altura

Densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación (2)}$$

En donde:

ρ => Densidad

m => Masa

V => Volumen

Caudal

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación (3)}$$

En donde:

V => Volumen

t => Tiempo

VAN

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{\text{valores } j}{(1+Tasa)^j} \quad \text{Ecuación (4)}$$

En donde:

VAN => Valor Actual Neto o Valor Presente

n => Número de flujos de efectivo

j => Período actual

Tasa => Tasa de descuento

Ecuación 5. Índice de generación anual

El índice de generación es un parámetro que se ve afectado por las diferentes unidades de medición y el tipo de desecho al que es aplicado.

a) Desechos orgánicos

Área pecuaria

$$IG = \frac{\text{kg MO}}{\# \text{ de animales}} \times n \quad \text{Ecuación (5.1)}$$

En donde:

IG => Índice de generación

kg MO => Kilogramos diarios de materia orgánica

de animales => Número de animales presentes

n => Frecuencia (Número de días en el año)

Lombricultura

$$IG = \frac{l \text{ purín}}{kg \text{ humus}} \times n \quad \text{Ecuación (5.2)}$$

En donde:

- IG => Índice de generación
l purín => Litros diarios de purín
kg humus => Kilogramos de humus
n => Frecuencia (Número de días en el año)

Área de procesamiento de alimentos

$$IG = \frac{kg \text{ MO}}{\# \text{ de personas}} \times n \quad \text{Ecuación (5.3)}$$

En donde

- IG => Índice de generación
kg MO => Kilogramos diarios de materia orgánica
de personas => Número de personas
n => Frecuencia (Número de días en el año)

b) Desechos tóxicos y/o peligrosos

Área pecuaria

$$IG = \frac{kg \text{ desecho}}{\# \text{ de animales}} \times n \quad \text{Ecuación (5.4)}$$

En donde:

IG => Índice de generación
kg desecho => Kilogramos diarios de desechos tóxicos y/o peligrosos
de animales => Número de animales
n => Frecuencia (Número de días en el año)

Policlínico

$$IG = \frac{kg \text{ desecho}}{\# \text{ de personas}} \times n \quad \text{Ecuación (5.5)}$$

En donde:

IG => Índice de generación
kg desecho => Kilogramos diarios de desechos tóxicos y/o peligrosos
de personas => Número de personas
n => Frecuencia (Número de días en el año)

Tecnológico

$$IG = \frac{kg \text{ desecho}}{hm} \times n \quad \text{Ecuación (5.6)}$$

En donde:

IG => Índice de generación
kg desecho => Kilogramos de desechos tóxicos y/o peligrosos al día
hm => Horas máquina de uso
n => Frecuencia (Número de días en el año)

Maquinaria

$$IG = \frac{l \text{ desecho}}{hm} \times n \quad \text{Ecuación (5.7)}$$

En donde:

- IG => Índice de generación
kg desecho => Litros de aceite quemado mensual
hm => Horas máquina de tractores
n => Frecuencia (Número de meses en el año)

Pilas

$$IG = \frac{kg \text{ pilas}}{\# \text{ de personas}} \quad \text{Ecuación (5.8)}$$

En donde:

- IG => Índice de generación
kg pilas => Kilogramos anuales de pilas
de personas => Número de personas

2.3 Muestreo de desechos orgánicos

2.3.1 Área pecuaria

Dentro del área pecuaria existen 7 producciones intensivas (avicultura, especies menores, porcinos, ganadería, ovinos, acuacultura y lombricultura) y además una granja integral. Todas estas producciones generan principalmente desechos orgánicos.

La información obtenida servirá para realizar el cálculo de los índices de generación, determinar el destino final de los desechos, y el desarrollo del plan de manejo ambiental en los siguientes capítulos.

a) Avicultura

Materiales

1. Carretón de 6 m³
2. Flexómetro de 5 metros
3. Jarra de 500 cm³
4. Balanza

Métodos

Para determinar la cantidad del residuo orgánico producido (gallinaza) se realizaron 3 procedimientos:

- Medición del volumen mensual de gallinaza depositada en el carretón: con un flexómetro de 5 metros se realizó la medición de largo, ancho y altura ocupado por el material orgánico dentro del carretón durante la limpieza del galpón. Se repitió el proceso en 3 meses consecutivos. Se aplicó la ecuación 1 para el cálculo.

- Cálculo de la densidad del material orgánico: utilizando una jarra de 500 cm³ y una balanza se pesó una muestra de materia orgánica que ocupó el volumen completo de la jarra y se aplicó la ecuación 2 para conocer el valor de la densidad.
- Masa del material orgánico: finalmente, habiendo calculado el valor del volumen de gallinaza ocupado en el carretón y densidad de este mismo material; se utilizó nuevamente la ecuación 2 para despejar la masa y conocer la cantidad de kilogramos que se producen mensualmente en avicultura.
- Índice de generación de gallinaza: se utilizó la ecuación 5.1, donde los datos de kg de materia orgánica y el número de animales existentes fueron utilizados, y la frecuencia aplicada fue de un año.

b) Ganadería

Materiales

1. 3 Botellas plásticas de 250 cm³
2. Botellón de agua de 5 litros
3. Cronómetro
4. Manguera de agua para limpieza
5. Balanza

Métodos

Se realizaron mediciones para conocer la cantidad de materia orgánica que se produce en esta área:

- Análisis de laboratorio: debido a la limpieza que se realiza con agua en las instalaciones, se producen 3 diferentes puntos de descarga (terneras, sala de espera para ordeño/corral y sala de ordeño), se tomó una muestra de cada descarga, utilizando una botella plástica de 250 cm³ para recolección. Las 3 muestras fueron enviadas para su análisis en un laboratorio (CICAM), donde se determinaron los porcentajes de materia orgánica presentes.
- Cálculo de caudal: con un botellón de 5 litros y un cronómetro se realizó la medición del tiempo de llenado del botellón con el agua de la manguera usada en la limpieza hasta completar el volumen total. Con la información obtenida se calculó el caudal aplicando la ecuación 3. Se realizaron 3 repeticiones por 3 lunes consecutivos.
- Volumen de descarga: se cronometró el tiempo que demora la limpieza con agua en todas las instalaciones. Conociendo el caudal y el tiempo de limpieza, se utilizó la ecuación 3 para despejar el valor de volumen.
- Cálculo de la densidad del material orgánico en la descarga: utilizando un botellón de 5 litros lleno de material de descarga y una balanza, se realizó el pesaje para conocer el volumen y masa, y usar la ecuación 2 para calcular la densidad.
- Dimensionamiento de un biodigestor: los valores anteriormente calculados fueron usados para el dimensionamiento de un biodigestor, determinando la cantidad de agua y material orgánico que mensualmente se puede recolectar durante la limpieza que se realiza en todas las instalaciones (terneras, sala de espera para ordeño/corral y sala de ordeño).
- Pesaje de la masa del desecho sólido: el material de desecho sólido proveniente de las cunas de maternidad y enviado a lombricultura, fue acumulado y pesado una vez diariamente durante 5 días consecutivos.

- Índice de generación de materia orgánica para descargas: se aplicó la ecuación 5.1, donde se utilizaron los datos de kg de materia orgánica y el número de animales existentes con una frecuencia de un año.

c) Porcinos

Materiales

1. Carretón de 6 m³
2. Flexómetro de 5 metros
3. Jarra de 500 cm³
4. Balanza
5. Cronómetro
6. Botellón de 5 litros
7. Frasco de 500 m³
8. 3 Recipientes plásticos de 3 litros
9. INDIGO (Acelerador de biodegradación de la materia orgánica)

Métodos

En esta producción se realizaron cálculos para determinar la cantidad de material orgánico sólido y líquido que se genera y además se aplicó un ensayo con un acelerador de biodegradación de la materia orgánica.

- Volumen de desecho sólido: se calculó la cantidad de materia orgánica seca que es recolectada en las instalaciones de porcinos y mensualmente enviada a lombricultura. Se utilizó un flexómetro de 5 metros para medir el largo, ancho y alto que ocupa el material orgánico dentro del carretón previo a su transporte hacia lombricultura. Conociendo las medidas tomadas, se aplica la ecuación 1

para conocer el volumen. La medición se realizó una vez al mes por 3 meses consecutivos y se usó el volumen promedio para los cálculos posteriores.

- Cálculo de la densidad del material orgánico: utilizando una jarra de 500 cm³ y una balanza se pesó una muestra de materia orgánica que ocupó el volumen completo de la jarra y se aplicó la ecuación 2 para conocer el valor de la densidad.
- Masa del material orgánico: con el valor calculado de volumen y densidad, se utilizó la ecuación 2 para despejar la masa y obtener el valor en kilogramos de la producción mensual de materia orgánica.
- Análisis de laboratorio: durante la limpieza de las instalaciones se tomó una muestra de la descarga que se dirige directamente al río, se procedió al llenado de un frasco de 500 cm³ con este material y se envió hacia un laboratorio para el análisis del porcentaje de materia orgánica y contenido de coliformes (CICAM).
- Cálculo de caudal: con un cronómetro y un botellón de 5 litros se realizó la medición del tiempo de llenado del volumen total del botellón con el agua de la manguera usada en la limpieza. Con esta información se aplicó la ecuación 3 para obtener el valor del caudal. Se realizaron 3 repeticiones por 3 días consecutivos.
- Volumen de descarga: se tomó el tiempo que dura la limpieza con el uso de agua a presión en las instalaciones. Con la información de caudal y tiempo de limpieza se utilizó la ecuación 3 para despejar el valor de volumen.
- Cálculo de la densidad del material orgánico en la descarga: Con un botellón de 5 litros lleno de material de descarga y una balanza, se pesó el contenido para conocer el volumen y masa, y se utilizó la ecuación 2 para determinar el valor de la densidad.

- Dimensionamiento de un biodigestor: los datos obtenidos fueron utilizados para dimensionar un biodigestor en función de la cantidad materia orgánica generada por animal (índice de generación) y el número de animales.
- Índice de generación de material orgánico: se usan los datos de la cantidad en kg de materia orgánica y el número de animales que la generaron; aplicando la ecuación 5.1 se obtuvo el valor del índice con una frecuencia de un año.
- Ensayo con INDIGO: se realizó un ensayo con un acelerador de biodegradación de la materia orgánica (INDIGO) durante 21 días, repitiendo 2 aplicaciones de las 2 dosis a los 8 y 16 días. Para esto, se utilizaron 3 recipientes plásticos de 3 litros donde se tomaron muestras de las descargas de la limpieza que se envían directamente al río. Se aplicaron 2 dosis del producto, 1 cm³ de INDIGO/20 litros de descarga, 2 cm³ de INDIGO/20 litros de descarga y un testigo, las dosis fueron determinadas según recomendaciones de la casa comercial. Al finalizar el periodo de experimentación se enviaron a un laboratorio (CICAM), una muestra de cada uno de los tratamientos para el análisis de contenido de carbono orgánico, pH y conteo de coliformes. Las comparaciones de los tratamientos se realizaron en función de los resultados obtenidos en los análisis mencionados.

d) Ovinos

Materiales

1. Carretillas
2. Bandejas de plástico
3. INDIGO (Acelerador de biodegradación de la materia orgánica)
4. Atomizador
5. Balanza

6. Balde
7. Funda plástica de 76 cm x 92 cm
8. Jarra para medición de volumen

Métodos

En la producción de ovinos se realizaron mediciones para determinar la cantidad de material orgánico que se genera, adicional a esto, se aplicó un ensayo con el uso de un acelerador de biodegradación de materia orgánica.

- Pesaje de la masa del material orgánico: para medir la cantidad de residuo orgánico que se obtiene en esta área durante la limpieza del corral de encierro de los animales, se empleo una carretilla cuyo contenido fue pesado en todos sus viajes hacia su depósito en la compostera, el pesaje se realizó utilizando un balde y una balanza, para registrar todos los valores hasta completar el total de la carretilla. Se realizó una medición semanal por 3 semanas consecutivas.
- Índice de generación de materia orgánica: se utilizan los valores del peso de la materia orgánica en kg y el número de animales que la generaron; se aplicó la ecuación 5.1 para obtener el índice de generación con una frecuencia anual.
- Ensayo con bioacelerador de la materia orgánica: para el ensayo que duro 21 días, se establecieron 2 tratamientos y un testigo, para esto, se tomaron 3 muestras de 4 kg de estiércol, que fueron pesadas dentro de una funda plástica y colocadas en 3 bandejas diferentes, se etiquetaron de acuerdo a la dosis de aplicación del INDIGO con el atomizador, como testigo, tratamiento con dosis de 100 ml/18 litros de agua y tratamiento con dosis de 150 ml/18 litros de agua. (dosis comerciales)

Para observar la diferencia entre los tratamientos y el testigo, se realizó una aplicación inicial del bioacelerador de degradación y una inoculación adicional

recomendada por la casa comercial del producto después de 10 días. Se analizaron los resultados de las 3 mediciones, comparando cantidad de carbono orgánico y conductividad. Al concluir el periodo de experimentación se enviaron 3 muestras (una de cada tratamiento) a un laboratorio (CICAM), para el análisis de contenido de carbono orgánico y conductividad. Se realizaron comparaciones de los tratamientos, de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos.

e) Acuicultura

Materiales

1. Recipiente de 20 litros
2. Recipientes para muestras de agua
3. Cronómetro
4. Equipo medidor de pH y temperatura para agua

Métodos

En las instalaciones de acuicultura se realizaron mediciones de caudal y pruebas de laboratorio para la descarga.

- Medición del caudal de salida: se realizó la medición del caudal de salida durante 3 repeticiones por 3 días consecutivos, a través del llenado de un recipiente de 20 litros en un tiempo que fue cronometrado, con la finalidad de conocer el caudal de salida del agua (ecuación 2).
- Análisis de laboratorio: se enviaron muestras de la salida de agua siguiendo el protocolo y utilizando los envases que fueron proporcionados por el laboratorio de Gruntec Environmental Services, se evaluaron: Nitritos y nitratos, fosfatos, coliformes totales, DBO₅, DQO, oxígeno disuelto.

- Toma de muestras: se utilizó el equipo medidor para obtener los datos de pH y temperatura en el agua de descarga de acuicultura, con 3 repeticiones semanales.
- Índice de generación de DBO₅: se determinó el índice de generación realizando conversiones de unidades:
 - De las unidades de caudal l/s a l/día
 - De las unidades de DBO₅ de la muestra mg/l a kg/l

Finalmente, se realizó una multiplicación para relacionar el valor de caudal con el de DBO₅, obteniéndose como unidad kg/día.

f) Especies menores

1. Carretón de 6 m³
2. Balanza
3. Jarra de 500 cm³

Métodos

La materia orgánica producida mensualmente fue medida para conocer la cantidad que se envía hacia lombricultura.

- Medición del volumen mensual de materia orgánica depositada en el carretón: con un flexómetro de 5 metros se realizó la medición de largo, ancho y altura ocupado por el material orgánico dentro del carretón para su transporte hacia lombricultura. Se repitió el proceso una vez por mes por 3 meses consecutivos. Se aplicó la ecuación 1 para este cálculo.
- Cálculo de la densidad del material orgánico: se relleno una jarra completa de 500 cm³ con una muestra de materia orgánica recolectada y fue pesada con una

balanza para obtener el valor de la masa y aplicar la ecuación 2 para conocer la densidad.

