

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS



ANEXOS

INFORME FINAL DEL PROYECTO

“MANEJO ALTERNATIVO DE LECHERÍAS INTEGRADAS EN
SISTEMAS AGROPECUARIOS DE BAJOS
INSUMOS EXTERNOS”

ESCUELA DE AGRONOMÍA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS

SETIEMBRE, 2005

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
Dirección de Proyectos**

Informe Final de Proyecto

**“Manejo Alternativo de Lecherías Integradas en Sistemas Agropecuarios de
Bajos Insumos Externos”**

Código: 5402-2151-5501

Escuela Responsable: Agronomía, Sede Regional San Carlos

Investigador principal:

Ing. Wilfrido Paniagua Madrigal; M.G.A.

Otros investigadores:

Ing. Gilda Muñoz Gómez

Ing. Carlos Ramírez Vargas

Ing. Juan José Campos Ramírez

Dr. Tomás de J. Guzmán Hernández

Informe preparado por:

Ing. Wilfrido Paniagua Madrigal; M.G.A.

**Santa Clara, San Carlos,
Setiembre, 2005.**

Agradecimiento

En primer lugar a Dios, porque siempre, de él depende todo.

A Coopelecheros R. L., en especial a la Lic. Aida Arce.

A CONICIT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas), especialmente a Eithel Méndez y Carlina Alpizar.

Al MICIT (Ministerio de Ciencia y Tecnología).

A la Cooperativa de Productores de Leche “COOPROLE R. L.”.

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR, por los tiempos asignados y la confianza puesta en manos del equipo técnico.

A la Escuela de Agronomía por el apoyo moral y la confianza otorgada al equipo técnico.

Especialmente un agradecimiento a los autores protagonistas del proyecto, los productores involucrados que nos permitieron llegar a sus fincas:

Edgar Chávez Conejo, Finca La Coneja, Fincagua de Sarapiquí.

Luis A. Alfaro Rojas, Finca San Isidro, Sucre, San Carlos.

Gonzalo Rojas Castro, Finca Yaudisia, Monterrey, San Carlos.

Rodrigo Retana Arias, Finca El Edén, La Vega, San Carlos.

Sergio Alpizar y Juan Orozco, Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos.

Contenido

Agradecimiento.....	iii
Índice de Cuadros	v
Índice de Figuras.....	vi
Lista de anexos	viii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General	2
1.1.1 Objetivos Específicos	2
2 METODOLOGÍA.....	3
3 RESULTADOS.....	5
3.1 Motivación y entrenamiento de los cinco productores	5
3.2 Realización del diagnóstico de las fincas involucradas.....	5
3.3 Implementación y evaluación de tecnologías alternativas para el manejo de los desechos orgánicos y las aguas residuales generados por la lechería y otras actividades	12
3.3.1 Tecnologías para el tratamiento de los sólidos orgánicos	14
3.3.2 Tecnologías para el manejo de las aguas residuales	19
3.3.3 Efecto de la implementación de las tecnologías alternativas en el manejo de los sólidos orgánicos y las aguas residuales.	21
3.4 Otros logros importantes.	26
3.4.1 Control de mosca doméstica (Musca domestica)	26
3.5 Integración y evaluación de los productos generados por el manejo de los desechos en la lechería y/u otras actividades agrícolas del sistema.....	26
3.5.1 Subproductos del sistema lechero –lombricultura- otros recursos- gallinas- lombriabono-huevos.....	27
3.5.2 Abono orgánico – Forrajes	28
3.5.3 Abono orgánico – hortalizas	30
3.6 Divulgación de resultados	31
3.6.1 Días de campo oficiales según metas propuestas.....	32
3.6.2 Otros días de campo.	38
3.6.3 Participación con ponencias en congresos, centros universitarios y grupos de productores.....	40
4 CONCLUSIONES.....	42
5 BIBLIOGRAFÍA.....	44

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Problemática encontrada en las fincas en estudio. 2002.	6
Cuadro 2. Caracterización de las fincas en estudio, según tamaño y problema encontrado. 2002.	7
Cuadro 3. Caracterización de las fincas en estudio, según uso del recurso forrajero. 2002.	12
Cuadro 4. Límites máximos permisibles para el reuso de aguas residuales.	21
Cuadro 5. Comportamiento de las fincas con manejo tradicional y con el manejo después del Proyecto. 2004.	25
Cuadro 6. Días de campo realizados en las fincas, según avance del proyecto “Lecherías integradas en sistemas agropecuarios de bajos insumos externos”, 2002 al 2005.....	32
Cuadro 7. Otros días de campo realizados, según avance del proyecto “Lecherías integradas en sistemas agropecuarios de bajos insumos externos”, 2002 al 2005.....	39

Índice de Figuras

- Figura 1. Manejo tradicional de los desechos sólidos y de aguas residuales encontrado en las fincas en estudio. A) Forma de limpieza de los corrales en finca La Coneja, B) Lugar de depósito de las aguas residuales en finca La Coneja, C) Forma de limpieza de los corrales en la finca El Edén, D) Lugar de depósito de las aguas residuales en finca El Edén. 2002..... 9
- Figura 2. Incidencia de mosca doméstica en las fincas en estudio. A) Efecto de la mosca en la vivienda de la finca la Coneja, B) Reflejo de la molestia que causa la mosca en las labores cotidianas de alimentación de los animales en la finca la Coneja, C) Incidencia de la mosca doméstica en el cuarto de enfriamiento de la finca San Isidro, D) Estado larvario de la mosca doméstica encontrado en la finca la Esmeralda. 2002. 10
- Figura 3. Infraestructura para maduración aeróbica de los desechos sólidos orgánicos. A) Construcción con hierro galvanizado en una sola agua, B) Construcción con armadura de madera y techo de zinc a dos aguas, C) Piso de concreto quemado con drenaje para los lixiviados y D) Vista de la altura menor 16
- Figura 4. Tecnologías utilizadas para la lombricultura. A) Lecho tipo caja, usado en cuatro de las fincas, B) Lecho tipo cajón, usado en finca San Isidro. 18
- Figura 5. Tecnologías implementadas para el tratamiento de las aguas residuales, la Coneja y San Isidro, 2004. A) Estructura básica de pila de tratamiento independiente, B) Pila de tratamiento independiente con lirios cultivados, C) Estructura para la parte de maduración de los sólidos, D) Pilas anexas para tratamiento de las aguas residuales. 20
- Figura 6. Costo del agua por mes, según los servicios de acueducto rural en labores de lavado de corrales con el manejo tradicional y no tradicional (después del proyecto). 2005. 22
- Figura 7. Representación gráfica de un sistema integrado. 27
- Figura 8. Alimentos alternativos para la producción de huevo en un sistema de lecherías integradas con bajos insumos. A) Biomasa de lombriz, subproducto del lombricario, B) Aves pastoreando *Arachis pinto*, La Esmeralda 2004, C) aprovechamiento de las aves para mejorar la estructura del lombriabono, D) huevo alternativo producido en la Esmeralda..... 28
- Figura 9. Integración del abono orgánico para la nutrición de forrajes de alto valor alimenticio. A) Lombriabono, finca La Coneja, B) Pastura mejorada fertilizada con lombriabono, C) Uso estratégico del lombriabono en el cultivo de maíz, La