- Masa del material orgánico: una vez calculado el valor del volumen de la materia orgánica que se encuentra en el carretón y su densidad, se utilizó nuevamente la ecuación 2 para despejar la masa y conocer la cantidad de kilogramos de materia orgánica que se produce mensualmente en especies menores.
- Índice de generación de materia orgánica: se utilizó la ecuación 5.1, donde la información de kg de materia orgánica y número de animales existentes fueron utilizados para el cálculo del índice de generación, y la frecuencia aplicada fue de un año.

g) Granja integral

Métodos

- Encuesta: se realizó una encuesta al responsable de las instalaciones sobre el manejo de los desechos que se generan en la granja integral.

h) Lombricultura

Materiales

1. Flexómetro de 5 m

Métodos

- Entrevista: se realizó una entrevista a la responsable del área, para conocer sobre el manejo de desechos y lixiviados.

- Volumen del purín: con un flexómetro se tomaron las dimensiones de largo, ancho y profundidad ocupado por el purín dentro de la purinera, para aplicar la ecuación 1 y conocer el volumen existente.
- Índice de generación de purín: se utilizan los valores del volumen anual de purín generado y kg de humus producidos al año, aplicando la ecuación 5.2 se obtuvo el índice de generación con una frecuencia anual.

2.3.2 Área de procesamiento de alimentos

Esta área comprende 3 instalaciones (lácteos, cárnicos y procesamiento de vegetales) que funcionan conjuntamente, en donde los desechos provenientes de la limpieza son evacuados hacia una misma salida. Se utilizó el mismo método de medición para toda el área.

Materiales

1. Balde de 20 litros
2. Cronómetro

Métodos

- Encuesta: se realizó una encuesta a los responsables de las 3 instalaciones sobre el manejo de desechos provenientes del procesamiento de alimentos.

- Cálculo de caudal: se determinó el caudal de agua utilizado en la limpieza diaria. Con un balde de 20 litros de capacidad se midió el volumen de agua en un tiempo cronometrado. Se realizó una medición diaria por 3 días consecutivos.
- Volumen de descarga: se tomó el tiempo que dura la limpieza con el uso de agua a presión, con esta información y el caudal calculado anteriormente se utilizó la ecuación 3 para despejar el valor de volumen. Se realizó una medición diaria del tiempo de limpieza por 3 días consecutivos.
- Índice de generación de material orgánico: con la información de cantidad en kg de materia orgánica y el número de personas se aplicó la ecuación 5.3 y se obtuvo el valor del índice con una frecuencia anual.

2.4 Desechos tóxicos y peligrosos

Materiales

1. Formato de encuestas
2. Recipiente de 4 litros
3. Recolectores de pilas

Métodos

- Encuesta: se realizaron encuestas a los responsables de las producciones pecuarias (ganadería, porcinos, especies menores, avicultura, ovinos, acuicultura, lombricultura y granjas integrales) para determinar la utilización, cantidad y manejo de productos tóxicos y/o peligrosos durante los ciclos productivos.
- Encuesta: a los responsables del laboratorio de computación y del área académica se les realizó una encuesta para conocer la cantidad de equipo y

material tecnológico que requiere ser enviado a reciclaje, así también la cantidad de pilas utilizadas para equipos de la institución.

- Pesaje: se recolectaron en recipientes de 4 litros todos los desechos tóxicos y/o peligrosos generados en el policlínico durante un mes y fueron pesados.
- Volumen de aceite generado por la maquinaria: para determinar la cantidad de aceite generado como desecho por el mantenimiento de los tractores, se midió el volumen del mismo en recipientes de 4 litros durante el proceso de cambio de aceite. Se realizaron mediciones de aceite generado durante 3 procesos de cambio.
- Recolectores de pilas: Se diseñaron y colocaron estructuras con etiquetas informativas que fueron utilizadas para la recolección de pilas, éstas se ubicaron en las áreas de oficinas, computación y el bar.
- Índice de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos: toda la información obtenida sirvió para aplicar las ecuaciones respectivas y determinar los índices anuales de generación.
 - Área pecuaria → ecuación 5.4
 - Policlínico → ecuación 5.5
 - Tecnológicos → ecuación 5.6
 - Aceite quemado → ecuación 5.7
 - Pilas → ecuación 5.8

2.5 Análisis de agua

Materiales

1. Balde de 20 litros
2. Cronómetro
3. Recipientes

Métodos

- Análisis de laboratorio: considerando las normas INEN 1108 y TULSMA se enviaron 2 muestras de agua a ser analizadas, una del tanque que distribuye agua a la institución (agua de consumo humano), y otra de la salida final hacia el río (agua residual).
 - Los parámetros considerados para el agua de consumo son: nitritos, nitratos, DBO₅, pesticidas, coliformes totales y fecales.
 - Para la salida final del agua se analizaron: metales, pesticidas, cloruro, nitratos, nitritos, fosfatos, DBO₅, DQO, coliformes fecales, sustancias tensoactivas y nitrógeno total.
- Caudal del agua residual: se determinó el caudal del agua residual utilizando un balde de 20 litros de capacidad y un cronómetro, midiendo el volumen de agua que se llena en el balde en un tiempo cronometrado; con estos datos se aplicó la ecuación 3.
- Índice de generación de DBO₅: se determinó el índice de generación realizando conversiones de unidades:
 - De las unidades de caudal l/s a l/día
 - De las unidades de DBO₅ de la muestra mg/l a kg/l

Finalmente, se realizó una multiplicación para relacionar el valor de caudal con el de DBO₅, obteniéndose como unidad kg/día.

2.6 Análisis económico

Métodos

Para el análisis económico se realizó recopilación de la información de costos fijos y variables de cada una de las áreas y para los diferentes desechos. A través de la ecuación 4 se determinó el valor actual neto que es una herramienta metodológica de análisis de viabilidad del proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el proyecto, que incluye un análisis económico en donde se establece el valor actual neto.

3.1 Desechos orgánicos

La tabla 8 presenta un resumen de los índices de generación de materia orgánica y DBO₅ en el área pecuaria y procesamiento de alimentos.

Tabla 8. *Resumen de índices de generación anual en el área pecuaria*

Resumen de índices de generación anual en el área pecuaria				
Área de Producción	Parámetro	Tipo de residuo	Unidades	Índice
Ganadería-Maternidad	Materia orgánica	Sólido	kg/animal	1 460,00
Ganadería-Ternereras	Materia orgánica	Descarga	kg/animal	77 604,63
Ganadería-Rejo	Materia orgánica	Descarga	kg/animal	39 166,87
Porcinos	Materia orgánica	Sólido	kg/animal	367,66
Porcinos	Materia orgánica	Descarga	kg/animal	817,37
Avicultura	Materia orgánica	Sólido	kg/animal	7,80
Ovinos	Materia orgánica	Sólido	kg/animal	24,38
Especies menores	Materia orgánica	Sólido	kg/animal	36,58
Lombricultura	Materia orgánica	Lixiviado	litros de purín/kg de humus	0,31
Procesamiento de alimentos	Materia orgánica	Sólido	kg/persona	19,87
Acuicultura	DBO ₅	Descarga	kg/día	1,94

A continuación se realizará una discusión de los resultados obtenidos en cada una de las áreas productivas:

3.1.1 Área pecuaria

a) Avicultura

En un galpón de gallinas ponedoras, con 2350 animales en producción, se obtiene gallinaza como desecho y los volúmenes de este material orgánico medidos en el carretón en 3 repeticiones se promediaron y se obtuvo como resultado un volumen de 2,63 m³, como se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. *Volumen promedio de materia orgánica de avicultura en el carretón (m³)*

Volumen promedio de materia orgánica de avicultura en el carretón (m³)			
Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
2,66	2,61	2,62	2,63

En la tabla 10 se presenta la cantidad de kilogramos de gallinaza obtenidos al mes.

Tabla 10. *Cantidad de gallinaza producida al mes (kg)*

Cantidad de gallinaza producida al mes			
Número de animales	Volumen (m³)	Densidad (kg/m³)	kg de gallinaza
2350	2,63	580	1525,40

Índice de generación:

$$IG = \frac{1525,40 \text{ kg}}{2350 \text{ animales}} \times 12 \text{ meses}$$

$$IG = 7,80 \text{ kg/animal al año}$$

Los datos presentados en la tabla 10, kg de gallinaza y el número de animales se utilizaron en la ecuación (5.1), y se determinó un índice de generación de 7,80 kg/animal

al año, valor que se utiliza para conocer la cantidad de desecho que se obtiene por animal y facilita la proyección del manejo del mismo en caso de incrementar o reducir la cantidad de animales.

Según Estrada, en producción de pollos el índice de generación de gallinaza es de 1,5 a 2 kg/animal al mes. La producción actual de gallinaza en el área de avicultura de la Carrera de Ciencias Agropecuarias es de 0,65 kg/animal al mes, siendo un valor menor al rango mencionado inicialmente porque se obtiene de gallinas ponedoras, que generan el abono puro sin otro tipo de materiales (viruta) como en la producción de pollos de engorde.

La gallinaza es un abono utilizado en la agricultura debido a que no acidifica el suelo, y es un fertilizante que además de contener N, P, K, Ca, Mg y otros microelementos, favorece al equilibrio de nutrientes, microorganismos y agua. (Tecnificación Agraria y Medioambiental, S.L.)

b) Ganadería

El área de ganadería cuenta con instalaciones para maternidad, terneras, sala con ordeño mecánico, sala previa al ingreso del ordeño y corral.

En la tabla 11 se presentan los resultados de los análisis enviados al laboratorio para conocer la cantidad de materia orgánica que se encuentra en las descargas de la producción de ganadería de leche.

Tabla 11. *Materia orgánica de las descargas en ganadería*

Materia orgánica de las descargas en ganadería	
Área	Materia orgánica (%)
Terneras	35,43
Sala de ordeño	41,90
Sala de espera y corral	49,64

Fuente: Análisis de laboratorio CICAM

Las descargas generadas por el proceso de limpieza del material orgánico, son consecuencia del uso de agua a presión proveniente de una manguera. Su caudal es un valor que ha sido medido comparando los factores de tiempo y volumen de agua.

El caudal de la manguera que se utiliza para la limpieza de todas las instalaciones se presenta en la tabla 12.

Tabla 12. *Caudal de la manguera de limpieza (l/s)*

Caudal de la manguera de limpieza (l/s)				
Repetición	dia 1	dia 2	dia 3	Promedio total
1	2,82	3,12	2,90	
2	3,04	3,26	2,91	
3	2,96	3,22	2,77	
Promedio	2,94	3,20	2,86	3,00

A partir del caudal promedio de la manguera se determinaron los volúmenes de descarga, considerando el tiempo de limpieza de cada una de las áreas. Los valores son descritos en la tabla 13.

Tabla 13. *Volumen diario de descargas (m³)*

Volumen diario de descargas (m³)				
Área	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Ternereras	10,50	10,78	10,46	10,58
Sala de ordeño	14,02	14,12	14,19	14,11
Sala de espera/corral	5,02	5,11	4,99	5,04

Para el cálculo del índice de generación de materia orgánica de las descargas, se utilizó la información del porcentaje de materia orgánica presente, el volumen y el número de animales, considerando una frecuencia anual. Así también, para el material sólido de desecho se tomó en cuenta su peso y el número de animales, manteniendo la misma frecuencia anual.

Se calcularon índices de generación de materia orgánica para todas las áreas de ganadería, los mismos que son presentados en la tabla 14 y 15.

Tabla 14. *Peso promedio de material orgánico sólido en maternidad (kg)*

Peso promedio de material orgánico sólido en maternidad			
Área	Número de animales	Peso diario del desecho (kg)	Peso promedio diario (kg)
Maternidad	3	11,50	12
		12,00	
		11,80	
		12,60	
		12,10	

Índice de generación en maternidad:

$$IG = \frac{12 \text{ kg}}{3 \text{ animales}} \times 365 \text{ días}$$

$$IG = 1460 \text{ kg/animal al año}$$

Tabla 15. Índice anual de generación de materia orgánica en descargas de ganadería (kg/animal al año)

Índice anual de generación de materia orgánica en descargas de ganadería (kg/animal al año)				
Área	Número de animales	Concentración de materia orgánica (%)	Volumen diario (m ³)	Índice (kg/animal al año)
Terneras	18	35,43	10,59	77 604,63
Sala de ordeño	80	41,90	14,12	27532,86
Sala de espera y corral	80	49,64	5,04	11 643,01

A continuación se explica a manera de ejemplo, el proceso para el cálculo del índice de generación para la primera área (terneras), aplicando finalmente la ecuación 5.1.

- Índice de generación en terneras:

En la tabla 16 se expresa la cantidad de materia orgánica generada al día en el área de terneras

Tabla 16. Cantidad de materia orgánica producida al día en terneras (kg)

Cantidad de materia orgánica producida al día en terneras			
Número de animales	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	kg de materia orgánica
18	10,59	1020	10801,80

Cantidad de materia orgánica en la descarga

$$10\ 801,80\ \text{kg} \left| \begin{array}{l} 35,43\% \\ \hline 100\% \end{array} \right. = 3826,44\ \text{kg de materia orgánica}$$

$$IG = \frac{3827,07\ \text{kg}}{18\ \text{animales}} \times 365\ \text{días}$$

$$IG = 77604,63\ \text{kg/animal al año}$$

- Índice de generación en sala de ordeño:

La tabla 17 presenta la cantidad de materia orgánica que se produce diariamente en la sala de ordeño

Tabla 17. *Cantidad de materia orgánica producida al día en sala de ordeño (kg)*

Cantidad de materia orgánica producida al día en sala de ordeño			
Número de animales	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	kg de materia orgánica
80	14,12	1020	14402,40

$$IG = \frac{6034,60 \text{ kg}}{80 \text{ animales}} \times 365 \text{ días}$$

$$IG = 27 \text{ 532,86 kg/animal al año}$$

- Índice de generación en sala de espera y corral:

En la tabla 18 se determina la cantidad de materia orgánica que se produce diariamente en la sala de espera y corral

Tabla 18. *Cantidad de materia orgánica producida al día en sala de espera y corral*

Cantidad de materia orgánica producida al día en sala de espera y corral			
Número de animales	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	kg de materia orgánica
80	5,04	1020	5140,08

$$IG = \frac{2551,89 \text{ kg}}{80 \text{ animales}} \times 365 \text{ días}$$

$$IG = 11 \text{ 643,01 kg/animal al año}$$

En la tabla 14 se expresan los valores que permiten calcular el índice de generación en el área de maternidad, siendo este de 1460 kg de desechos/animal al año. Dicho material contiene tamo y estiércol, estos sólidos son recolectados diariamente y destinados hacia lombricultura.

De acuerdo a la cantidad de materia orgánica producida en el proyecto de ganadería que se presenta en la tabla 15, la alternativa más viable es el diseño, construcción y uso de un biodigestor que permite la reutilización de la materia orgánica en forma de biol (biofertilizante), además de la obtención de energía no convencional, como es la combustión de gas metano.

Con el Grupo Aqualimpia Consultores, empresa especializada en el desarrollo de proyectos integrales de aprovechamiento de recursos renovables para la producción de biogás, generación de energía eléctrica y calorífica; se estimó una capacidad de 1000 m³ al mes para la producción de 40 m³/hora de biogás y 2500 l/día de biol, de acuerdo a los valores obtenidos durante el proceso de limpieza (910,28 m³/mes).

c) Porcinos

En la producción de cerdos existen 2 áreas diferenciadas, una en donde se manejan animales reproductores y maternidad y otra en donde se engordan los cerdos para su comercialización.

Las diferentes mediciones en el carretón del volumen del material sólido durante las 3 repeticiones y al promediar estos valores el resultado fue 2,61 m³.

En la tabla 19 se encuentran los valores medidos y el promedio de la materia orgánica de porcinos en el carretón.

Tabla 19. *Volumen promedio de materia orgánica de porcinos en el carretón (m³)*

Volumen promedio de materia orgánica de porcinos en el carretón (m³)			
Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
2,45	2,74	2,64	2,61

En la tabla 20 se indica la cantidad de desechos sólidos producidos por la cantidad de cerdos que se manejan en promedio en todas las instalaciones.

Tabla 20. *Cantidad de excremento sólido de cerdos producida al mes (kg)*

Cantidad de excremento sólido de cerdos producida al mes			
Número de animales	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	kg de excremento
92	2,61	1080	2818,80

La aplicación de la ecuación 5.1 se realiza a través de la información de la tabla 17.

Índice de generación de material orgánico sólido:

$$IG = \frac{2810,77 \text{ kg}}{92 \text{ animales}} \times 12 \text{ meses}$$

$$IG = 367,66 \text{ kg/animal al año}$$

El material sólido (excremento, tamo y restos de alimento) es recogido diariamente y acumulado en un área específica, para ser transportado mensualmente en un carretón a lombricultura para la producción de abono.

Según Pacheco, el estiércol de cerdo es un material que favorece el crecimiento de la lombriz, previo a su aplicación en los lechos debe ser compostado por 15 a 30 días, para que sea de fácil asimilación para la misma.

En la tabla 21 se presentan los valores obtenidos de las mediciones de caudal de la manguera que se utiliza en la limpieza de las instalaciones de porcinos.

Tabla 21. *Caudal de la manguera de limpieza (l/s)*

Caudal de la manguera de limpieza en porcinos (l/s)				
Repetición	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio total
1	0,85	0,87	0,77	
2	0,90	0,74	0,74	
3	0,74	0,70	0,89	
Promedio	0,83	0,77	0,80	0,80

Se midió el caudal de la manguera y el tiempo de limpieza, para utilizar estos datos en el cálculo de volumen diario de descarga en porcinos, los resultados se pueden observar en la tabla 22.

Tabla 22. *Volumen diario de descargas en porcinos (m³)*

Volumen diario de descargas (m³)			
Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
1,32	1,25	1,21	1,26

La tabla 23 presenta el índice de generación de materia orgánica en descargas de porcinos.

Tabla 23. *Índice anual de generación de materia orgánica en descargas de porcinos (kg/animal al año)*

Índice anual de generación de materia orgánica en descargas de porcinos (kg/animal al año)				
Área	Número de animales	Concentración de materia orgánica (%)	Volumen diario (m³)	Índice (kg/animal al año)
Porcinos	92	39,10	1,26	817,37

Índice de generación en porcinos (Ecuación 5.1)

En la tabla 24 se expresa la cantidad de materia orgánica en la descarga de porcinos

Tabla 24. *Cantidad de materia orgánica en la descarga de porcinos (kg)*

Cantidad de materia orgánica en la descarga de porcinos			
Número de animales	Volumen (m³)	Densidad (kg/m³)	kg de materia orgánica
18	1,26	1060	1335,60

Cantidad de materia orgánica en la descarga

$$1335,60 \text{ kg} \left| \begin{array}{l} 39,10\% \\ \hline 100\% \end{array} \right. = 522,21 \text{ kg de materia orgánica}$$

$$IG = \frac{522,515 \text{ kg}}{92 \text{ animales}} \times 144 \text{ días}$$

$$IG = 817,37 \text{ kg/animal al año}$$

Considerando la frecuencia de lavado de las instalaciones de porcinos (144 días al año), se obtiene un volumen total de descarga de 192,93 m³, a través de este valor se realizó el dimensionamiento del biodigestor.

La materia orgánica se encuentra presente en la descarga y puede ser aprovechada en un biodigestor para la obtención de biol y biogás. De acuerdo a la cantidad de desecho generada por año (192,93 m³), se calculó una capacidad mensual para el diseño de un biodigestor de 30 m³, proyectando un crecimiento del 50% de la producción.

Con la cantidad y características de la descarga actual se estimó la producción de 1,2 m³/hora de biogás y 75 l/día de biol.

En el mercado se encuentran aceleradores de degradación de la materia orgánica que pueden mejorar la calidad del biol producido, un ejemplo de estos es un producto llamado INDIGO. Se realizó una simulación del producto en un ambiente cerrado y el parámetro para determinar la degradación del material orgánico es el carbono orgánico (factor importante en la fertilización). Como se observa en la tabla 18, se analizaron 3 muestras: el testigo, tratamiento con la aplicación de 1 cm³/20 litros de agua y otro tratamiento donde se aplicó 2 cm³/20 litros de agua sus resultados se expresan en la tabla 25.

Tabla 25. Resultados del uso de INDIGO en porcinos

Resultados del uso de INDIGO en porcinos				
Parámetro	Unidades	Testigo	1 cm³/20 litros	2 cm³/20 litros
pH		6,81	6,94	7,04
Coliformes totales	NMP/100 ml	43 x 10 ¹²	43 x 10 ⁹	46 x 10 ¹²
Coliformes fecales	NMP/100 ml	20000	15000	43000
Carbono orgánico	(%)	29,2	31,3	40

Fuente: Análisis de laboratorio CICAM

Según Ocaña el pH en los procesos de fermentación debe mantenerse en un valor no menor a 6,2, para no interferir con la digestión anaerobia que realizan las bacterias metanogénicas. Durante los 21 días se mantuvo tanto en el testigo como en los tratamientos (1 cm³/20 litros y 2 cm³/20 litros) un pH mayor al valor mínimo indicado,

lo que permite observar que existe tolerancia de los microorganismos del producto a variaciones mínimas de pH, y no se afecta el proceso de degradación de la materia orgánica.

En la muestra de la descarga previo al tratamiento con el producto INDIGO se encuentran presentes coliformes fecales (NMP/100 ml) 23×10^{12} y coliformes totales (NMP/100 ml) 93×10^{12} , y en las muestras de la descarga que han sido sometidas a un ambiente cerrado hubo una reducción de coliformes tanto fecales como totales, debido a los procesos de biodigestión.

El 85% de los coliformes contenidos en el agua de desecho de las explotaciones pecuarias no resiste el proceso de biodigestión. (ECOVIDA, 2008)

La digestión anaerobia (biodigestor) remueve la mayor cantidad de coliformes fecales, es por esto que el biol resultante no excede el contenido de coliformes (1000 NMP/100 ml) que exige el TULSMA.

Con los resultados obtenidos se demuestra que el efecto del producto (INDIGO) es específico para la transformación de la materia orgánica en carbono orgánico.

El porcentaje de carbono orgánico determina la cantidad de carbono asimilable por las plantas y microorganismos, el contenido de este tipo de carbono en el biol contribuye en el desarrollo de la planta y la liberación de hormonas.

Según los resultados presentados en la tabla 25 el uso de los bioaceleradores de degradación de la materia orgánica, en un período de 21 días permitió la disponibilidad de 40% de carbono orgánico con la dosis más alta recomendada por la casa comercial.

d) Ovinos

El área de ovinos cuenta con 212 animales y un corral, durante el día los animales se encuentran al pastoreo y en la noche se utiliza el corral de encierro para que las ovejas y sus crías pasen la noche.

En la tabla 26 se presenta la cantidad promedio de materia orgánica que se recoge del corral es de 99,41 kg a la semana, para determinar este valor se realizaron 3

repeticiones semanales de la medición. El material recolectado se deposita en una compostera, donde permanece degradándose por un periodo de 9 meses y se aplica en los potreros a manera de único fertilizante.

Tabla 26. *Cantidad promedio de materia orgánica mensual de ovinos (kg)*

Cantidad promedio de materia orgánica semanal de ovinos (kg)			
Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
98,93	99,75	99,54	99,41

La aplicación de la ecuación 5.1 se realiza a través de la información de la tabla 22.

Índice de generación de material orgánico sólido:

$$IG = \frac{99,41}{212 \text{ animales}} \times 52 \text{ semanas}$$

$$IG = 24,38 \text{ kg/animal al año}$$

El índice de materia orgánica generado es de 24,38 kg/animal al año.

En la tabla 27 se presentan los resultados del ensayo realizado con el producto INDIGO en el proceso de compostaje.

Tabla 27. Resultado de INDIGO en ovinos

Parámetro	Testigo	100cm ³ /18 litros	150cm ³ /18 litros	TULSMA	
				Cumple	2
Conductividad (mmhos/cm)	9,16 x 10 ⁻⁶	9,75 x 10 ⁻⁶	10,72 x 10 ⁻⁶	Cumple	2
Carbono Orgánico Total (%)	20,80	28,60	23,80	No aplica	-

La conductividad eléctrica del testigo y los 2 tratamientos se encuentra por debajo del límite máximo permisible establecido por la legislación ambiental (TULSMA). Este parámetro fue analizado para determinar si el abono orgánico al ser aplicado en el suelo podría afectar la disponibilidad de nutrientes.

El carbono orgánico no es un parámetro normado por la legislación ambiental pero es un factor importante para determinar la cantidad de carbono que con el compost se aporta al suelo y es aprovechable por las plantas. La aplicación del bioacelerador de la degradación de la materia orgánica favoreció a incrementar la cantidad de carbono orgánico de 20,80 % a 28,60% y la dosis efectiva es de 100 cm³/18 litros.

Con los resultados expresados en la tabla 27 se realiza una comparación con la tabla 28 que describe el tipo de riesgo productivo de acuerdo a diferentes rangos de conductividad eléctrica.

Tabla 28. Tabla de conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica		
CE μ S/cm	CE mmhos/cm	Riesgo
0-250	0 - 2,5x10 ⁻⁴	Bajo
250-750	2,5x10 ⁻⁴ – 7,5x10 ⁻⁴	Medio
750-2250	7,5x10 ⁻⁴ – 2,25x10 ⁻³	Alto
más de 2250	más de 2,25x10 ⁻³	Muy alto

Fuente: Cuenca, 1986

La conductividad fue un parámetro analizado debido a la aplicación del compost directamente al suelo. Desde el punto de vista productivo, los valores de conductividad en las 3 muestras constituyen un riesgo bajo, y no afectan la disponibilidad de nutrientes que existen en el suelo.

e) Acuicultura

Las instalaciones de truchas se adaptaron para la crianza de alevines, juveniles, reproductoras y engorde. Confluyen en una salida común de agua que se direcciona directamente al río.

En la tabla 29 se observa la cantidad de animales presentes en la producción de truchas en las diferentes etapas.

Tabla 29. *Número de animales presentes en acuicultura*

Número de animales en acuicultura	
Alevines	6746
Juveniles	491
Engorde	559
Reproductores	206

Es importante mantener las condiciones físico-químico del agua, y considerar el efecto de factores que pueden convertirse en un problema ambiental.

En la tabla 30 y 31 se presentan los datos obtenidos de caudal, ph y temperatura, e incluye el valor promedio obtenido.

Tabla 30. Caudal de salida en acuicultura l/s

Caudal de salida en acuicultura l/s				
Repetición	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio total
1	8,45	7,83	8,25	
2	7,65	6	7,23	
3	7,33	6,87	7,72	
Promedio	7,81	6,9	7,73	7,48

Tabla 31. Condiciones de pH y temperatura del agua de salida de acuicultura

Condiciones de pH y temperatura del agua de salida de acuicultura				
Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
pH	8,34	8,22	8,2	8,25
Temperatura	14,25	14,87	15,43	14,85

En la tabla 32 se presentan las condiciones promedio del agua de acuicultura y son comparadas con la norma TULSMA.

Tabla 32. Condiciones promedio de agua en acuicultura.

Parámetros	Entrada de agua	Salida de agua	TULSMA (Agua de descarga a un cuerpo dulce)	
pH	8,05	8,25	Cumple	5-9
Temperatura (°C)	12,15	14,85	Cumple	< 35
Caudal (l/s)	16,5	7,48	No aplica	-
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/l	-	1,0	Cumple	15
Nitrito mg/l	< 0,1	< 0,1	Cumple	10
Nitrato mg/l	0,6	1,0		
Fosfato mg/l	-	< 0,1	No aplica	-
DQO mg/l	22	< 5,0	Cumple	250
DBO₅ mg/l	< 2,0	< 3,0	Cumple	100
Coliformes totales NMP/100 ml	2 400	2 400	No cumple	*Remoción > al 99.9%

*Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Fuente: Análisis de laboratorio Gruntec

Existen parámetros productivos que no se establecen en el TULSMA, porque no constituyen un peligro ambiental, y se han dado a conocer en la tabla 24 para realizar una comparación en las variaciones que puedan presentarse.

La temperatura aumenta en 0,2 grados desde la entrada de agua hacia la salida y el caudal disminuye de 16,5 a 7,48 l/s, estos efectos se producen debido a la disminución de circulación del agua; para el caso de la temperatura, el agua contenida por mayor tiempo en los estanques causa su aumento y el caudal disminuye porque pasa a través de las piscinas y recambio de agua no es inmediato. Al comparar este parámetro con la norma se observó que se cumple con la legislación ambiental.

El nitrógeno, nitratos y nitritos se consideran peligrosos para la salud ya que disminuyen la capacidad de oxigenación, por esta razón es importante realizar monitoreos continuos para mantener los niveles de nitrógeno, nitratos y nitritos por debajo de lo recomendado por la norma, de la forma que se encuentran actualmente.

Se analizaron los fosfatos por ser causantes de la eutrofización en el agua, si se considera que un gramo de fosfato-fósforo provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas. El resultado obtenido de la salida de agua y expresado en la tabla 24 está muy por debajo del valor antes indicado. (Gobierno de Navarra)

El DBO₅ fue analizado para el tiempo total de la descarga y comparar con los valores del TULSMA:

Conversión de unidad de DBO₅, de mg/l a kg/l

$$\frac{3 \text{ mg}}{1} \left| \frac{1 \text{ kg}}{1 \times 10^6 \text{ mg}} \right. = 3 \times 10^{-6} \text{ kg/l}$$

Conversión de caudal, de l/s a h/día

$$\frac{7,481}{\text{s}} \left| \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right| \left| \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \right| = 646\,272 \text{ l/día}$$

Índice de generación de DBO₅ al día

$$3 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 646\,272 \frac{\text{l}}{\text{día}} = \mathbf{1,94 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{ DBO}_5}$$

Siendo el DBO₅ la cantidad de oxígeno necesario para la degradación de materia orgánica es importante determinarlo como parámetro que afecta al recurso hídrico, mientras mayor su valor la descarga presenta mayor cantidad de materia orgánica. Para el caso de acuicultura se encuentra por debajo del límite máximo permisible de la legislación ambiental TULSMA.