	Esmeralda, D) Uso de abonos líquidos por gravedad en el cultivo de la morera (Morus alba), finca San Isidro.	29
Figura 10.	Integración del abono orgánico para la producción de hortalizas orgánicas. A) Uso estratégico del lombriabono en melón, La Esmeralda, B) Producción de melón con base orgánica, C) Cultivar de pepino con base orgánica, D) Producción de pepino bajo condiciones controladas, finca Yaudisia.	31
Figura 11.	Imágenes de día de campo. Fincagua, Sarapiquí. 2002. A) Área de charlas, B) Área de maduración y producción de abonos, C) Manejo de terneras y D) Readecuación de canoa para evitar pérdidas de concentrado y proliferación de moscas.	33
Figura 12.	Imágenes de día de campo. Finca Yaudisia, Monterrey. 2003. A) Área de charlas, B) Producción de lombriabono, C) Producción de hortalizas bajo invernadero, D) Producción de pepino bajo invernadero, usando el lombriabono producido en la finca.	34
Figura 13.	Imágenes de día de campo. Finca La Esmeralda, Florencia. 2004. A) Grupo de participantes en período de charlas, B) Modelo de limpieza de corrales, en cajas con cero gasto de agua, C) Uso estratégico, del lombriabono en el cultivo de maíz y D) Animales en producción consumiendo maíz en cepos.	36
Figura 14.	Imágenes de día de campo. Finca San Isidro, Quesada. 2004. A) Participantes en día de campo observando modelo anaeróbico de maduración de sólidos orgánicos y tratamiento de aguas residuales, B) Modelo de lombricario (tipo cajones), C) Producción de morera para la alimentación de los animales a base del reuso de efluentes tratados y D) Uso del lombriabono para la producción de anturios.	35
Figura 15.	Imágenes de día de campo. Finca El Edén, La Vega. 2005. A) Visitantes observando modelo anaeróbica de maduración del estiércol, B) Modelo de recolección de estiércol en seco, C) Don Rodrigo mostrando el lombriabono, D) Condición actual del agua de la quebrada después del proyecto.	38

Lista de anexos

Anexo 1

- A. Perfil a considerar en la escogencia de los cinco productores para el proyecto.
- B. Lista de productores escogidos para desarrollar el proyecto.

Anexo 2. Taller de motivación y Capacitación

Anexo 3. Resumen “Control integrado de la mosca doméstica (*Musca domestica*), en dos sistemas pecuarios.”

Anexo 4. Resumen “Producción de abono orgánico en la granja del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, utilizando estiércol de bovinos y porcinos.”

Anexo 5. Método anaeróbico para tratar estiércol en lecherías.

Anexo 6. Resumen “Evaluación de la tasa de reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetica*) y producción, calidad física, química y microbiológica del lombriabono.”

Anexo 7. Resumen “Producción alternativa de huevo en un sistema agropecuario integrado con bajos insumos externos.”

Anexo 8. Lista de participantes en los eventos de divulgación.

Anexo 9. Resumen “Efecto de la fertilización orgánica con lombricompost sobre la producción de forraje del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) en la zona baja de San Carlos.”

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto “Manejo alternativo de lecherías integradas en sistemas agropecuarios de bajos insumos externos”, fue planteado como respuesta de un equipo de investigadores de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, específicamente del Centro de Investigación y Desarrollo de Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo (CIDASTH), a la demanda de necesidades presentada por la empresa privada (Coopelecheros R. L).

La búsqueda de un modelo de tratamiento de excretas y agua residuales generadas por la actividad lechera de Costa Rica, mereció especial atención debido a la urgencia de mitigar el impacto ambiental que ha venido causando la actividad, en deterioro del ambiente y de lo cual la región huetar norte no está exenta. Por lo tanto, el proyecto se presentó como una necesidad de ofrecer una respuesta a problemas actuales de contaminación surgidos de la actividad pecuaria. Es por lo tanto, una respuesta a nuestro compromiso con la sociedad civil productora de leche. Por otro lado, no sólo se trata de manejar y controlar la eventual contaminación ambiental que puedan producir los desechos sólidos y líquidos de los sistemas pecuarios confinados o estabulados, sino, de lograr su reutilización de muy variadas formas, entre las que se pueden citar: la producción de compost, vermicompost, biomasa de lombriz, integración de sistemas biológicos como la producción de pollo, huevos y otras alternativas con sistemas de producción de leche.

El proyecto debió ejecutarse oficialmente en un período de dos años; sin embargo, la duración real fue de tres años (febrero 2002 hasta febrero 2005) y contó con el soporte económico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) por un monto de ₡16,120.840,75; de la Cooperativa de productores de leche (Cooprole R. L), por un monto de ₡4,000.000; de la Cooperativa de Ahorro y Crédito de lecheros (Coopelecheros), por un monto de ₡1,908.931,75; del Instituto Tecnológico de Costa Rica a través de la Vicerrectoría de Investigación y extensión por un monto en efectivo de

∅2,663.150,00 (acuerdo 19-2001), luego, el presupuesto fue ampliado en ∅600.000,00 (acuerdo 16-2003) ; además la Vicerrectoría de Investigación y extensión corrió con los gastos que representaron los tiempos asignados a los investigadores (6 investigadores con un total de 43 horas, durante dos años y medio). Por otro lado, los cinco productores que participaron en el proyecto no solo dispusieron de sus infraestructuras, sino, además, aportaron recursos económicos en efectivo cuyos montos no fueron contabilizados.

En cuanto a la administración de los dineros, La Fundación Tecnológica se encargó de manejar tanto el aporte del CONICIT, bajo el código 8-071 como el aporte de la contrapartida (Coopelcheros R.L y Cooprole R.L), bajo el código 8-089. Los dineros aportados por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, fueron manejados por su propia contabilidad.

Para lograr el propósito del proyecto los investigadores se plantearon los siguientes objetivos.

1.1 Objetivo General

Implementar y evaluar tecnologías alternativas en lecherías, reciclando los desechos orgánicos hasta productos utilizables, minimizando el uso de insumos externos

1.1.1 Objetivos Específicos

1. Motivar y entrenar a los cinco productores seleccionados.
2. Realizar diagnósticos en las fincas seleccionadas que permitiera detectar los problemas más importantes.
3. Implementar y evaluar las tecnologías alternativas para el manejo de los desechos orgánicos generados por las lecherías y otras actividades del sistema.
4. Integrar y evaluar los productos generados por el manejo de los desechos en las lecherías u otras actividades agrícolas del sistema.
5. Divulgar los resultados obtenidos al grupo meta.

2 METODOLOGÍA

La propuesta inició con la escogencia de un grupo de cinco productores para lo cual se realizó por parte del equipo técnico un perfil (anexo 1A) que ayudó a la escogencia de cada uno de ellos. Esta escogencia, fue realizada a criterio de Coopelecheros (anexo 1B); pero siguiendo el perfil propuesto. Otro aspecto que se consideró importante fue poder impactar al máximo número de productores de la región; por ello se escogieron productores de Sarapiquí, Monterrey, Santa Clara y La Vega, dentro de los productores de bajura (< a 400 msnm) y una finca en Sucre que representó las fincas de altura (> a 1200 msnm).

Además se consideraron diferentes tamaños de hato para valorar las tecnologías en diferentes situaciones. Los rangos fueron desde 27 vacas en producción (Monterrey) hasta 100 vacas en producción (La Vega). Se prefirieron vacas en etapa productiva, ya que son los principales causantes de contaminación, puesto que depositan las excretas en los corrales, materiales que luego el productor vierte en diferentes fuentes, sin previo tratamiento.

A estos productores se les indujo mediante un proceso de motivación y entrenamiento a participar en el proyecto; para ello se realizó un evento denominado "Taller de motivación y Capacitación". En este taller se presentó el equipo técnico, los productores participantes y se impartieron una serie de charlas y giras a empresas líderes.

Después de la escogencia de los productores y definición de los aspectos generales, se realizó un diagnóstico de las fincas con el propósito de detectar los problemas prioritarios. Una vez realizado este trabajo se puntualizaron, con los productores, los temas más importantes a resolver.

Luego de diagnosticadas las áreas de trabajo se inició el proceso de implementación y validación de las tecnologías. En el campo del tratamiento de residuos orgánicos, los investigadores se apoyaron en las experiencias generadas en el Instituto Tecnológico de Costa Rica y de diferentes documentos escritos, en especial Chacón (1999), Compagnoni (1983) y Tineo (1994). Paralelamente, se visualizaron las oportunidades de integrar en los sistemas biológicos nuevos o

existentes en las fincas, los productos generados mediante la implementación de tecnologías para el tratamiento de sólidos orgánicos y aguas residuales.

En referencia a las opciones de integración, cada finca presentó posibilidades diferentes según fuera el gusto, necesidades u oportunidades de cada sistema.

Finalmente, se trabajó en la parte de divulgación. Entre los mecanismos usados se realizaron días de campo y ponencias en diferentes actividades. La mayoría de estas actividades vinculadas con el sector productivo lechero.

3 RESULTADOS

3.1 Motivación y entrenamiento de los cinco productores

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un taller con el propósito de encausar a los productores involucrados, de motivarlos y poder iniciar un proceso de asesoramiento continuo.

A este primer taller se le denominó “Taller de Motivación y Capacitación”. Como producto de este primer taller se obtuvo:

- Un grupo de productores comprometidos con el proyecto.
- Un grupo de productores concientes de la necesidad de un cambio oportuno en los sistemas productivos lecheros de Costa Rica.
- Un grupo de técnicos con un alto grado de compromiso y con un voto de confianza por parte de los productores y de las entidades financieras.
- Un documento memoria, “Taller de Motivación y Capacitación”, (anexo 2).

3.2 Realización del diagnóstico de las fincas involucradas

En busca de los problemas que afectan a los productores se aplicó una encuesta diagnóstica. Este diagnóstico permitió al equipo técnico en conjunto con los productores, detectar los problemas de cada finca y priorizarlos para luego enfocar todos los esfuerzos a la solución de los más importantes (cuadro 1).

En términos generales como resultado de este diagnóstico se presenta un listado con ocho problemas:

Los primeros tres problemas fueron comunes en las cinco fincas seleccionadas. De estos tres problemas, el manejo de los desechos y las aguas residuales actualmente es el tema que preocupa a todo el sector productor de

leche del país. Por su importancia es el problema al que se le dedicaron mayores esfuerzos y recursos económicos.

1. Problemática ambiental: manejo de desechos sólidos y aguas residuales.
2. Uso irracional del recurso agua.
3. Alta dependencia de los concentrados.

Los restantes cinco problemas se presentan en al menos dos de las fincas escogidas.

Cuadro 1. Problemática encontrada en las fincas en estudio. 2002.

<i>Problema</i>	<i>Finca La Coneja</i>	<i>Finca San Isidro</i>	<i>Finca Yaudisia</i>	<i>Finca El Edén</i>	<i>Finca La Esmeralda</i>
1. Problemática ambiental: manejo de desechos sólidos y aguas residuales.	Si.	Si.	Si.	Si.	Si.
2. Uso irracional del recurso agua.	Si.	Si.	Si.	Si.	Si.
3. Alta dependencia de los concentrados.	Si.	Si.	Si.	Si.	Si.
4. Presencia de moscas en algunas fincas.	Si.	Si.	Si.	No.	Si.
5. Baja disponibilidad del recurso forrajero.	Si.	Si.	Si.	No.	Si.
6. Alta dependencia de los fertilizantes químicos sintéticos.	Si.	Si.	No.	Si.	No.
7. Instalaciones deterioradas.	Si.	No.	Si.	No.	No.
8. Mal manejo de los reemplazos.	Si.	No.	No.	Si.	Si.

Con el propósito de ser más objetivos en el análisis, se midieron algunos indicadores que permitieron visualizar con mayor claridad la magnitud de los problemas. Al relacionar los datos se observa poca o ninguna relación entre el número de animales en producción y la cantidad de estiércol recogido en los corrales. La cantidad de estiércol fue muy afectada por el número de horas que permanecieron los animales en los corrales, por ejemplo, en finca Yaudisia donde

solo se ordeñan 28 vacas, tenía una producción de 500 l/día de estiércol. Este hecho se debe a que los animales después del primer ordeño permanecían en los corrales consumiendo forraje hasta el próximo ordeño, aproximadamente 12 horas. En cambio en finca “La Esmeralda” con 30 vacas en producción solo se recogen 100 l/día de estiércol (cuadro 2).

Tampoco existió relación entre el tamaño de la lechería, el número de animales en producción y el gasto de agua. Asimismo, no hubo relación entre el volumen de estiércol y el volumen de agua gastado en el lavado de los corrales (cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización de las fincas en estudio, según tamaño y problema encontrado. 2002.

<i>Problema</i>	<i>Finca La Coneja</i>	<i>Finca San Isidro</i>	<i>Finca Yaudisia</i>	<i>Finca El Edén</i>	<i>Finca La Esmeralda</i>	<i>Promedio</i>
Área total de la finca (Ha).	10	106	80	36	24	51,2
Área total de la lechería (m ²).	180	700	400	500	2019	759,8
Hato total (# animales).	60	114	78	196	78	105,2
Hato en producción (# vacas).	30	60	28	95	30	48,6
Tiempo de permanencia de los animales en los corrales (h/día).	3	9	12	7	3	6,8
Producción (kg. Leche/día).	330	960	243	1140	360	606,6
Leche producida por cada Kg. de alimento concentrado ofrecido (Kg.).	1,97	2,14	3,5	2,72	2,92	2,65
Estiércol (Litros/día).	100	600	500	700	100	400
Gasto de agua (Litros/día).	6.633	15.000	5.000	15.000	10.300	10.387

Respecto al uso irracional del recurso agua y la contaminación por sólidos orgánicos, uno de los problemas más importantes estuvo asociado con la forma de lavado de los corrales que tradicionalmente utiliza el productor, ya que no

solamente se gastan grandes cantidades de agua, sino que además el productor no ha aplicado ninguna tecnología para el tratamiento de esas aguas residuales, que por lo general son enviadas a las aguas superficiales (ríos, quebradas u otros) o bien son distribuidas a través de canales por la finca.

Como ejemplo, en finca La Coneja se utiliza el sistema de lavado únicamente con mangueras (figura 1A). El mismo productor ha construido drenajes a través de su finca en donde deposita las aguas residuales con la totalidad del estiércol. Según este productor eso le ocasiona problemas de malos olores, problemas con sus vecinos y además le eleva los costos de producción, por cuanto una vez al año debe limpiar esos drenajes (figura 1B).

Otro ejemplo, es el de la finca El Edén. En esta lechería se aplica la misma técnica del lavado que en la anterior (figura 1C), con el agravante de que la lechería está ubicada a 5 metros de la quebrada "Moja huevos". El impacto negativo sobre el ambiente de una finca que produce 700 litros de estiércol por día y que gasta 15 000 litros de agua para remover esos materiales fue evidente tal como puede observarse en la figura 1D.

La realidad de los ejemplos mencionados está en completo desacuerdo con la legislación ambiental costarricense, solo basta citar: el Decreto 26042-S-MINAE (Vertido y reuso de aguas residuales), publicado en 1997, el Decreto 311076-MINAE (Canon ambiental por vertido), publicado en el 2003 y Ley de Aguas de 1942. La necesidad de un cambio hacia modelos ambientalmente más amigables fue puesta en evidencia después de la fase de caracterización y diagnóstico de las fincas participantes en el proyecto.