De acuerdo a los parámetros que se indican regulados por el TULSMA, ninguno excede los límites máximos permisibles, es decir, la producción de truchas cumple con la legislación ambiental, a excepción de la cantidad de coliformes, que no se generan por consecuencia de la producción de truchas sino que se arrastra desde la entrada de agua.

f) Especies menores

En la producción de especies menores existe un galpón con 344 cuyes y una instalación donde se encuentran jaulas para 6 conejos.

Se realizaron 3 mediciones del volumen ocupado por la materia orgánica de desecho en el carretón, los resultados son descritos en la tabla 33.

Tabla 33. *Volumen promedio de materia orgánica de especies menores en el carretón (m³)*

Volumen promedio de materia orgánica de porcinos en el carretón (m³)			
Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
1,15	1,28	1,38	1,27

En la tabla 34 se indica la cantidad de desechos sólidos producidos por la cantidad de cerdos que se manejan en promedio en todas las instalaciones.

Tabla 34. *Cantidad de excremento sólido de animales producida al mes (kg)*

Cantidad de excremento sólido de animales producida al mes			
Número de animales	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	kg de excremento
350	1,27	840	1066,80

Índice de generación de material orgánico (Ecuación 5.1):

$$IG = \frac{1067,08 \text{ kg}}{350 \text{ animales}} \times 12 \text{ meses}$$

$$IG = 36,58 \text{ kg/animal al año}$$

En el proyecto de especies menores, el índice de generación de materia orgánica es 36,58 kg/animal al año. Este valor se encuentra dentro del rango de generación de 36-40 kg/animal al año. (Moreno, Morales, & Morales, 2005)

El estiércol de cuy contribuye a la elaboración de humus con un contenido de 1,7% de nitrógeno (N), 1,5% de fósforo (P₂O₅) y 4% de potasio (K₂O) (Farfán, *et al.*, s/f)

No es recomendable aplicar estiércol fresco directamente al suelo de cultivo, debido a que podría contener malezas y/o patógenos y además se corre el peligro de quemar las semillas o plantas (Fuentes, *et al.*, 2009), por esta razón los residuos orgánicos son enviados a lombricultura después de un mes de ser almacenados.

g) Granja integral

Se realizó una entrevista con la persona encargada de la granja integral, y se observó que todos los desechos orgánicos generados por los animales son incorporados en el suelo como abono para las parcelas de cultivos existentes.

Al ser una granja demostrativa la producción que se realiza no es intensiva y se busca dar un manejo orgánico. De esta manera todo desecho es reutilizado y se evita la aplicación de agroquímicos.

En un área de 35 000 m² se cuenta con:

- 17 vacas
- 7 ovejas
- 4 cerdos
- 30 cuyes
- 40 conejos
- 15 gallinas ponedoras
- 6 pollos de engorde
- 7 patos
- Corrales para cerdos, vacas y ovejas
- Galpón para cuyes y conejos
- Estructura para gallinas ponedoras y pollos
- Estanque para patos

También se siembran cultivos de temporada, como: zanahoria, col, coliflor y se mantienen potreros para alimentar al ganado. De esta forma, todo el estiércol generado por los animales es compostado e incorporado tanto a lo potreros como a los cultivos.

Los índices calculados en todas las producciones pecuarias son aplicados para el manejo de los animales en la granja integral.

h) Lombricultura

La instalación de la Hacienda El Prado que procesa materia orgánica para ser transformada en humus es lombricultura. Como parte de la producción del abono orgánico se han encontrado lixiviados, que son recolectados en una purinera, donde el volumen de purín ocupado anualmente es de 1,73 m³ para la producción en promedio de 5600 kg de humus. El purín es utilizado en la fertilización de potreros y cultivos y su índice de generación es de 0,31 litros de purín/kg de humus.

$$1,73 \text{ m}^3 \left| \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 1730 \text{ l} \right.$$

Índice de generación de purín (Ecuación 5.2)

$$IG = \frac{1730 \text{ l}}{5600 \text{ kg}}$$

$$IG = 0,31 \text{ l purín/kg humus al año}$$

3.1.2 Área de procesamiento de alimentos

En esta área que comprende procesamiento de cárnicos, lácteos y vegetales, los desechos comunes generados se incluyen en la recolección general del IASA_ I, ya que son acumulados y depositados en los contenedores ubicados en las áreas académica y administrativa de la Carrera.

La tabla 35 describe la cantidad de desechos sólidos generados en procesamiento de alimentos.

Tabla 35. *Cantidad anual de desechos sólidos generados en procesamiento de alimentos (kg)*

Cantidad de desechos orgánicos sólidos generados en procesamiento de alimentos (kg al año)		
Cárnicos	Lácteos	Procesamiento de vegetales
576	10400	156

Índice de generación de materia orgánica (Ecuación 5.3): Para la aplicación de esta ecuación, es necesario conocer la población del IASA, que es de 560 personas, este valor fue especificado en el primer proyecto de nuestra autoría.

$$IG = \frac{11132 \text{ kg}}{560 \text{ personas}}$$

$$IG = 19,87 \text{ kg/persona al año}$$

El índice de desechos orgánicos generados en el área de procesamiento de alimentos es de 19,87 kg/persona al año, a continuación se desglosa la cantidad de dicho material que aportan las diferentes actividades que se encuentran en esta área.

Los residuos comunes, plástico – vidrio y papel – cartón generados en esta área fueron incluidos en el sistema de recolección y separación de desechos implementado en el primer proyecto de nuestra autoría.

El caudal promedio de la manguera para la limpieza de todas las instalaciones se presenta en la tabla 36.

Tabla 36. *Caudal promedio de la manguera para limpieza en procesamiento de alimentos (l/s)*

Caudal promedio de la manguera para limpieza en procesamiento de alimentos (l/s)			
Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
0,42	0,46	0,47	0,45

El valor de 0,45 l/s se utilizará para la determinación del volumen de la descarga en todas las instalaciones y conocer la cantidad de agua que se genera en el área de procesamiento de alimentos y se incluye en el sistema de alcantarillado.

a) *Cárnicos*

Al mes se despostan entre 10 a 12 animales, incluyendo cerdos, ovejas y bovinos, en promedio el 15% del peso de un animal se pierde en esta actividad y se considera que aproximadamente 576 kg/año son desechados (índice de generación de 1,03 kg/persona al año), constituyéndose como principales residuos la sangre y fluidos, que se dirigen directamente al sistema de alcantarillado. Para calcular el volumen de la descarga se utilizan los valores de caudal (0,45 l/s) y número de horas anuales empleadas para la limpieza de esta instalación (572 horas), dando como resultado 935177,39 litros cada año, que conjuntamente se envía con 26 kg de detergente.

b) Lácteos

En la elaboración de productos lácteos el principal residuo que se obtiene es el suero de leche (10400 litros al año), el mismo que es recogido y enviado hacia la producción de porcinos para ser usado en la alimentación de estos animales.

El índice de generación de material orgánico es 18,57 kg/persona al año.

La producción está sujeta a la cantidad de pedidos que se realicen para ser comercializados. Aproximadamente, al año se producen:

- 2400 unidades de queso fresco de 500 g
- 1440 unidades de queso *mozzarella* de 500 g
- 520 litros de yogurt
- 520 litros de canario

Cabe aclarar que no existe otro producto de desecho adicional al suero de leche, únicamente los restos de materia prima que son enviados a la descarga de salida junto con el agua de limpieza y el detergente usado para ello.

El volumen de la descarga se obtuvo con el valor del caudal (0,45 l/s) y el número de horas anuales que se emplean en la limpieza de lácteos (481 horas). El volumen calculado al año es de 779314,49 litros, que conjuntamente se envía con 26 kg de detergente.

c) Procesamiento de vegetales

En la elaboración de productos procesados de vegetales como mermeladas, frutas deshidratadas, etc; se generan en su mayoría residuos orgánicos de cáscaras y semillas (156 kg al año) que son enviados hacia lombricultura, su índice de generación anual es de 0,27 kg/persona. Para el proceso de limpieza se emplean 156 horas al año, utilizando únicamente agua sin detergente, con un caudal de 0,45 l/s, resultando en un volumen de descarga de 252720 litros al año.

3.2 Desechos tóxicos y peligrosos

En todas las producciones pecuarias se generan desechos considerados como tóxicos y/o peligrosos, principalmente por el manejo de sanidad animal, donde se utilizan diferentes productos, tanto para tratamiento como para prevención.

El resumen de los índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos de la institución se presenta en la tabla 37.

Tabla 37. *Resumen de índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos al año*

Resumen de índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos al año		
Área de generación	Unidad	Valor
Ganadería	kg/animal	0,170
Laboratorio de sanidad animal	kg/animal	0,040
Porcinos	kg/animal	0,110
Avicultura	kg/animal	0,001
Ovinos	kg/animal	0,014
Especies menores	kg/animal	0,003
Policlínico	kg/persona	0,130
Tecnológico	kg/hm	0,080
Tractores-aceite	l/hm	0,005
Pilas	kg pilas/persona	0,001

Según las encuestas realizadas en las áreas pecuarias, se han acumulado desechos tóxicos y/o peligrosos por diferentes períodos de tiempo que son referidos en las tablas 38 y 39. Dicha información ha sido utilizada para el cálculo de los índices de generación.

Tabla 38. *Desechos tóxicos y/o peligrosos de las actividades pecuarias*

Desechos tóxicos y/o peligroso de las actividades pecuarias					
Área	Tiempo acumulado	kg acumulados	Agujas Kg	Envases kg	Anual kg
Ganadería	5 meses	5,67	1,59	4,08	13,61
Laboratorio Sanidad Animal	6 años	33,56	33,56	-	5,59
Porcinos	6 meses	4,99	1,81	3,17	9,98
*Avicultura	1 año	-	-	3	3
Ovinos	6 meses	-	0,50	1	3

*En el año 2012 se manejó un solo ciclo de producción en engorde, si en el futuro se realizan más ciclos el valor se incrementará.

Tabla 39. *Resumen de cantidad de desechos tóxicos y/o peligrosos y número de animales del área pecuaria al año*

Resumen cantidad de desecho desechos tóxicos y/o peligrosos y número de animales al año		
Área de generación	Número de animales	kg generados al año
Ganadería	80	13,61
Laboratorio de sanidad animal	80	5,59
Porcinos	92	9,98
Avicultura	2350	3
Ovinos	212	3
Especies menores	350	1

En la tabla 38 y 39 no se mencionan las instalaciones de granjas integrales, porque todos los materiales denominados como tóxicos y/o peligrosos que se usan para su programa de sanidad están incluidos en las demás producciones pecuarias por contar

con mínimas cantidades de animales al ser una granja demostrativa. La producción de humus (lombricultura) no requiere el uso de ningún material tóxico y/o peligroso.

La cantidad que se genera de desechos tóxicos y/o peligrosos en todas las producciones pecuarias es de 36,18 kg al año, cantidad que debe ser enviada a un gestor ambiental para su tratamiento (Incinerox o Fundación Natura).

Índice de generación de desechos tóxicos y peligrosos: Mediante la ecuación 5.4 se calcularon todos los índices de generación del área pecuaria; para esto se utilizaron los valores de la tabla 35, tomando en cuenta el número de animales indicados en cada una de las producciones.

A continuación se realiza un ejemplo del cálculo del índice de generación de ganadería, de la misma manera se calcularon los demás índices, únicamente se utilizaron los valores para cada producción especificados en la tabla 39.

$$IG = \frac{13,61 \text{ kg}}{80 \text{ animales}}$$

$$IG = 19,87 \text{ kg/animal al año}$$

En la tabla 40 se presentan los índices de generación anual de desechos tóxicos y/o peligrosos del área pecuaria.

Tabla 40. *Índices anuales de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos del área pecuaria*

Índices anuales de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos del área pecuaria al año		
Área de generación	Unidad	Valor
Ganadería	kg/animal	0,170
Laboratorio de sanidad animal	kg/animal	0,040
Porcinos	kg/animal	0,110
Avicultura	kg/animal	0,001
Ovinos	kg/animal	0,014
Especies menores	kg/animal	0,003

El área de acuacultura realiza sus actividades conjuntamente con el laboratorio que tiene a su cargo, y sus desechos tóxicos y/o peligrosos se incluyeron con anterioridad en el proyecto I de nuestra autoría.

La tabla 41 presenta un resumen de índices de generación de los desechos tóxicos y/o peligrosos.

Tabla 41. *Resumen de índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos al año*

Resumen de índices de generación de desechos tóxicos y/o peligrosos al año		
Área de generación	Unidad de medida	Cantidad de desecho
Policlínico	138 personas (personal de planta del IASA)	18 kg
Maquinaria	3000 hm	15,14 litros
Tecnológico	2080 hm	166,40 kg
Pilas	560 personas	1,05 kg

Índice de generación de desechos tóxicos y peligrosos:

- Para el policlínico utilizando la ecuación 5.5

$$IG = \frac{18 \text{ kg}}{138 \text{ personas}}$$

$$IG = 0,130 \text{ kg/personas al año}$$

- Para el material tecnológico la ecuación 5.6

$$IG = \frac{166,40 \text{ kg}}{2080 \text{ hm}}$$

$$IG = 0,08 \text{ kg/hm al año}$$

- Para la maquinaria la ecuación 5.7

$$IG = \frac{15,14 \text{ kg}}{3000 \text{ hm}}$$

$$IG = 0,005 \text{ kg/hm al año}$$

- Para pilas se utilizó la ecuación 5.8

$$IG = \frac{1,05 \text{ kg}}{560 \text{ personas}}$$

$$IG = 0,001 \text{ kg/persona al año}$$

El policlínico es un área de continua generación de desechos con fluidos corporales, durante el tiempo de medición se realizó una campaña de vacunación de gripe, y la cantidad de residuos que se obtuvo fue de 4 kg. Este tipo de campañas dependen principalmente de los recursos económicos de la institución, por lo que se puede considerar que al año se podrían manejar un máximo de 3 actividades masivas de salud laboral como vacunación o exámenes médicos, que generen desechos tóxicos y/o peligrosos. Anualmente se producirían 12 kg por concepto de campañas médicas y adicional se obtiene en el año un promedio 6 kg de este material (0,5 kg mensuales de este desecho) por las consultas realizadas por la doctora en la Hacienda el Prado. El índice de generación para esta área es de 0,13 kg/persona al año.

Es importante considerar el tipo de desechos tóxicos y/o peligrosos, para destinarlos a un gestor ambiental. El área pecuaria y el policlínico generan en total 53,17 kg de estos desechos; los que contienen fluidos corporales como sangre, y deben ser enviados a Fundación Natura (32,05 kg al año), mientras que los envases vacíos y productos caducados son tratados a través de la Incinerox (21,12 kg al año).

Se realizó la medición de aceite quemado, residuo de la utilización de los tractores dentro de la institución, y de un tractor se obtuvo 15,14 litros/3000 horas de trabajo que son acumuladas en aproximadamente un mes, es así que el índice de generación es 0,005 litros/hm.

Dentro de la Hacienda El Prado se encuentran operando 5 tractores, que deben realizar su cambio de aceite mensualmente y acumulan un promedio de 75,71 litros de aceite quemado a las 3000 horas de trabajo, los mismos que son almacenados en un tanque metálico para ser utilizados en el mantenimiento de los postes de madera que cercan diferentes áreas de la institución.