Figura 1. Manejo tradicional de los desechos sólidos y de aguas residuales encontrado en las fincas en estudio. A) Forma de limpieza de los corrales en finca La Coneja, B) Lugar de depósito de las aguas residuales en finca La Coneja, C) Forma de limpieza de los corrales en la finca El Edén, D) Lugar de depósito de las aguas residuales en finca El Edén. 2002.

El problema de la mosca doméstica, si bien no se presentó en todas las fincas en estudio, se manifestó como una de las problemáticas de mayor impacto social, debido al alto grado de incidencia de la plaga presente en las fincas (figura 2).

En finca la Coneja de Sarapiquí la mosca doméstica representó uno de los problemas más serios de contaminación ambiental, el efecto se observó con gran impacto, tanto en la vivienda del finquero, como en las casas cercanas (figura 2A). También se observó un gran impacto en la pérdida de tranquilidad de los animales ya que cada vez que se alimentaban en los corrales las moscas invadían las áreas de preparación de la ración y las áreas de consumo de forrajes (figura 2B).

En cuanto a mosca se refiere, en la finca San Isidro de Sucre, se observó gran impacto en la tranquilidad de los animales y en el riesgo de contaminación de la leche, ya que se observó una gran incidencia en las áreas cercanas al tanque de enfriamiento de la leche y otras áreas de alto riesgo (figura 2C).



Figura 2. Incidencia de mosca doméstica en las fincas en estudio. A) Efecto de la mosca en la vivienda de la finca la Coneja, B) Reflejo de la molestia que causa la mosca en las labores cotidianas de alimentación de los animales en la finca la Coneja, C) Incidencia de la mosca doméstica en el cuarto de enfriamiento de la finca San Isidro, D) Estado larvario de la mosca doméstica encontrado en la finca la Esmeralda. 2002.

En finca la Esmeralda, el problema de incidencia de mosca doméstica se observó en las áreas de la porqueriza, específicamente en las áreas de maduración de los desechos sólidos orgánicos. El impacto se daba por la pérdida de tranquilidad de los animales y la molestia que causaban los insectos sobre la comunidad de Santa Clara (figura 2D).

Con el propósito de conocer más en detalle de la problemática causada por la mosca doméstica y buscar soluciones alternativas, se incentivó a un estudiante de la Escuela de Agronomía, para que realizara un estudio sobre el origen del problema y las alternativas de solución. Para ello se escogieron dos de las fincas que por su posición estratégica ofrecían las mejores condiciones (anexo 3).

La fase de diagnóstico también evidenció un problema en el manejo del recurso forrajero en la mayoría de las fincas estudiadas.

De las cinco fincas en estudio, finca El Edén no mostró problemas en el manejo del recurso forrajero. Esta finca mostró una buena proporción de pasturas mejoradas (80%), ya que se observaron excelentes repastos de tanner (*Brachiaria adscendens*) y estrella africana (*Cynodon nlenfuensis*), y con un buen período de recuperación. Las restantes fincas mostraron indicadores que sugieren problemas en el uso del recurso forrajero (cuadro 3).

En el caso particular de las fincas La Coneja, Yaudisia y La Esmeralda se observó una gran proporción de pasturas naturales de baja calidad (*Ratana, Ischaemun indicum*). Además, en dos de ellas se observan períodos de recuperación menores a los técnicamente apropiados. Por otra parte, el problema observado y discutido con el productor de finca San Isidro fue específicamente el bajo contenido de materia seca del pasto San Juanillo (*Setaria sphacelata*), que en su condición de corta contiene 21.44% de materia seca, en tanto que en su condición de piso posee 13.29% de materia seca (8.15% de diferencia entre ambos). Esta diferencia en porcentaje de materia seca se debe al período de recuperación para cada tipo de manejo. Debe agregarse que el productor se ha esforzado en mejorar el contenido de materia seca del forraje utilizando un somagador (infraestructura para disminuir la humedad del forraje); sin embargo, con un éxito relativo (disminución de solo un 5% de la humedad) (cuadro 3).

Cuadro 3. Caracterización de las fincas en estudio, según uso del recurso forrajero. 2002.

	<i>La Coneja</i>	<i>San Isidro</i>	<i>Yaudisia</i>	<i>El Edén</i>	<i>La Esmeralda</i>
Sistema de pastoreo:	Rotacional	Rotacional	Rotacional	Rotacional	Rotacional
Principales forrajes:	Pastos mejorados: 42% P. naturales: 54%	San Juanillo: 100%	Brizantha: 46% Estrella: 13% Ratana: 40%	Tanner: 50% Estrella: 29% Ratana: 21%	Manicillo: 47% Ratana: 33% Estrella: 20%
Incidencia de malezas:	Hoja ancha: 3,5%	Despreciable	Hoja ancha: 2%	Despreciable	Hoja ancha: 7,6%
Días de recuperación:	16	29	28	28	18
Carga animal:	6 animales /ha *	3 animales/ha*	1,25 animales/ha*	5,44 animales/ha*	3,25 animales/ha*
Otras fuentes:	Poró (2000 árboles).	No existe	Camerún, caña, yuca y poró.	Poró	No existe

* El dato está basado en el # de cabezas, incluye animales adultos, medianos y pequeños

En cuanto a la dependencia de los fertilizantes químicos, a excepción de finca Yaudisia donde prácticamente no se fertilizaban los potreros, las restantes fincas mostraron una alta dependencia en el uso de este recurso externo. Como ejemplo de ello en el caso de la finca El Edén, según datos del productor, en su finca se gastaban para la fertilización de sus forrajes 720 quintales fertilizante/año, lo que representa una dependencia en solo el elemento “nitrógeno” de 7500 kg. por año.

Otro ejemplo que evidencia la dependencia a los fertilizantes sintéticos se presentó en finca la Coneja. Este productor utiliza 198 quintales de fertilizante sintético por año para cubrir las necesidades nutricionales de sus pasturas.

Los restantes problemas de las fincas fueron de menor importancia y más puntuales. Básicamente algunos problemas de infraestructura y manejo de reemplazos en finca Yaudisia y finca La Coneja.

3.3 Implementación y evaluación de tecnologías alternativas para el manejo de los desechos orgánicos y las aguas residuales generados por la lechería y otras actividades

Para el logro de este objetivo, la implementación y evaluación de las tecnologías se basó fundamentalmente en los aspectos más relevantes encontrados en la fase de diagnóstico y que, en conjunto con los productores, el equipo técnico consideró urgente resolver. No obstante, siempre se mantuvo como punto prioritario el encontrar una solución a los problemas que representaron los desechos sólidos orgánicos y manejo de aguas residuales, según fue definido *a priori* como uno de los compromisos del Proyecto, y posteriormente reafirmado una vez obtenido los resultados en la fase de diagnóstico.

Toda solución alternativa que se implementó en las fincas, hasta donde fue posible, debió reunir las características de accesibilidad, de simplicidad y de acuerdo con las normativas legales.

Otro aspecto considerado importante fue aplicar en la búsqueda de soluciones los conceptos de “las R’s” muy frecuentemente utilizado en gestión ambiental. Estas R’s se refieren a: reducción, reuso, reciclaje y recuperación.

La “R” de reducción se aplicó específicamente para dar un uso más racional al recurso agua, en respuesta al uso irracional del agua que hacen los productores en los procesos de lavado, según el diagnóstico.

Este hecho no solamente disminuye el costo económico de un recurso tan valioso, sino que también se sujeta al productor a una tendencia mundial de hacer un uso más racional del recurso agua. Por otra parte, al disminuirse el gasto de agua de los corrales, el costo de infraestructura para el manejo del agua residual tendrá un efecto directo ya que el tamaño del sistema es proporcional al gasto de agua.