Al realizar encuestas se determinó que la generación de pilas dentro de la institución no es significativa, ya que para los equipos de la institución se utilizan 30 pilas al año, cuyo peso total es 1,05 kg y el índice es de 0,001 kg pilas/persona al año.

Adicional a esto se establecieron 3 puntos de recolección de pilas durante un período de 2 meses de monitoreo. El índice fue calculado en base a la cantidad de generación que fue la misma que la depositada en los recolectores (3 pilas).

Se considera que todos los desechos deben incluirse dentro de un programa de tratamiento, inclusive las pilas que cuentan con pocas unidades pueden ser enviadas sin costo alguno a intermediarios para posteriormente recibir un tratamiento adecuado (Radio Shack).

En el área de computación se han dado de baja 20 computadoras y 4 impresoras que fueron almacenadas desde el año 1994. No existe manejo para desechos tecnológicos, solo se destina un espacio que sirve de bodega para acumular computadoras.

Las horas de uso de los computadores (2080 horas/computadora) son el factor determinante para considerar que un equipo sea dado de baja en el inventario.

El índice de generación para los residuos tecnológicos es 0,08 kg/hm.

Existen empresas que realizan reciclaje de residuos tecnológicos, siendo esta una alternativa de destino para los equipos que han terminado su tiempo de uso.

En la tabla 42 se resumen los gestores ambientales sugeridos para el tratamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos.

Tabla 42. *Resumen de gestores ambientales*

Resumen de gestores ambientales			
Gestor ambiental	Tipo de desecho	Contacto	Teléfono/Correo electrónico
Fundación Natura	Residuos de peligro biológico	Nancy Moscoso	22274863
Incinerox	Material de laboratorio, envases vacíos y caducados	Liliana Granda	22481865
Bermonde	Productos tecnológicos	Johanna Rosales	2485421 / 3260321
Radio Shack Sangolquí	Pilas	-	2331591 msangolqui@radioshackecuador.com.ec

3.3 Agua

Se determinaron 2 puntos específicos para la toma de muestras, el primero fue en el tanque de distribución de agua, y el otro en la descarga final. El tanque de distribución (agua para consumo humano) está ubicado frente a ganadería donde a través de una vertiente natural se capta agua para seguir un proceso de sedimentación, cloración y finalmente se deposita en un tanque de distribución de donde se envía el agua hacia todas las producciones pecuarias, área administrativa, académica, laboratorios, bar, villas, dormitorios y policlínico.

El punto de descarga final (agua residual) se ubica en la salida del agua que proviene de un sistema de alcantarillado interno y es enviado hacia el río Pincolloto; esta descarga contiene el agua de desecho de los sanitarios, desagües de procesamiento de alimentos, ganadería, bar, laboratorios, policlínico y dormitorios.

En la tabla 43 se presentan los resultados de análisis del tanque de distribución de agua.

Tabla 43. Resultados de análisis del tanque de distribución de agua

Análisis del tanque de distribución de agua			
Parámetros	Tanque de distribución	Norma INEN 1108:2006	
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	199	No aplica	--
Nitrito mg/l	3,2	No cumple	0
Nitrato mg/l	<0,1	Cumple	10
DBO₅ mg/l	<2	No aplica	--
Coliformes totales NMP/100 ml	>23	No cumple	<2
Coliformes fecales NMP/100 ml	5,1	No cumple	<2
Organoclorados totales	<0,01	No aplica	--
Organofosforados totales	<0,1	No aplica	--
Carbamatos totales	<0,1	No aplica	--

Agua de consumo humano.- En la Hacienda El Prado no se cuenta con agua potable, se utiliza el agua captada de una vertiente natural únicamente sometida a desinfección con cloro, y una limpieza mensual que no se realiza regularmente, es por esto que no cumple con varios parámetros establecidos por la norma INEN 1108 para agua de consumo humano, tales como nitritos, coliformes totales y coliformes fecales.

Es importante mencionar que la presencia y cuantificación de metales fueron analizadas en el primer proyecto de nuestra autoría, en el suelo que es regado por el sistema de distribución del agua de consumo y los resultados se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles.

Se requiere un proceso de desinfección para la eliminación de coliformes, utilizando cloro en dosis de 0,5 litros de hipoclorito de sodio por metro cúbico de agua. De acuerdo a los resultados de nitritos, debe realizarse un proceso de oxigenación para transformarlos en nitratos, donde la cantidad no representaría un riesgo a la salud humana.

Se presentan 2 alternativas de tratamiento para mejorar la calidad del agua de consumo humano y cumplir con la normativa.

1. Sistema automatizado de cloración: constituido por un generador de hipoclorito de sodio y un dosificador automático para el cloro producido. Serán regulados de acuerdo a la cantidad de agua que se consume en la institución.

El sistema generador de cloro funciona en base a electrodos, sal y agua; la producción máxima de hipoclorito de sodio es de 30 litros cada 15 horas y se cotizó en la empresa Ecochlor, que garantiza la generación de hipoclorito de sodio con una concentración de 15000 ppm; la dosis a utilizarse es de 0,5% del volumen de agua para reducir la cantidad de coliformes.

El dosificador automático cotizado en AquaPro S.A., tiene una capacidad de de aproximadamente 113 litros de cloro al día y las cantidades de hipoclorito de sodio serán dispensadas directamente al tanque de distribución.

Se estima que la desinfección se realizará para un volumen de aproximadamente 189000 m³, siendo este el volumen del actual tanque de distribución, donde se harían las adecuaciones correspondientes.

2. A través de un tratamiento de potabilización de agua se puede cumplir con las normas de calidad para obtener agua apta para el consumo humano. (Véase Anexo 10).

Según la empresa ISA (Ingeniería y Servicios Ambientales), una planta de agua potable compacta no requiere procesos complicados de operación y mantenimiento, por contar con procesos automatizados para su funcionamiento, y principalmente permite mejorar la calidad de agua como la existente en la institución, en especial para los parámetros de nitritos, coliformes fecales y coliformes totales, como se presenta en la tabla 44.

Tabla 44. *Calidad de agua a obtenerse con planta de tratamiento*

Calidad de agua a obtenerse con planta de tratamiento		
Parámetros Físicoquímicos	Unidad	Valor a obtenerse Norma INEN 1108
pH	Unidades de pH	Entre 7-8
Turbidez	ppm	<1
Color	Unidades PtCo	<5
Sólidos Totales Disueltos	ppm	Sin variación
Hierro	ppm	<0,1
Manganeso	Unidades de pH	<0,1
Nitritos	ppm	<0,1
Coliformes Totales	Colonias	0

Fuente: ISA, 2012

La planta compacta para potabilización de agua cotizada tiene una capacidad para proveer de agua a 800 personas (población del IASA), con un caudal de 2 l/s.

Agua residual.- El sistema de alcantarillado recolecta el lavado del ordeñador en ganadería, la descarga de las instalaciones de procesamiento de alimentos y de los sanitarios de las villas, aulas, oficinas, dormitorios, bloque de computación y finalmente laboratorios, además del agua de lluvia. Por esta razón en la descarga final el caudal varía de acuerdo a la época del año, es así que en verano el caudal promedio es de 5 l/s (caudales parciales: 4,87 l/s; 5 l/s y 5,23 l/s) y según Aguirre, *et al.*, en invierno aumenta a 11 l/s.

En la tabla 45 se indica el resultado del análisis de agua de la descarga final.

Tabla 45. Análisis de agua de la descarga final

Análisis de agua de la descarga final			
Parámetros	Descarga final	TULSMA (Agua de descarga a un cuerpo dulce)	
Cloruros mg/l	20	Cumple	1000
Nitrito mg/l	< 0,1	No cumple	10
Nitrato mg/l	12		
Nitrógeno total Kjeldahl mg/l	<1	Cumple	15
Fosfato mg/l	< 0,1		
DBO ₅ mg/l	4	Cumple	100
DQO mg/l	10	Cumple	250
Coliformes fecales NMP/100 ml	46000	No cumple	*Remoción > al 99,9 %
Sustancias tensoactivas mg/l	0,03	Cumple	0,5
Organoclorados totales	<0,01	Cumple	0,05
Organofosforados totales	<0,1	Cumple	0,1
Carbamatos totales	<0,1	Cumple	0,25
Metales			
Aluminio mg/l	0,12	Cumple	5
Arsénico mg/l	<0,01	Cumple	0,1
Bario mg/l	0,06	Cumple	2
Boro mg/l	0,05	Cumple	2
Cadmio mg/l	0,0005	Cumple	0,02
Cobalto mg/l	0,0006	Cumple	0,5
Cobre mg/l	0,013	Cumple	1
Estaño mg/l	<0,0005	Cumple	5
Hierro mg/l	0,47	Cumple	10
Manganeso mg/l	0,1	Cumple	2
Mercurio mg/l	<0,0001	Cumple	0,005
Níquel mg/l	0,0013	Cumple	2
Plata mg/l	<0,0001	Cumple	0,1
Plomo mg/l	0,0006	Cumple	0,2
Selenio mg/l	<0,001	Cumple	0,1
Vanadio mg/l	0,006	Cumple	5
Zinc mg/l	0,059	Cumple	5

*Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Se realizó una muestra compuesta en el mismo punto durante un día en 3 diferentes horarios, y se puede observar en la tabla presentada que los nitratos y los coliformes fecales sobrepasan los límites máximos permisibles determinados por la Legislación Ambiental.

Debido a que la descarga final se dirige directamente hacia el río Pinllocoto y no cumple con todos los parámetros para ser una descarga hacia un cuerpo de agua dulce sin afectar sus condiciones físicoquímicas, se considera importante implementar una planta de tratamiento de aguas residuales.

El índice de descarga de DBO₅ al día es de 3,45 kg, su incremento en relación al valor que se presenta en la tabla 31 es debido a la frecuencia que tiene la descarga (continua). Para el cálculo del índice se tomó en cuenta dos caudales diferentes, uno en verano de 5 l/s y según Aguirre, *et al.*, otro en invierno de 11 l/s, es por esto que el DBO₅ se acumula y puede afectar directamente al oxígeno que se encuentra presente dentro del agua dulce.

El tratamiento que se recomienda para la descarga final es un sistema de cloración, que está constituido por un generador de hipoclorito de sodio y un dosificador automático para el hipoclorito de sodio producido, en función del caudal de agua presente en la descarga.

El sistema generador de cloro funciona en base a electrodos, sal y agua; la producción máxima de hipoclorito de sodio es de 30 litros cada 15 horas y fue cotizado en Ecoclor, que garantiza la obtención de cloro de 15000 ppm de concentración; la dosis a utilizarse es de 0,5% del volumen de agua para reducir la cantidad de coliformes.

El equipo dosificador automático tiene una capacidad de aproximadamente 113 litros de cloro al día y fue cotizado en AquaPro S.A, y las cantidades de hipoclorito de sodio son dirigidas directamente al caudal de salida de agua.

3.4 Análisis económico

La propuesta de tratamiento de desechos del presente plan de manejo ambiental corresponde a una simulación económica, donde el análisis de costo beneficio se ha proyectado a un período de 5 años y se ha tabulado en datos anuales. El principal ingreso provendría de la producción de biol.

En este proyecto se contempla una evaluación económica de 5 años, considerando que en el SRI la devaluación de los equipos y construcciones que se encuentran estimadas dentro del proyecto es en promedio dicho valor. Además se tienen en cuenta un horizonte de tiempo después del período de recuperación de la inversión. El análisis realizado fue con las condiciones económicas actuales y se debe analizar constantemente en función de cómo varían las premisas, ya que la economía es dinámica y pueden variar en el futuro.

En la Tabla 46 se detalla un resumen de los ingresos y costos anuales expresados en dólares.

Tabla 46. Resumen de análisis de costo beneficio

RESUMEN DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (\$)		
INGRESOS	Dólares	# de tabla
Humus de lombricultura	1 093,60	Tabla 49
Biol de ganadería	365 000,00	Tabla 50
Gas metano de ganadería	24 650,37	Tabla 50
Ahorro de consumo de gas	316,80	Tabla 50
Biol de porcinos	10 950,00	Tabla 51
Gas metano de porcinos	749,02	Tabla 51
Ahorro en urea en ovinos	70,80	Tabla 52
Ahorro en urea por gallinaza	663,95	Tabla 54
COSTOS	Dólares	# de tabla
Costo de mano de obra en lombricultura	863,88	Tabla 49
Costo de inversión biodigestor ganadería	50 000,00	Tabla 50
Costo de mano de obra en ganadería	6 911,04	Tabla 50
Costo de operación en ganadería	1 502,40	Tabla 50
Costo de inversión biodigestor porcinos	1 500,00	Tabla 51
Costo de mano de obra y operación en porcinos	2 253,60	Tabla 51
Costo de inversión de plataforma con techo para porcinos	500,00	Tabla 51
Costo de mano de obra en ovinos	651,04	Tabla 52
Costo de inversión de plataforma con techo para ovinos	115,00	Tabla 52
Costo de desinfección de agua en acuacultura	1 853,26	Tabla 53
Costo de mano de obra en avicultura	563,40	Tabla 54
Costo de planta potabilizadora de agua	3 906,25	Tabla 56
Costo de tratamiento de aguas residuales	2 908,33	Tabla 56
Costo de tratamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos	114,96	Tabla 55
UTILIDAD ANUAL	329 851,37	

La utilidad anual se obtendría de la resta de los ingresos menos los costos, demostrando que el beneficio económico sería mayor al costo de implementación.

Se calculó la utilidad anual que sería de \$ 329851,37.

Es importante la determinación del valor actual neto que para el presente proyecto es de \$1242435,17, debido a que el valor del dinero es temporal, es decir conseguir un dólar hoy vale más que conseguirlo mañana.

El VAN calcula el valor actual de una serie de flujos de efectivo y los suma para obtener el valor actual neto.

La tabla 47 presenta el cálculo del valor actual neto o valor presente

Tabla 47. *Cálculo del valor presente*

CALCULO DEL VALOR PRESENTE (VALOR ACTUAL NETO)						
PREMISAS						
Incremento de Precios	8% anual					
Incremento de costos	6% anual					
Tasa de Descuento	15%					
PERIODOS	PRIMER AÑO	SEGUNDO AÑO	TERCER AÑO	CUARTO AÑO	QUINTO AÑO	TOTAL
INGRESOS	403 494,54	435 774,10	470 636,03	508 286,91	548 949,87	2 367 141,45
COSTOS *	14 713,58	15 596,40	16 532,18	17 524,11	18 575,56	82 941,83
UTILIDAD*	388 780,96	420 177,70	454 103,85	490 762,80	530 374,31	2 284 199,62
INVERSION INICIAL	-294 647,92					
FLUJOS NETOS DE EFECTIVO	94 133,04	420 177,70	454 103,85	490 762,80	530 374,31	1 989 551,70
VALOR PRESENTE						1 242 435,17

* Sin incluir la amortización de la inversión

Las premisas que se consideraron para realizar el cálculo fueron el incremento de los costos (6% anual), que es el valor correspondiente a la inflación proyectada del país y el incremento proyectado de los precios (8% anual), que es un valor mayor a la inflación concordante con la realidad nacional.