La “R” de reciclaje. En este caso existen dos productos que se deben reciclar adecuadamente:

- a) El primero se refiere al reciclaje de todos los sólidos orgánicos producidos en el sistema lechero y otros sistemas pecuarios como el estiércol, la cerdaza, residuos de concentrado, rechazo de los forrajes ofrecidos a los animales en

canoas, papeles y otros, hasta un abono orgánico que pueda ser usado en la finca o bien, vendido, con lo cual el productor puede tener otros ingresos.

- b) El segundo se refiere a reciclar las aguas residuales hasta materiales más estables y de mejor aprovechamiento dentro del sistema.

En la “R” de reuso, no hay discusión sobre las innumerables posibilidades de usar subproductos provenientes de las diferentes actividades del sistema. Por ejemplo se puede citar los residuos de forraje que rechazan los animales y que fueron usados nuevamente (reuso) en la preparación de los abonos orgánicos. Sin embargo, el ejemplo más importante es el reuso que se puede hacer de las aguas que son usadas para el lavado de los corrales y que generalmente se convierten en una fuente altamente contaminante. En este sentido, el reuso se apegó a la normativa de manejo de aguas residuales actualmente vigentes en el país (decreto 26042-S-MINAE) que se refiere al vertido y reuso de aguas residuales y el decreto 31176-MINAE, el cual se refiere al canon ambiental por vertidos.

En el caso de la “R” de recuperación, está más relacionada con el objetivo de integración en donde los productores hicieron uso de los abonos orgánicos tanto sólidos como líquidos, los cuales, como fuentes altas en materia orgánica, participan activamente en la recuperación de los suelos destinados a los cultivos de forrajes, altamente degradados.

3.3.1 Tecnologías para el tratamiento de los sólidos orgánicos

En el tratamiento de los sólidos orgánicos la técnica aplicada fue madurar el estiércol en forma aeróbica (compostaje) y luego terminar el proceso con la técnica de la lombricultura hasta producir un abono orgánico de buena calidad. Sin embargo, en dos de las fincas este método no funcionó a pesar de los esfuerzos realizados. Por esta razón, el equipo técnico se vio en la tarea de probar nuevas alternativas, especialmente de maduración previo al uso por las lombrices. Como consecuencia, hoy día se puede decir que se ha desarrollado un nuevo método de maduración (método anaeróbico de maduración de estiércol) y que contribuirá a

resolver a muchos productores de leche el problema de contaminación ambiental generada por las excretas. Cabe mencionar que el método es de fácil aplicación, adaptable a cualquier tamaño de lechería y diferentes condiciones ambientales.

3.3.1.1 Maduración aeróbica de los sólidos orgánicos.

En un proceso biótico las reacciones son descomposiciones principalmente aeróbicas, o sea realizadas en presencia de oxígeno, que necesita también de humedad (Del Val, 1993). Esta descomposición es un fenómeno por medio del cual se desdoblán compuestos complejos para transformarlos en formas más sencillas, por ejemplo, el desdoblamiento de las proteínas en aminoácidos.

Como parte de este Proyecto se construyeron las infraestructuras necesarias según las necesidades de la finca. Además, se realizó un trabajo con el propósito de evaluar el comportamiento de los principales indicadores técnicos de compostas durante seis semanas, para obtener el sustrato que sería usado como alimento en la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de abono orgánico (Castillo, 2002). El documento completo se presenta como anexo 4.

Infraestructura para maduración aeróbica de los sólidos orgánicos

EL tamaño de la infraestructura necesaria es diferente para cada sistema. La misma depende básicamente del volumen de los materiales sólidos orgánicos que se deben madurar. Sin embargo, también es importante considerar la eficiencia con que se trabaje, ya que de ello depende la rotación que se le dé al espacio. Según la experiencia generada en el proyecto y que tuvo como punto de partida las experiencias generadas en Finca la Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Paniagua, 2001), para fincas como La coneja, finca Yaudisia y finca La Esmeralda, en donde el volumen total de desechos sólidos a madurar es de alrededor de 4-5 metros cúbicos por semana y con rotaciones semanales durante 4 a 6 semanas, es suficiente 90 metros cuadrados de construcción para los procesos (área en piso). Las dimensiones deben ser preferiblemente de 6 metros de ancho por 15 metros de largo, ya que estas dimensiones permiten usar

muy eficientemente los materiales (perlin y zinc). Otra recomendación es construir el techo en una sola agua (figura 3A), esto es importante, porque permite mayor ventilación, no se acumulan gases, no es necesario construir monitores y se cubre mayor área que si se construye el techo en dos aguas (figura 3B). Un detalle importante es que el piso debe ser de concreto con un acabado que se conoce como quemado, de tal manera que se eviten accidentes y sea fácil de trabajar. Se debe considerar un desnivel de un 2 a 3 por ciento para que los líquidos perdidos por los materiales fluyan hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales (figura 3C). En cuanto a la altura se recomienda que el punto más bajo no sea menor de 2.5 metros (Figura 3D). Debe de tenerse el cuidado de no enviar las aguas de los techos al sistema de tratamiento.



Figura 3. Infraestructura para maduración aeróbica de los desechos sólidos orgánicos. A) Construcción con hierro galvanizado en una sola agua, B) Construcción con armadura de madera y techo de zinc a dos aguas, C) Piso de concreto quemado con drenaje para los lixiviados y D) Vista de la altura menor

3.3.1.2 Descomposición anaeróbica.

Este proceso se da en ausencia del oxígeno. En el ITCR se realizó la adaptación de una tecnología utilizada en la construcción de tanques sépticos donde se aprovecha la propiedad de flotación que tienen aquellos materiales menos densos que el agua al someterse a un proceso de fermentación. Con esto se logró madurar los desechos sólidos orgánicos lo suficiente para que este material fuera apto para las lombrices. Se realizaron diferentes ensayos con simuladores que permitieron conocer mejor la tecnología que posteriormente fue implementada a nivel de finca (anexo 5).

Estas dos tecnologías, la maduración aeróbica del estiércol (compostaje) y la maduración del anaeróbica del estiércol (mediante el uso de fosas) fueron adaptadas a nuestro medio. En el caso específico de este proyecto se utilizaron para darle la maduración necesaria a materiales de origen orgánico (especialmente estiércol), para que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) fuese capaz de trabajar eficientemente sobre dichos materiales.

3.3.1.3 Lombricultura.

La lombricultura es el cultivo de lombrices con el fin de ser utilizadas como medio para convertir los desechos orgánicos en fertilizantes y enmiendas del suelo, lo que se ha denominado vermicompost o lombricompost (Fraile, 1993).

La lombricultura se implementó en las fincas del proyecto como un mecanismo para dar un mayor grado de acabado a los sólidos orgánicos producidos en el sistema previo a un tratamiento de maduración; además, para que la biomasa de lombriz pudiera integrarse en el sistema como alimento en otras actividades como fue el caso en finca “La Esmeralda” y finca “San Isidro”, una vez que el lombricario alcanzó exceso de población. Respecto al modelo de los lechos (lugar donde se colocan las lombrices a consumir el material) se incentivó al productor a utilizar el sistema de cajas plásticas, en donde se recomienda usar entre 8 a 10 cajas en posición vertical. Estas cajas tienen

capacidad de 30 litros (figura 4A). Con este modelo se desarrollaron los lombricarios en 4 de las fincas. Mientras que en el caso de finca San Isidro de Sucre se construyó un modelo de cajones con capacidad de un metro cúbico cada uno, estos cajones se construyeron en concreto (bloques) con compuertas de madera (figura 4B). La razón de la variante fue básicamente para aprovechar infraestructura y porque el productor lo consideró más cómodo según sus necesidades.



Figura 4. Tecnologías utilizadas para la lombricultura. A) Lecho tipo caja, usado en cuatro de las fincas, B) Lecho tipo cajón, usado en finca San Isidro.

Los lombricarios se desarrollaron en un sistema de alimentación y extracción rotacional. Los períodos de rotación se establecían según las características y necesidades del productor.

Para efectos de validar el mejor grado de maduración de desechos sólidos orgánicos de los sistemas en estudio y conociendo el comportamiento del compostaje según Castillo (2002), se realizó un nuevo estudio en donde se sometieron las lombrices a sustratos con diferentes edades (2, 4, 6 semanas de maduración) (anexo 6). Se encontró que para la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) era indiferente cualquiera de los sustratos probados, ya que no se afectó ni el crecimiento ni la reproducción. Sin embargo, considerando aspectos de bioseguridad, especialmente en la relación trabajador – material en descomposición, se prefirió trabajar con materiales de no menos de 4 semanas, puesto que según Castillo (2002), por debajo de esta edad los materiales no son

aptos para manipularse manualmente. Como conclusión se recomienda, el uso de materiales con al menos cuatro semanas de maduración (anexo 6).

3.3.2 Tecnologías para el manejo de las aguas residuales

Siendo consecuentes con el concepto de reducción, como recomendación general se sugiere hacer un uso más racional del recurso agua, para ello se hicieron grandes esfuerzos para disminuir el agua de lavado de los corrales. Esto conlleva a una gran ventaja, independientemente si se decide verter o reusar. En caso de verter, el productor pagaría un monto significativamente más bajo que si continúa con los lavados de los corrales de forma tradicional, además la infraestructura necesaria será más pequeña por consiguiente de menor costo. Si el productor decide acogerse a la posibilidad del reuso, también tiene ventajas. La primera es la reducción en el costo de la infraestructura, la otra es que el efluente (bioabonos) tendrá mayor concentración de nutrientes por lo tanto con menor trabajo se tendrán mayores efectos en los cultivos.

A pesar de que es posible reducir a cero el gasto de agua, es uno de los paradigmas que es difícil romper. Sin duda, existe una tendencia a gastar mucha agua para ver limpias los corrales y áreas adyacentes; por lo tanto, siempre habrá líquidos que deben ser tratados. Sumado a esto debe considerarse la orina de los animales que también debe recibir tratamiento. Esto implica que se hace indispensable en todo sistema lechero la construcción de pilas para el tratamiento de aguas residuales. En el caso particular de las fincas en estudio, donde se implementó el tratamiento de sólidos bajo el modelo aeróbico (compostaje) y lombricultura, las pilas para el tratamiento de las aguas se construyeron en forma independiente al manejo de los sólidos, tal fue el caso de finca La Coneja (figura 5A y 5B).

Por otra parte, en el caso de las fincas en las cuales hubo que implementar el modelo anaeróbico, la infraestructura contemplaba simultáneamente la maduración de los sólidos orgánicos y el tratamiento de las aguas residuales, como se presentó en finca San Isidro en Sucre (figura 5C y 5D).

Además, en el tratamiento de las aguas residuales como mecanismo de limpieza se ha recomendado el uso de plantas como el lirio acuático (*Eichornia grassipes*) (figura 5B).



Figura 5. Tecnologías implementadas para el tratamiento de las aguas residuales, la Coneja y San Isidro, 2004. A) Estructura básica de pila de tratamiento independiente, B) Pila de tratamiento independiente con lirios cultivados, C) Estructura para la parte de maduración de los sólidos, D) Pilas anexas para tratamiento de las aguas residuales.

Finalmente, no debe perderse de vista el hecho importante de que estas aguas residuales tienen una gran cantidad de utilidades como biofertilizantes dentro del sistema lechero. En ese sentido, se ha recomendado a los productores que después de haber reducido al máximo el gasto de agua por lavado de corrales y de haber dado un tratamiento adecuado a las aguas residuales, se debe usar el efluente como un recurso aprovechable para el sistema especialmente dirigido a forrajes en forma de biofertilizante. Con esto es posible obviar el riesgo de que se

le aplique el reglamento por canon ambiental por vertido de aguas residuales y que por lo contrario el productor se ampare al decreto 26042-S-MINAE en su capítulo sexto (reuso de aguas residuales) artículo 32 y 33, específicamente en el que se refiere a reuso agrícola en cultivos no alimenticios (tipo 5); ya que esta es la alternativa más benévola entre la relación Estado – Productor (cuadro 4).

Cuadro 4. Límites máximos permisibles para el reuso de aguas residuales.

TIPO DE REUSO	PARAMETROS	
	(*)DBO _{5,20} (mg/l)	Coliformes Fecales/100 ml
Tipo 1	≤ 40	< 100
Tipo 2	----	< 1000
Tipo 3	----	< 100
Tipo 4	----	< 1000
Tipo 5	----	¹
Tipo 6	≤ 40	≤ 1000
Tipo 7	≤ 40	----
Tipo 8	----	≤ 100

Fuente: decreto 26042-S-MINAE

DBO, Demanda biológica de oxígeno

3.3.3 Efecto de la implementación de las tecnologías alternativas en el manejo de los sólidos orgánicos y las aguas residuales.

En primer lugar, el logro más importante es la satisfacción de ver cumplido el objetivo fundamental del proyecto, que fue implementar tecnologías alternativas para el manejo de los desechos sólidos orgánicos y de las aguas residuales. En este sentido debe decirse que en gran medida este logro se comparte con los productores que siempre manifestaron anuencia al cambio y una gran apertura.

Romper el paradigma que asocia el uso irracional del agua en el lavado de los corrales con higiene, que a su vez se asocia con la única manera de evitar

¹ Debe evitarse el pastoreo del ganado lechero durante los quince días siguientes a la finalización del riego. Si no se respeta este período, la concentración de coliformes fecales no deberá exceder los 1000/100 ml.

malos olores, presencia de moscas y poder producir leche con un alto nivel de calidad sanitaria, fue definitivamente otro logro sumamente importante. Con el proyecto quedó demostrado que se puede reducir significativamente el gasto de agua en los corrales sin afectar ninguna de las premisas anteriores (cuadro 5).

La reducción en el gasto del agua para el lavado de corrales en las cinco fincas fue evidente; así por ejemplo, finca La Esmeralda que presentó la máxima reducción, el gasto de agua disminuyó en un 97% ya que pasó de gastar 10.300 a 300 l/día, mientras que finca San Isidro que presentó la menor tasa de reducción (84,4%) pasó de 15.000 a solo 2500 l/día. Esta reducción, en términos económicos, representa una muy importante disminución de los gastos. Con este propósito se usaron los valores de los acueductos rurales y se aplicó al gasto de agua generado por la actividad (figura 6).