La tasa de descuento o costo de capital, presentada en el proyecto es del 15%, que en el país por la inflación actual es una tasa aceptable de utilidad efectiva. Dicha

tasa es una medida para determinar el valor actual de un pago futuro y que permite tomar decisiones sobre las utilidades (compra de equipos o dividendos a sus accionistas)

Si el valor presente en un proyecto es positivo significa que se generan utilidades y es viable, para este caso se generan \$1242435,17 en un período de 5 años.

Utilizando los datos obtenidos con el VAN se puede afirmar que el período de recuperación de la inversión se cumple en el primer año, en donde los valores se transforman en positivos, como se observa en la tabla 48.

Tabla 48. *Período de recuperación de la inversión*

PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION					
AÑOS	1	2	3	4	5
VAN POR AÑOS	81 854,81	317 714,71	298 580,65	280 595,22	263 689,77
VAN ACUMULADO	81 854,81	399 569,53	698 150,18	978 745,40	1 242 435,17

Para evaluar el proyecto se observa que durante el primer año se presenta la recuperación de la inversión y demostrando la viabilidad del mismo, se recomienda realizar esta evaluación continuamente considerando la dinámica de la economía del país.

La tabla 49 presenta la ganancia anual de la producción de humus.

Tabla 49. *Ganancia anual de producción de humus*

GANANCIA ANUAL DE PRODUCCIÓN DE HUMUS	Costo de inversión total construcción de plataformas en porcinos y especies menores (\$)	880,00
	Costo de inversión anual de construcción de plataformas en porcinos y especies menores (\$)	176,00
	Costo de mano de obra al año (\$)	863,88
	Costo total (\$)	1 039,88
	Cantidad materia orgánica (kg)	51 102,84
	Humus producido (kg)	5 468,00
	Precio por kg de humus (\$)	0,20
	Humus producido (\$)	1 093,60
	Ganancia (\$)	53,72

El estiércol recogido en la producción de especies menores y porcinos deberá ser acumulado en dos estructuras (Porcinos: plataforma de 3m x 3m con techo; Especies menores: plataforma de 2m x 2m con techo) para posteriormente ser enviado a lombricultura como materia prima para la elaboración de humus; es por esto que, se ha incluido el costo de inversión total de la construcción de las plataformas por un valor de \$880, que de acuerdo al tiempo de duración del proyecto, siendo de 5 años, se obtendría una amortización anual de \$176.

Para el cálculo de la producción de humus, fue considerada la materia orgánica proveniente de especies menores y porcinos. Así mismo, la mano de obra se obtuvo considerando las horas de trabajo utilizadas para procesar este material.

Al realizar el cálculo de la ganancia, restando los costos de los ingresos se obtendría \$53,72; que, en 5 años de duración del proyecto la ganancia sería de \$268,60.

En la tabla 50 se detalla la ganancia que se tendría al año por la producción de biol en ganadería.

Tabla 50. *Ganancia anual de biol en ganadería*

GANANCIA ANUAL DE BIOL EN GANADERÍA	Costo de inversión total del biodigestor (\$)	250 000,00
	Costo de inversión anual del biodigestor (\$)	50 000,00
	Costo de mano de obra (\$)	6 911,04
	Costo de operación (\$)	1 502,40
	Costo total (\$)	58 730,24
	Cantidad de biol (l/año)	912 500,00
	Gas metano (kg/año)	234 067,20
	Gas metano producido (\$)	24 650,37
	Ahorro por consumo de gas (\$)	316,80
	Biol producido (\$)	365 000,00
	Ganancia	331 553,73

El costo de inversión total del biodigestor sería de \$250 000 y al tomar en cuenta la duración del proyecto de 5 años, la amortización anual sería de \$50 000.

La mano de obra para la limpieza del excremento generaría un costo de \$6911,04 al año y se diferencia del costo de operación, ya que en este rubro se toman en cuenta exclusivamente las horas empleadas en el mantenimiento y operación del biodigestor (\$1502,40).

El costo de consumo de gas actual en el proyecto de ganadería es de \$316,18 por año, que con la generación del gas metano se constituiría en un ahorro.

La principal ganancia provendría de la producción anual de biol (\$365 000), que sumado al gas metano producido (\$24650,37) y al ahorro de consumo actual de gas (\$316,18); restando todos los costos, se obtendría una ganancia de \$331553,71; y para 5 años sería de \$1'657768,55.

La ganancia anual de biol producido en porcinos se detalla en la tabla 51.

Tabla 51. *Ganancia anual de biol en porcinos*

GANANCIA ANUAL DE BIOL EN PORCINOS	Costo de inversión total del biodigestor (\$)	7 500,00
	Costo de inversiónl anual del biodigestor (\$)	1 500,00
	Costo de mano de obra y operación (\$)	2 253,60
	Costo de inversión de plataforma con techo (\$)	500,00
	Costo total (\$)	4 253,60
	Cantidad de biol (l/año)	27 375,00
	Gas metano (kg/año)	7 022,02
	Gas metano producido (\$)	749,02
	Biol producido (\$)	10 950,00
	Ganancia	7 445,42

La inversión total del biodigestor sería de \$7500, cuya amortización sería de \$1500 anuales, considerando la duración del proyecto.

El biol es el principal producto que generaría réditos en el área de porcinos (\$10950), y al realizar el cálculo de la ganancia, restando los costos de los ingresos que

se pueden obtener con el biol y el gas metano, se tendría como resultado \$7445,42 al año, proyectándolo a 5 años sería de \$37227,10.

En la tabla 52 se observa la pérdida al año de fertilización orgánica en el área de ovinos.

Tabla 52. *Pérdida anual en ovinos*

PÉRDIDA ANUAL EN OVINOS	Costo de inversión total de plataforma con techo (\$)	575,00
	Costo de inversión anual de plataforma con techo (\$)	115
	Costo de mano de obra (\$)	651,04
	Costo total (\$)	766,04
	Materia orgánica (kg)	5 169,23
	Nitrógeno (kg)	77,54
	Cantidad de urea (kg)	168,56
	Ahorro costo de urea (\$)	70,80
	Pérdida	-695,24

La producción de fertilizante orgánico (compost), fuente de nitrógeno que sustituye al fertilizante inorgánico que se aplica en los potreros del área de ovinos, generaría un ahorro de \$70,80 al año, pero el costo anual de mano de obra para la elaboración del compost y la construcción de la plataforma (\$766,04) es mayor que el mencionado ahorro, es por esto que se produciría una pérdida de \$695,24, que en 5 años sería de \$3476,20.

La tabla 53 detalla el costo anual que generaría la desinfección de agua en la producción de truchas.

Tabla 53. *Costo anual de desinfección de agua en acuicultura*

COSTO ANUAL DE DESINFECCIÓN DE AGUA ACUICULTURA	Costo dispensador de cloro (\$)	87,50
	Costo anual de dispensador de cloro y pastillas de cloro	1 765,76
	Costo total (\$)	1 853,26

En el área de producción de truchas es necesario realizar una desinfección del agua previo a la salida hacia un cuerpo dulce para el cumplimiento con la legislación ambiental, por lo que el costo anual sería de \$1853,26 y durante la duración del proyecto (5 años) \$9266,30.

La ganancia que se generaría al año por fertilización orgánica en avicultura se describe en la tabla 54.

Tabla 54. *Ganancia anual de fertilización orgánica en avicultura*

GANANCIA ANUAL DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN AVICULTURA	Costo de mano de obra (\$)	563,40
	Costo total (\$)	563,40
	Materia orgánica (kg)	18 179,64
	Nitrógeno (kg)	727,19
	Cantidad de urea (kg)	1 580,84
	Ahorro costo de urea (\$)	663,95
	Ganancia (\$)	100,55

El ahorro anual que se produciría al aplicar fertilizante orgánico (gallinaza) en los potreros, como sustitución de fertilizante nitrogenado inorgánico sería de \$663,95 y el costo de mano de obra al año para su recolección y aplicación sería de \$563,40, produciendo una ganancia de \$100,55 al año y en 5 años sería de \$502,75.

La tabla 55 detalla el costo de tratamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos que se tendrían para el área pecuaria y laboratorio de computación.

Tabla 55. *Costo anual de tratamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos*

TRATAMIENTO DE DESECHOS TÓXICOS Y/O PELIGROSOS	kg generados en el área pecuaria	36,18
	Costo de tratamiento área pecuaria (\$)	32,94
	kg anuales generados en el policlínico	12,00
	Costo de tratamiento policlínico (\$)	12,00
	Costo de etiquetado (\$)	5,00
	kg de residuos tecnológicos acumulados	184,00
	kg de residuos anual (1994-2012)	10,22
	Costo de tratamiento residuos tecnológicos(\$)	1,02
	Fundas de basura	64,00
	Costo total (\$)	114,96

El costo por tratamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos sería \$50,96 al año que deberán ser pagados a los gestores ambientales (Fundación Natura, Incinerox y Bermonde), este es un costo que se considera parte de la responsabilidad ambiental que debe tener la institución para dar una adecuada disposición a este tipo de materiales.

De la misma manera, garantizar la calidad de agua, tanto para el consumo humano, como agua de descarga a un cuerpo dulce, es una obligación a cumplir por parte de la institución.

En la tabla 56 se presentan costos de inversión y mantenimiento de una planta potabilizadora compacta de agua y de otra planta de aguas residuales.

Tabla 56. *Costos de tratamiento de agua*

Tratamiento de agua	
Entrada	
Dosificador de Cloro (\$)	837,76
Planta de generación de Cloro (\$)	952,00
Generador de energía eléctrica (\$)	475,00
Adecuaciones-Obra civil (\$)	5000,00
Costo de inversión total (\$)	7 264,76
Costo de inversión anual (\$)	1 452,95
Mantenimiento y operación (\$)	2 453,30
Costo anual (\$)	3 906,25
Salida	
Obra civil (\$)	5 000,00
Costos de equipos (\$)	2 264,76
Costo de inversión total (\$)	7 264,76
Costo de inversión anual (\$)	1 452,95
Mantenimiento y operación (\$)	1 455,38
Costo anual (\$)	2 908,33

Dentro del proyecto se incluyó la inversión de la adecuación del tanque de distribución y la compra de equipos para cloración automatizada del agua, en donde la inversión total sería de \$7264,76, cuya amortización anual sería \$1452,95, a lo que se suma el costo de mantenimiento y operación por año de \$2453,30 (mano de obra, materia prima para cloración y mantenimiento de los equipos) y se obtendría como resultado un costo total anual de \$3906,25.

El costo por metro cúbico de tratamiento para agua de consumo sería de \$0,04 durante el período que está considerado el proyecto (5 años). A partir del sexto año se deben calcular únicamente el costo de mantenimiento y operación, y esto reduciría el costo por metro cúbico a \$0,01.

Se realizó un análisis de costo de tratamiento para agua de consumo humano con la planta de tratamiento cotizada en ISA (Ingeniería y Servicios Ambientales, y se determinó que durante los primeros 5 años el costo por metro cúbico de agua tratada es de \$0,68, y después de este período de tiempo, el costo se reduciría \$0,03.

Dentro de esta alternativa de tratamiento, los costos incluidos en la inversión son: planta de tratamiento compacta, tuberías y la obra civil.

Finalmente, se debe realizar tratamiento del agua residual previo a su descarga hacia un cuerpo de agua dulce, es por esto que debería considerarse una inversión de \$7264,76 y una amortización para cada año de \$1452,95, a esto se sumaría el costo de mantenimiento y operación de \$1455,38 (mano de obra, combustible, sal y mantenimiento de los equipos), resultando el costo total anual de \$2908,33.

Para el tratamiento del agua residual se ha calculado un costo por metro cúbico de \$0,0098 para el período de 5 años que está estimado este proyecto. Posterior a este tiempo, el costo de mantenimiento y operación serían los únicos rubros a tomarse en cuenta para el costo del metro cúbico de agua a ser tratada, es así que sería de \$0,0049.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

4.1 Desechos del área pecuaria

La materia orgánica generada en todas las producciones pecuarias debe ser manejada de la siguiente forma:

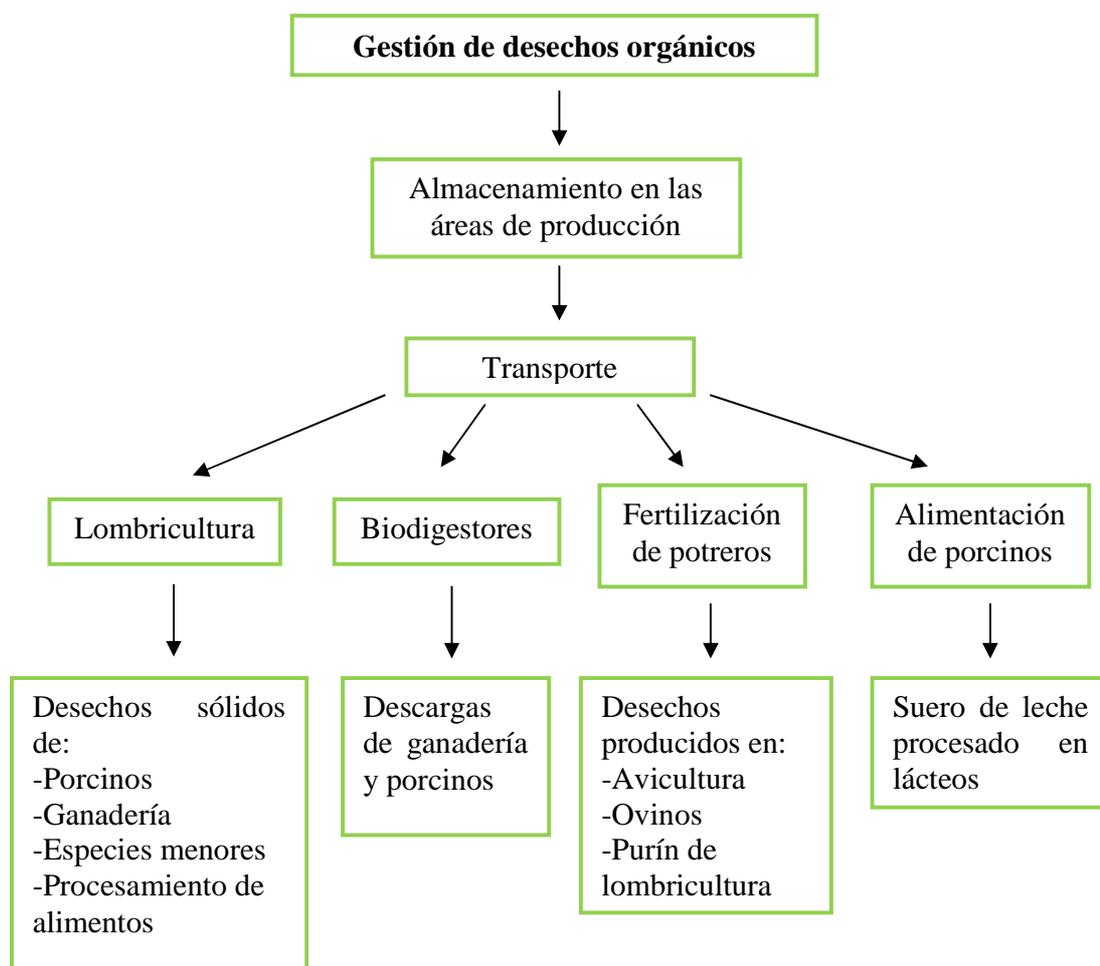


Figura 8. Flujograma de manejo de desechos orgánicos

a) *Avicultura*

El estiércol generado en los galpones de avicultura debe ser acumulado y almacenado por el período de un mes dentro del galpón, para después ser transportado en un carretón y depositado en los potreros a manera de fertilizante orgánico conocido como gallinaza.