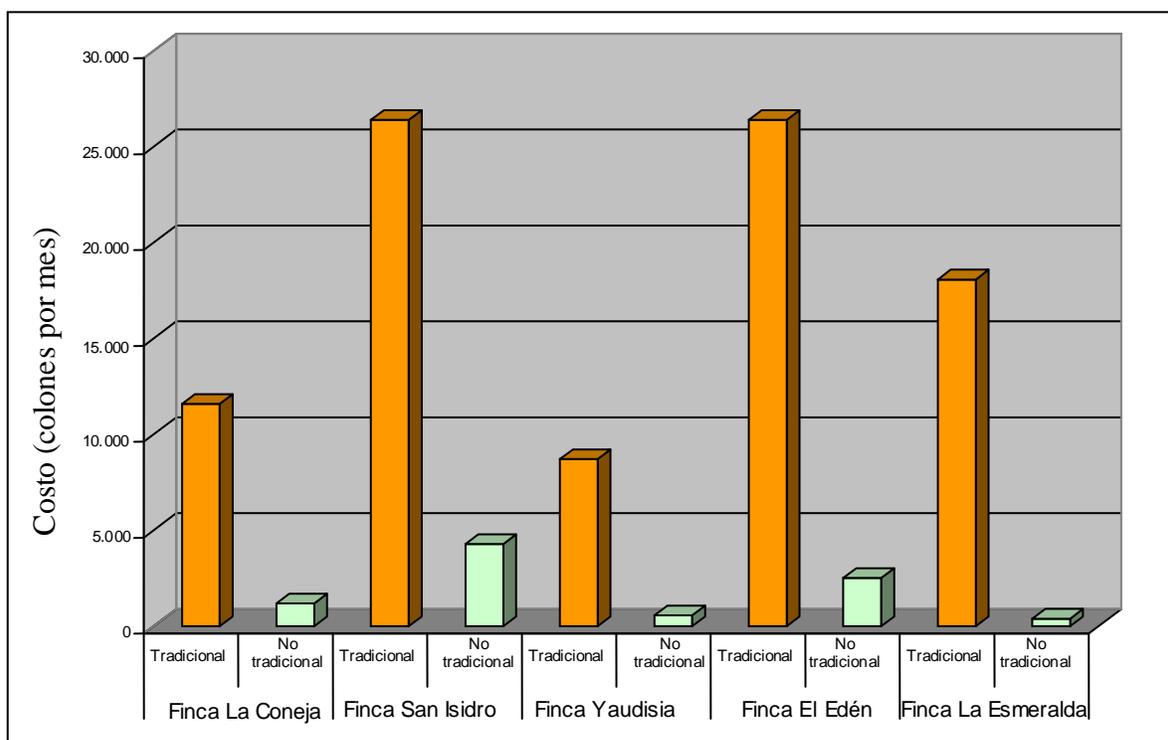


Figura 6. Costo del agua por mes, según los servicios de acueducto rural en labores de lavado de corrales con el manejo tradicional y no tradicional (después del proyecto). 2005.

Respecto al manejo del estiércol, el Proyecto tuvo un aporte muy importante en los productores, ya que hoy día se considera este material orgánico no como un desecho sino como un recurso aprovechable. En ese sentido, es destacable que del problema inicial diagnosticado se recicló el 100% del estiércol y además todo los materiales aprovechables fueron utilizados (residuos de forrajes, de concentrados, papeles y otros) Los datos observados en el diagnóstico dejaron de ser preocupantes para el productor en términos de contaminación ambiental y más bien pasaron a ser una satisfacción en el sentido de que hoy día cuentan con un insumo interno que ayuda en la nutrición de los forrajes y que podría mejorar los ingresos del productor (cuadro 5).

El efecto económico virtual por el pago del servicio de agua y canon de vertido bajo la condición de manejo tradicional de las cinco fincas en estudio fue muy significativo y quedó en evidencia que con la implementación de las tecnologías alternativas recomendadas los productores podrían bajar los costos de producción (cuadro 5).

Si se deja de lado el beneficio económico, tanto por la reducción eventual por pago del servicio de agua o por concepto de canon por vertido como los beneficios que genera la producción de abono como se evidencia en el cuadro 5, es necesario recordar que el fundamento del tema es en primer lugar de carácter ambiental. En ese sentido, se debe analizar detenidamente el comportamiento de los indicadores de contaminación presentes en cuadro 5. Por ejemplo, se observa que el DQO (Demanda Química de Oxígeno) en dos de las fincas fue menor antes del proyecto (868 mg/l y 559 mg/l), finca La Coneja y La Esmeralda, respectivamente. No parece tener lógica que la concentración aumente después del proyecto (con tratamiento); sin embargo, este comportamiento tiene una explicación. El DQO, representa la concentración de los materiales de una mezcla que están dispuestos a oxidarse, particularmente ciertas sales minerales y la mayoría de los compuestos orgánicos (Decreto 26042-S-MINAE). Por otra parte, el agua limpia posee una buena cantidad de oxígeno disuelto, de manera que conforme más se diluyan los contaminantes especialmente orgánicos, menor será

la concentración. En La Esmeralda, por ejemplo los 100 litros de estiércol se diluyen en 10300 litros de agua, cuando se dio un manejo tradicional, mostrando un DQO relativamente baja (559 mg/L). Lo mismo sucede con finca La Coneja (868 mg/L). En cambio, cuando se redujo el gasto del agua y la pila de tratamiento empezó a recibir orina y algo de estiércol que no es posible recoger, la concentración aumenta y eso es lo que indica el DQO (1508, La Coneja y 2051, La Esmeralda), (Cuadro 5). Ahora bien, entonces ¿Por qué disminuye significativamente el canon por vertido?, esto se debe a que la ecuación para el cálculo del canon es el producto de la concentración (DQO o SST) por el volumen de vertido. De tal forma que al recogerse los desechos sólidos (estiércol) se evita que la concentración aumente exageradamente y al reducir el gasto de agua, el producto de la ecuación del canon dará un resultado significativamente menor que si se maneja como se hace tradicionalmente.

Si se rescata el efecto positivo a favor del ambiente se puede concluir que si se recoge el estiércol de las lecherías y otras actividades y se reciclan hasta abonos orgánicos, y además se reduce significativamente el gasto de agua por el lavado de los corrales, es posible disminuir el costo por servicio de agua, disminuir el costo por concepto de canon de vertido, pero, primordialmente se tendrá la gran satisfacción de producir leche amigable con el ambiente y la sociedad. Leche que tendrá en el futuro más y mejores compradores.

Cuadro 5. Comportamiento de las fincas con manejo tradicional y no tradicional (después del Proyecto). 2004.

MODELO	Finca La Coneja		Finca San Isidro		Finca Yaudisia		Finca El Edén		Finca La Esmeralda	
	Tradicional	No tradicional	Tradicional	No tradicional	Tradicional	No tradicional	Tradicional	No tradicional	Tradicional	No tradicional
Estiércol (l/día)	100	*	600	*	500	*	700	*	100	*
Producción de abono orgánico (m ³ /mes)	-	3	-	6,5	-	8	-	8,5	-	5
Gasto de agua (l/día)	6.633	750	15.000	2500	5.000	400	15.000	1500	10.300	300
DQO (mg/l)	868	1508	2304	1882	1124	-	3111	1882	559	2051
SST (mg/l)	749	1100	1987	1145	942	-	2550	1145	482	1730
Costo del agua por mes (¢/m ³)	¢11.594	¢1.187	¢26.395	¢4.283	¢8.705	¢568	¢26.395	¢2.514	¢18.081	¢391
Canon ^T por vertido ((¢/mes) [‡]	¢2.676	¢490	¢17.192	¢1.935	¢2.837	-	¢22.214	¢611	¢2.675	¢283
Costo del agua + canon	¢14.270	¢1.678	¢43.587	¢6.218	¢11.542	¢568	¢48.609	¢3.125	¢20.756	¢674

* Material residual de la colecta de estiércol no calculado.

† Calculado con base en los datos de laboratorio y la fórmula para canon de vertido presentada en el decreto 31176-MINAE.

‡ Cambio del dólar 467 colones.

DQO Demanda química de oxígeno

SST Sólidos Suspendedos totales

3.4 Otros logros importantes.

3.4.1 Control de mosca doméstica (*Musca domestica*)

Los problemas con la mosca doméstica encontrados en cuatro de las fincas, fue considerado prioritario, ya que el impacto ambiental era muy fuerte y repercutía directamente con la salud pública y la calidad de vida de las personas. En ese sentido, la familia Chávez fue la más afectada.