El agua resultante de la desinfección y limpieza de los galpones al final de cada ciclo debe ser recolectada y depositada en la red de alcantarillado interno para su tratamiento final.

b) *Ganadería*

Toda la majada y tamo resultantes de la limpieza diaria del área de terneros recién nacidos debe ser recogida y depositada en las camas de lombricultura.

El agua con excremento producto de la limpieza de las instalaciones de terneras, sala de ordeño y sala de espera debe ser canalizada y depositada en su totalidad en el biodigestor para la producción de biogas y biol.

Únicamente el agua con detergente que resulta de la limpieza y mantenimiento del ordeñador deberá direccionarse hacia la tubería del alcantarillado para ser tratada antes de la descarga final.

El resto de excremento que se deposita directamente en los potreros por permanencia del ganado para su alimentación, es reincorporado por la acción propia de los animales y constituye fertilización orgánica para el pasto.

c) *Porcinos*

Los restos de tamo y alimento, junto con el estiércol sólido generado tanto por los reproductores como por los cerdos de engorde deben ser recogidos y colocados en el área de desechos, que constituye una plataforma de cemento de 3m x 3m de superficie, cubierta con techo de eternit. Este material deberá ser almacenado por un período

mínimo de un mes, después de este tiempo el estiércol será transportado hacia lombricultura para la elaboración de humus.

La orina, y resto de material fecal que se lava en la limpieza diaria de las instalaciones se debe direccionar en su totalidad hacia un biodigestor para producción de biol y biogas.

Ningún material sólido ni líquido deberá ser depositado en el río que pasa por los límites de esta producción para evitar la contaminación del agua con restos de excremento.

d) Acuicultura

La producción de truchas en el área de pailones mantendrá el manejo actual, ya que el único parámetro que se debe controlar es la cantidad de coliformes, para esto se deberá colocar en el canal de salida de agua 4 pastillas de cloro cada 2 días para realizar desinfección de 646,27 m³/día de agua y cumplir con la cantidad de coliformes permitidos para descarga en un cuerpo de agua dulce. Las pastillas de cloro a ser colocadas provienen de la casa comercial INMERA y poseen 91% de pureza (dosis: 0,5%).

e) Ovinos

El estiércol acumulado en el establo de ovinos se deberá recolectar y almacenar en el área de compostaje, en una plataforma de 4m x 3m de superficie cubierta con techo de eternit, por al menos 6 meses, después de este tiempo el material será aplicado en los potreros como fertilizante, para sustituir el uso de urea (fertilizante nitrogenado).

El excremento de ovinos que se incorpora directamente en los potreros es consecuencia de la acción propia de los animales, por su permanencia durante la alimentación, constituyéndose en un proceso de fertilización natural para el pasto.

f) *Especies menores*

El excremento producido en los galpones de especies menores deberá ser recogido y acumulado en un área específica, sobre una plataforma de concreto de 2m x 2m de superficie con techo de eternit para proteger al material de la lluvia. Se mantendrá el estiércol durante un mes en esta área, para después ser transportado en el carretón hacia lombricultura.

g) *Granja integral*

En la granja integral se mantendrá el manejo actual, debido a que todo el excremento y restos de cultivos son reincorporados al suelo y no existen descargas enviadas a un cuerpo de agua.

h) *Lombricultura*

Para la elaboración de humus se utilizará el excremento producido en las otras explotaciones pecuarias. En este proceso se generan lixiviados, que deberán ser recolectados por medio de canales de cemento en una purinera existente. Este producto se utilizará para la fertilización de potreros y cultivos.

El uso de bioaceleradores de descomposición de la materia orgánica mejora la disponibilidad de los nutrientes contenidos en los fertilizantes orgánicos (compost, biol y gallinaza). Su aplicación es una alternativa para aumentar la calidad del producto final.

4.2 Desechos tóxicos y/o peligrosos

Los desechos tóxicos y/o peligrosos producidos en el área pecuaria provienen de medicamentos, vacunas y productos desinfectantes.

Dentro del proyecto “Plan de Manejo Ambiental del área académica y agrícola de la Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I”, de nuestra autoría se presenta un protocolo de manejo de los desechos tóxicos y/o peligrosos; para complementar este proceso es importante incluir dichos desechos de las instalaciones del policlínico y pecuarias de la Hacienda el Prado.

Estos materiales serán recolectados y depositados en la bodega de almacenamiento, donde tendrán una permanencia no mayor a un mes, para luego ser enviados hacia los gestores ambientales que escoja la Carrera. La capacidad de dicha bodega será aproximadamente 100 kg de desechos.

Para el almacenamiento de desechos tóxicos y/o peligrosos se debe tener en cuenta sus propiedades fisicoquímicas (véase Anexo 13), propiedades toxicológicas (véase Anexo 14), efectos específicos sobre la salud (véase Anexo 15) y compatibilidad (véase Anexo 17).

Las empresas que se seleccionaron para dar tratamiento a los desechos tóxicos y/o peligrosos fueron:

1. Fundación Natura: Residuos de peligro biológico (muestras de sangre). Se coordinará con Nancy Moscoso el convenio interinstitucional, las entregas, facturación y pagos.

Contacto: Nancy Moscoso Vallejo: Coordinadora Sistema de Manejo y Tratamiento de Desechos Infecciosos del D.M. de Quito. Dirección Elia Liut N 45-10 y Telégrafo Primero. Teléfono (593) 2 2274863 / 3317416 / 3317547, cel. 084470685 y dirección electrónica nmoscoso@fnatura.org.ec

2. Incinerox: Tratará agares, tubos de ensayo, cajas petri, desechos líquidos, material cortopunzante, productos caducados, envases de reactivos, envases de agroquímicos realizados el triple lavado, productos agroquímicos caducados con sus respectivas hojas de seguridad. Para la selección del lugar se consideró 2 aspectos principales, los productos a tratar y la ubicación.

Contacto: Liliana Granda Alvarez: Asistente Técnico Comercial. Dirección Km 13,5 vía Pifo – Sangolquí. Teléfono 2481865 / 2802403 / 2481370 - EXT 105 / 097892792. Dirección electrónica lilianagranda@incinerox.com.ec

Para la separación de los desechos tóxicos y/o peligrosos es importante utilizar fundas rojas, el almacenamiento será en tachos metálicos y cajas que serán depositadas en la bodega destinada para estos materiales. Los desechos deberán ser pesados y entregados con la hoja de recolección de desechos (véase Anexo 18), posteriormente se etiquetarán para su envío. Es importante que la permanencia de los desechos no sea mayor a un período de 30 días, principalmente por la capacidad de almacenamiento de la bodega y el tipo de material a enviarse.

Para el envío hacia Fundación Natura el transporte estará a cargo de esta institución; los envíos a Incinerox serán coordinados internamente en la Carrera de Ciencias Agropecuarias para que uno de los camiones que cumpla con los requisitos para transporte de desechos tóxicos y/o peligrosos (según norma INEN 2266) se dirija a las instalaciones de Incinerox (Planta Pifo) con el material a ser tratado.

El conductor y un auxiliar deberán poseer la capacitación pertinente, sobre la manipulación de los desechos antes mencionados, y el conductor necesitará mantener una licencia tipo E para realizar el transporte.

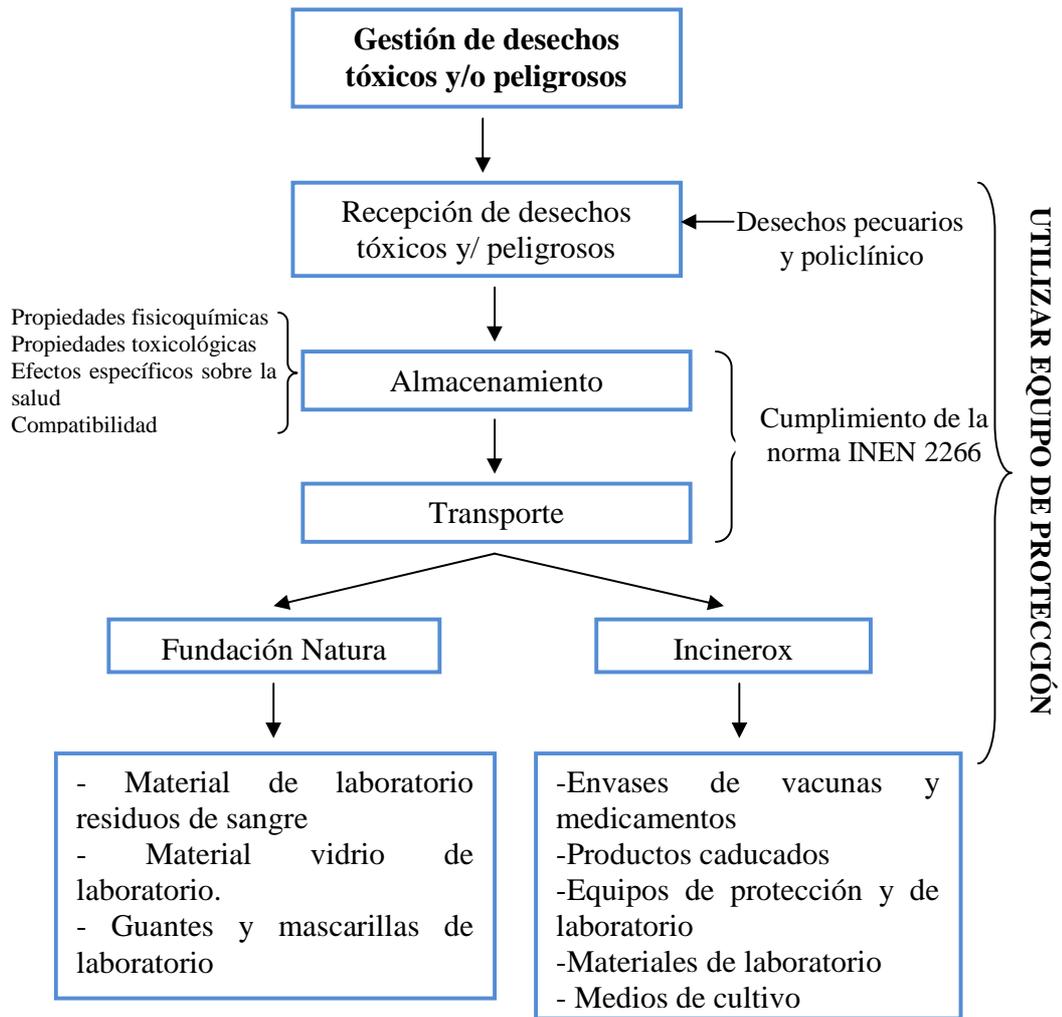


Figura 9. Flujo de manejo de desechos tóxicos y/o peligrosos

Los desechos tecnológicos serán almacenados en el laboratorio de computación hasta que se acumule una tonelada de peso de estos materiales, posterior a esto serán transportados a su gestor ambiental. Las pilas generadas se recogerán en los puntos recolectores ubicados en las oficinas, el bar y la biblioteca y se transportarán una vez cada 2 años hacia Radio Shack, los mismos que se encargarán de destinar las pilas hacia un gestor ambiental.

1. Bermonde: Se encargará del reciclaje de productos tecnológicos excepto de los equipo médicos.

Contacto: Johanna Rosales

Télefono y dirección: 3260321/2485421, Algas N50-1714 y Frutillas, Quito.

2. Radio Shack: Se entregarán las pilas acumuladas y recolectadas.

Contacto: Local Sangolquí

Teléfono y dirección: 2331591, Av. General Enríquez s/n y Pasaje Dávalos /

C.C. Multiplaza, local 2.

Correo electrónico: msangolqui@radioshackecuador.com.ec

4.3 Tratamiento de agua

a) Agua de consumo

Para garantizar la calidad de agua de consumo humano se adecuará (una estructura que favorezca la oxigenación previo al ingreso del agua en el tanque, cuarto de máquinas y pondrá en funcionamiento sistema automatizado de cloración:

1. Generador de hipoclorito de sodio
2. Dosificador automático para el cloro producido.
3. Planta generadora de electricidad

El sistema generador de cloro funciona en base a electrodos, sal y agua; la producción máxima de hipoclorito de sodio es de 30 litros cada 15 horas y se cotizó en la empresa Ecoclor, que garantiza la generación de hipoclorito de sodio con una concentración de 15000 ppm; la dosis a utilizarse es de 0,5% del volumen de agua para reducir la cantidad de coliformes.

El dosificador automático cotizado en AquaPro S.A., tiene una capacidad de de aproximadamente 113 litros de cloro al día y las cantidades de hipoclorito de sodio serán dispensadas directamente al tanque de distribución.

Se estima que la desinfección se realizará para un volumen de aproximadamente 189000 m³, siendo este el volumen del actual tanque de distribución, donde se harían las adecuaciones correspondientes.

b) Agua de descarga de alcantarillado

Previo a la descarga final a un cuerpo de agua dulce se realizará un tratamiento al agua para que cumpla con todos los parámetros establecidos por la legislación ambiental, para esto, en la salida final de agua se instalará un sistema automático de cloración, que consta de un generador de hipoclorito de sodio y un dosificador para la adición de este cloro hacia el caudal de salida del agua residual. Este proceso corresponde a la desinfección (dosis del 0,5%) requerida para controlar la cantidad de coliformes.

Sistema generador de hipoclorito de sodio cotizado por Ecoclor



Figura 10. Sistema generador de hipoclorito de sodio

Esta máquina que produce CLORO (Hipoclorito de Sodio) ofrece grandes ventajas con respecto al cloro que se consigue en el mercado, ya que para producir cloro con este equipo solo es necesario agua, sal y electricidad para el proceso de electrolisis, utilizando electrodos de titanio. El hipoclorito de sodio producido no presenta las molestias de los demás cloros porque no contiene estabilizantes ni otros productos químicos como clorinas e isocianuros que son altamente tóxicos y producen un olor persistente. El cloro generado por este equipo deja un ambiente fresco, agradable, sin organismos patógenos y sin ningún producto químico remanente, ya que el hipoclorito al

reaccionar con los patógenos regresa a su estado natural (agua y sal). El producto resultante es Hipoclorito de sodio (lejía común) con una concentración del 1.5% (15000ppm).

Dosificador automático cotizado por AquaPro S.A.



Figura 11. Bomba dosificadora electrónica, regulador de dosis y tanques contenedores de cloro

Este equipo puede ser regulado para dosificar hasta 113,4 litros de hipoclorito de sodio al día, y consta de una bomba dosificadora electrónica, un regulador de dosis y un tanque contenedor de cloro para ser dispensado.

Las dosis de cloro son depositadas directamente al caudal de agua, sin necesidad que exista un tanque de almacenamiento.

Generador eléctrico a gasolina 2500 W TRUPER

El generador de hipoclorito de sodio y el dosificador requieren de una fuente de energía eléctrica, es por esto que se incluye dentro de los equipos a utilizarse, un generador eléctrico.



Figura 12. Generador eléctrico a gasolina 2500 W TRUPER

Motor de 4 tiempos a gasolina, diseño compacto para fácil transportación, protege los aparatos eléctricos y es silencioso en su funcionamiento.

Operación de equipos electrónicos y eléctricos de 120 V; 18,3 A; potencia de 6,5 HP; capacidad de tanque de 15 litros de gasolina y una duración de rendimiento tanque a trabajo continuo de 145 horas.

4.4 Plan de capacitación (salud ocupacional y seguridad industrial)

La Hacienda El Prado debe mantener un programa de capacitación que incluya tanto a trabajadores y responsables de producciones pecuarias y procesamiento de alimentos como a estudiantes.

Debe recordarse siempre la lectura cuidadosa de las etiquetas de medicamentos y vacunas utilizados, para que sean tomadas las medidas necesarias y se realicen correctamente las aplicaciones de acuerdo a las indicaciones.

Se deben realizar charlas informativas dos veces al año, sobre el manejo de medicamentos, vacunas y productos que contengan hormonas, además de las medidas de

seguridad para el manejo de animales, sobretodo en prácticas que se tiene contacto con fluidos corporales de los mismos.

El plan de manejo de desechos tóxicos y/o peligrosos será puesto a disposición de estudiantes, responsables de área y personal a cargo de la recolección y transporte de dichos desechos, así mismo estará disponible información como días de recolección, tipo de fundas a utilizar y destino final que tendrán cada uno de ellos.

Se capacitará al personal que se encuentre en contacto con los desechos tóxicos y/o peligrosos, con conocimientos basados en la norma INEN 2266 *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos*. Destacando temas como riesgos para la salud, seguridad y ambiente.

Dentro del proceso de recolección y almacenamiento se encontrará a cargo un responsable del área de los laboratorios (que realizará la recolección total de los desechos tóxicos y/o peligrosos de toda la institución), quien manejará la información sobre envíos y seguridad y riesgos en el manejo de los desechos, y principalmente como responder en caso de accidentes con el material tóxico y/o peligroso:

1. Identificación del material y del proveedor
2. Identificación de peligrosos
3. Composición e información de los ingredientes peligrosos
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental
7. Manejo y almacenamiento
8. Propiedades físicas y químicas
9. Estabilidad y reactividad
10. Información toxicológica
11. Información ecotoxicológica
12. Información relativa a la eliminación de los productos

13. Información relativa al transporte
14. Información sobre la reglamentación
15. Otras informaciones

Se realizará capacitación para el transporte de desechos tóxicos y/o peligrosos, el conductor y un auxiliar deberán conocer todo lo referente sobre la seguridad con la que debe contar el vehículo, la forma correcta de colocar y distribuir la carga, la información que debe ser llenada, entregada y horarios de recolección y entrega al gestor.

Toda persona que transporte material tóxico y/o peligroso deberá tener conocimiento de la norma INEN 2266 en la que se detalla lo siguiente:

1. Buenas prácticas de envase/embalaje
2. Procedimiento de carga y descarga
3. Estibado correcto de materiales peligrosos
4. Compatibilidad y segregación
5. Planes de respuesta a emergencias
6. Manejo de equipo para derrames
7. Mantenimiento de la unidad de transporte
8. Manejo defensivo
9. Aplicación de la señalización preventiva
10. Primeros auxilios

4.5 Plan de prevención y mitigación

Se debe realizar un control continuo sobre el manejo de desechos tóxicos y/o peligrosos durante todas las etapas de los procesos de manipulación, almacenamiento y transporte hasta llegar a un gestor ambiental.

Todo producto y desecho tóxico y/o peligroso debe almacenarse en un lugar aireado, correctamente etiquetado y considerando su compatibilidad, toxicidad y características fisicoquímicas (véase Anexos 13,14,15,17).

Todas las áreas contarán con un extintor, botiquines de primeros auxilios y equipos de limpieza en caso de derrames; y la información sobre el procedimiento a seguirse en caso de emergencias debe estar visible, y ser parte de la capacitación de los responsables y el personal.

4.6 Plan de relaciones comunitarias

Se complementará el manejo de los desechos y la divulgación de la información de tipo ambiental a través de un club ecológico dentro de la institución, además, se buscará establecer una alianza con el Club Ecológico ESPE para trabajar en conjunto y abarcar más proyectos viables dentro de la institución.

Se realizará convenios ambientales y capacitación del personal de la institución y estudiantes sobre el riesgo y conciencia ambiental.

En la actualidad la Carrera de Ciencias Agropecuarias_IASA I tiene un convenio con el Ministerio de Agricultura para la producción de semilla certificada de papa, y se plantea la idea de realizar un proyecto para la venta de biol a dicha institución pública con la finalidad de que este producto pueda ser utilizado en proyectos campesinos.

4.7 Plan de monitoreo y seguimiento

El monitoreo y seguimiento de las actividades referentes a los desechos tóxicos y/o peligrosos se realizará a través de los reportes de entrega de dichos desechos, tanto dentro como fuera de la institución.

Los biodigestores y las plantas de tratamiento de agua deben mantener condiciones controladas por personal capacitado; diariamente se realizarán lecturas de control e informes sobre operación, requerimientos y mantenimientos de los mismos.

Anualmente se realizarán pruebas de laboratorio en la descarga final después del funcionamiento de la planta propuesta, para determinar la calidad de agua y el cumplimiento de la normativa ambiental (TULSMA) para aguas de descarga a un cuerpo dulce.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El material orgánico generado en avicultura (7,80 kg/animal al año) y en ovinos (24,38 kg/animal al año) es reutilizado en un 100% para la fertilización de los potreros que se encuentran dentro de la Hacienda El Prado. La cantidad de materia orgánica que se aporta anualmente al suelo es de 18304,80 kg y 5169,23 kg respectivamente.
2. La materia prima para la producción de humus proviene del material sólido recolectado en el área de maternidad de ganadería (156,22 kg de humus/animal al año), los desechos sólidos orgánicos de porcinos (39,23 kg de humus/animal), los residuos orgánicos de especies menores (3,91 kg de humus/animal al año) y la materia orgánica generada en el área de procesamiento de alimentos (0,03 kg de humus/persona al año).
3. En el área de lombricultura se produce anualmente 1736 litros de purín resultante de los lixiviados provenientes de la elaboración de humus, que se reutilizan como fertilizante para cultivos y potreros. Se genera anualmente un índice de 0,31 litros de purín/kg de humus.
4. La construcción de dos biodigestores, uno de 1000 m³ de capacidad mensual en el área de ganadería permite obtener como producto 40 m³/hora de biogás y 2500 l/día de biol; y otro en el área de porcinos de 30 m³ de capacidad para cada mes, generaría 1,2 m³/hora de biogás y 75 l/día de biol.
5. El bioacelerador de la materia orgánica “INDIGO” en un período de 21 días permite aumentar la disponibilidad del carbono orgánico en agua de descarga

(porcinos) en un 10,8% con una dosis de 2 cm³/20 litros repetida en 3 aplicaciones realizadas cada 8 días, mientras que en material sólido (ovinos) incrementa en 8,2% la mencionada disponibilidad con una dosis de 100 cm³/18 litros, con una aplicación inicial y otra a los 10 días.

6. De acuerdo a los resultados obtenidos de la descarga de acuicultura hacia un cuerpo de agua dulce, no se incrementa la cantidad de coliformes fecales desde la entrada de agua (2400 NMP/100 ml) a las piscinas de truchas hasta la salida final (2400 NMP/100 ml) hacia el canal y el índice de DBO₅ en este sitio es de 1,94 kg/día, valor que se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la legislación ambiental.
7. Los desechos tóxicos y/o peligrosos generados en la Hacienda El Prado deben ser enviados en su totalidad hacia gestores ambientales, a excepción del aceite recolectado en los cambios de aceite de los tractores (0,005 litros/hora máquina), el mismo que es reutilizado para tratamiento de madera. El área de sanidad animal (0,34 kg/animal) y policlínico (0,13 kg/persona al año) deben enviar sus desechos a Fundación Natura e Incinerox para su tratamiento, de la misma forma los residuos tecnológicos (0,08 kg/hora máquina) serán enviados para su reciclaje hacia Bermonde y las pilas (0,001 kg/persona al año) se entregarán en el local de Radio Shack de Sangolquí.
8. El agua para consumo humano no cumple con la norma INEN 1108:2006 ni con el TULSMA, para cantidad de coliformes totales, coliformes fecales y nitritos. Para mejorar la calidad de agua de consumo y garantizar la salud de todas las personas, se propone un sistema de desinfección automatizado y la adecuación de las instalaciones para mejorar oxigenación del agua y reducir la presencia de nitritos en el agua.
9. La descarga final, correspondiente a aguas residuales (Ordeñador en ganadería, descarga de procesamiento de alimentos y sanitarios de las villas, aulas, oficinas, dormitorios, bloque de computación y laboratorios, además del agua de lluvia)

no cumple con los límites máximos permisibles determinados por el TULSMA para coliformes fecales, a través de la instalación y funcionamiento de un sistema automatizado de cloración (desinfección) de aguas residuales se garantiza el cumplimiento de la normativa ambiental.

10. El valor actual neto que se obtendría según la simulación de costos es de alrededor de \$1242435,17 en un período de 5 años, donde el principal ingreso proviene del biol producido por los biodigestores de ganadería y porcinos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sobre microorganismos que favorecen la degradación de la materia orgánica y enriquecen fertilizantes biológicos como el biol.
2. Organizar 2 capacitaciones anuales para el personal que se encuentra en contacto con los biodigestores y plantas de tratamiento.
3. Realizar un estudio de factibilidad para recolección de pilas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. Aguirre, S., Arce, M., & Jaya, R. (2010). *Situación actual de los desechos sólidos y líquidos generados por el área productiva y administrativa de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA - 1*. Sangolquí.
2. Arcos, S. (4 de Septiembre de 2012). Grupo Aqualimpia. (G. Salas, & F. Barahona, Entrevistadores)
3. Guasumba, J. (2011). Energía de la Biomasa. *Cátedra de Energías Renovables, ESPE*, 195-197. Sangolquí, Pichincha, Ecuador.
4. ISA, I. (Septiembre de 2012). Cotización de planta potabilizadora de agua. Quito, Ecuador.
5. Kiely, G. (1999). En *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entronos, tecnologías y sistemas de gestión* (págs. 579-582). Madrid: Mc. Graw, Hill.
6. Luna, M. (2008). *Levantamiento topográfico IASA*. Sangolquí.

Páginas web

1. Alejandro, M. (Diciembre de 2005). *Tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012, de <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm#dbo>
2. Aqualimpia, E. (2008). *Biodigestor San Francisco-Agrona*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.aqualimpia.com/PDF/BD-San-Francisco.pdf>
3. Chávez, P. I. (29 de septiembre de 2006). *Diseño de Biodigestores*. Recuperado el 22 de octubre de 2012, de <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/diseno-biodigestores-t976/p0.htm>
4. ECOVIDA. (2008). *Energías renovables*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2012, de <http://www.ecovida.pinar.cu/energia/HTML/Biogas.html>
5. Estrada Pareja, M. M. (2005). *Manejo y Procesamiento de la Gallinaza*. Recuperado el 16 de Octubre de 2012, de Revista Lasallista de Investigación: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520108.pdf>
6. Estrada Pareja, M. (2005). *Revista Lasallista de Investigación*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2012, de Manejo y procesamiento de la gallinaza: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520108.pdf>

7. FAO. (1999). *Manejo de desechos animales en Sistemas de Pastoreo y Sistemas Mixtos de Granja*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2012, de La Caja de Herramientas sobre Ganadería y Medio Ambiente: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Grazing/AnWaWa1.htm#References>
8. Farfán, I., López, Ó., & Pupuche, D. (s/f). *Aprovechamiento del excremento del cuy como fuente de energía y abono óptimo*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2012, de <http://www.scribd.com/doc/95026511/EXCREMENTO-DEL-CUY-EXPOSICION>
9. Fuentes, H., Arizaca, C., Laque, G., Castro, O., Ccallo, A., Sanga, J., y otros. (Octubre de 2009). *Mejoramiento de capacidades técnico productivas para la competitividad de los cultivos andinos de papa nativa, haba y cañihua en la región Puno*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012, de Producción, Manejo y Aplicación de abonos orgánicos: http://www.agropuno.gob.pe/puno/documentos/manuales/abonos_organicos_c.pdf
10. Infantes, P. (29 de Septiembre de 2006). *Diseño de Biodigestores*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2012, de <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/diseno-biodigestores-t976/p0.htm>
11. ISA, I. y. (s.f.). *Plantas compactas Tipo Paquete, para tratamiento de agua potable*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de http://www.isa.ec/pdf/plantas_compactas_1.pdf
12. López, C., Mendieta, C., López, A., & Pérez, S. (Julio de 2008). *Proceso para el tratamiento de residuos ganaderos en la isla de Gran Canaria*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2012, de <http://www.redisa.uji.es/artSim2008/tratamiento/A13.pdf>
13. Marsilli, A. (septiembre de 2005). *Tratamiento de agua residual*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012, de <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm#dbo>
14. Moreno, U., Morales, C., & Morales, F. (1 de Junio de 2005). *Producción de biogás con estiércol de cuy*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de

<http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/energia-en-la-finca/produccion-de-biogas-con-estiercol-de-cuy>

15. Navarra, G. d. (s.f.). *El agua en Navarra*. Recuperado el 20 de 10 de 2012, de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm
16. Ocaña, J. (Octubre de 2011). *Biodigestor Anaerobio de Laboratorio*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2012, de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/13040/1/PFC_Biodigestor_%20anaerobio_de_laboratorio_Javier_Ocana.pdf
17. Pacheco, A. (5 de Noviembre de 2008). *Humus de lombriz*. Recuperado el 23 de 10 de 2012, de <http://www.hortalizas.com/articulo/15152/humus-de-lombriz>
18. RECOMSA. (2012). *Agrifem Sol*. Recuperado el 10 de Octubre de 2012, de <http://www.recomsa.com/agricultura.html#5>
19. *Resolución exenta N°43* . (2002 de Diciembre de 26). Recuperado el 2012 de Noviembre de 19, de <http://www.sii.cl/documentos/resoluciones/2002/reso43.htm>
20. Rivas Solano, O., Faith Vargas, M., & Guillén Watson, R. (20 de Junio de 2009). *Biodigestores: Factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad*. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_23-1/23-1%20p%2039-46.pdf
21. Sánchez Mena, M. V., & Pazmiño Garzón, G. A. (22 de Marzo de 2007). *Diseño y construcción de un biodigestor plástico de flujo continuo, a partir de desechos orgánicos para la Hacienda San Antonio del IASA II, Perteneciente a la ESPE*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2012, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2227/1/T-ESPE-014730.pdf>
22. SNIA. (2011). *Indicadores Básicos de Desempeño Ambiental de México*. Recuperado el 16 de Enero de 2013, de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores12/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual2.html

23. Tecnificación Agraria y Medioambiental, S.L. (s.f.). *Agomaquinaria*. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de Origen del producto: http://www.agromaquinaria.es/pdf/empresas/Gallinaza_Seca_6111453022072011.pdf