La respuesta inmediata al problema se presentó cuando al incentivar un estudiante de la Escuela de Agronomía, se planteó el objetivo de buscar una solución integrada al problema (Araya, 2003). Como producto, existe un documento donde se plantea la metodología aplicada para el logro de los objetivos y se establecen las recomendaciones que deben seguir los productores para evitar poblaciones de este insecto (anexo 3).

3.5 Integración y evaluación de los productos generados por el manejo de los desechos en la lechería y/u otras actividades agrícolas del sistema.

El manejo de los recursos integrados involucra la interacción de nuevos rubros productivos como la avicultura en sistemas agrícolas existentes para lograr oportunidades y sinergismos. La avicultura en los países en vías de desarrollo puede mejorar la sustentabilidad de los ingresos, permitiendo que las familias y las comunidades manejen sus recursos naturales en forma eficiente. Los sistemas agrícolas integrados semi-intensivos son menos riesgosos debido a su eficiencia derivada de los sinergismos entre los rubros productivos, su diversidad de productos y su mayor seguridad para el medio ambiente. Lo anterior hace de estos sistemas una alternativa para beneficiar a los pequeños productores agropecuarios de países en vías de desarrollo (Lightfoot, 1995). En la Figura 7, se presenta un modelo de un sistema integrado, en el cual se basaron las propuestas desarrolladas para las diferentes fincas del proyecto.

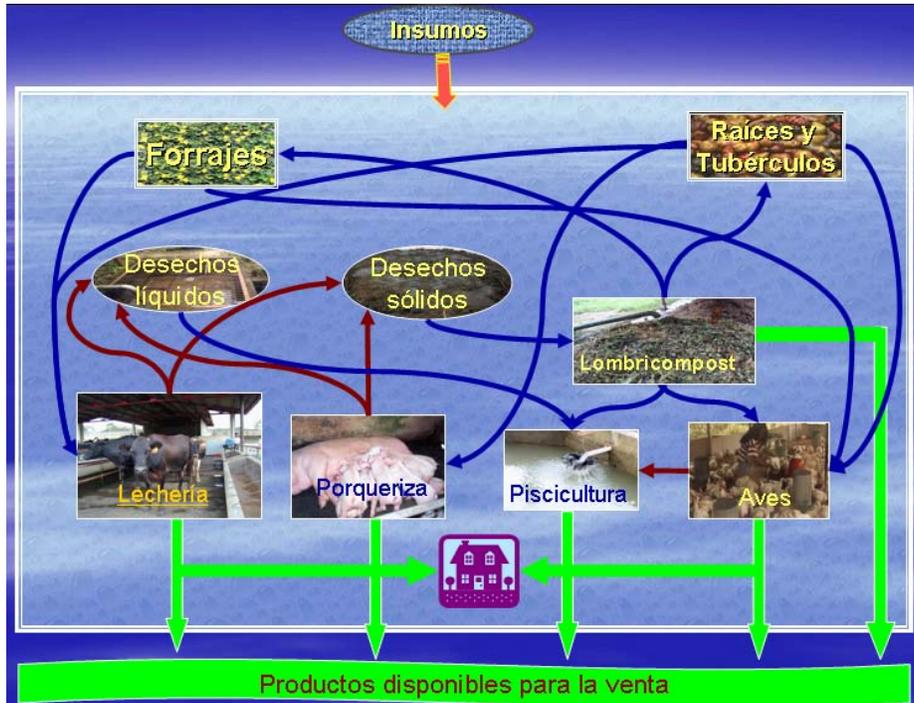


Figura 7. Representación gráfica de un sistema integrado.

3.5.1 Subproductos del sistema lechero –lombricultura- otros recursos- gallinas-lombriabono-huevos.

En las fincas involucradas se obtuvo una buena integración entre las actividades presentes dentro del sistema pero además se indujo a los productores al desarrollo de otras actividades que se asocian perfectamente con la nueva visión de finca integrada; así por ejemplo, en cuatro de las fincas se iniciaron pruebas con la producción alternativa de huevos. Para fortalecer el conocimiento en este campo se llevó a cabo un trabajo en finca La Esmeralda donde se demostró que es posible producir huevo hasta en un 85% suministrando fuentes alternativas como pastoreo de manicillo (*Arachis pintoi*), yuca (*Manihot sculantha*), lombriz roja (*Eisenia foetida*) y un 50% de concentrado que normalmente se usa en los sistemas tradicionales (Méndez, 2004). Para más información el documento completo aparece como anexo 7. En la figura 8, se observan algunas interacciones.



Figura 8. Alimentos alternativos para la producción de huevo en un sistema de lecherías integradas con bajos insumos. A) Biomasa de lombriz, subproducto del lombricario, B) Aves pastoreando *Arachis pintoi*, La Esmeralda 2004, C) aprovechamiento de las aves para mejorar la estructura del lombriabono, D) huevo alternativo producido en la Esmeralda.

3.5.2 Abono orgánico – Forrajes

En los sistemas lecheros la producción de bioabonos (sólidos y líquidos) son insumos que se integran fácilmente, así por ejemplo, en la finca La Coneja se producen considerables cantidades de lombriabono de alta calidad (figura 9A). Estos materiales en la finca han sido integrados con gran éxito para la fertilización de forrajes mejorados de alto valor nutricional (figura 9B).



Figura 9. Integración del abono orgánico para la nutrición de forrajes de alto valor alimenticio. A) Lombricompost, finca La Coneja, B) Pastura mejorada fertilizada con lombricompost, C) Uso estratégico del lombricompost en el cultivo de maíz, La Esmeralda, D) Uso de abonos líquidos por gravedad en el cultivo de la morera (Morus alba), finca San Isidro.

Por otro lado, en finca La Esmeralda se ha integrado el lombricompost como fertilizante en el cultivo del maíz bajo una modalidad en la cual se hace un uso estratégico del abono. Básicamente, la estrategia consiste en aplicar el abono orgánico localizado en la base del cultivo y se hace por única vez durante todo el ciclo del cultivo (figura 9C). Además, se recomienda ajustar las demandas nutricionales de la planta con producto sintético, para que las plántulas tengan un despegue inicial acelerado. Esta alternativa, permite disminuir gradualmente los fertilizantes químicos en las próximas generaciones, dependiendo del proceso de recuperación del suelo. Para el uso de estos abonos orgánicos se consideró los valores de elementos químicos reportados por Barrantes (2003), como respuesta

de los análisis realizados a los abonos orgánicos producidos en finca La Esmeralda

En finca San Isidro se integró las aguas residuales maduradas como biofertilizante aplicado por gravedad al cultivo de la morera (*Morus alba*) (figura 9D).

Esta integración que permite el uso de los biofertilizantes sólidos y líquidos para el manejo de la nutrición de los forrajes, permite al productor iniciar con un proceso gradual de disminución de la dependencia de los fertilizantes sintéticos con lo cual el sistema se verá, ambiental y económicamente favorecido.

En un intento por conocer el comportamiento de los forrajes a la fertilización orgánica, se realizó un ensayo, en el que se probaron diferentes dosis de lombriabono en pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*), (Villalobos, 2004). Ver los resultados en anexo 9.

3.5.3 Abono orgánico – hortalizas

Desde un principio se pensó que una actividad hortícola podía ser una opción para el uso del abono orgánico dentro del proceso de integración, pero era necesaria una valoración desde el punto de vista técnico y práctico de esta actividad. Consideraciones técnicas sugerían que esta actividad también debería estar dentro del concepto de bajos insumos externos y de un uso mínimo de pesticidas y fertilizantes sintéticos y con mayor uso del lombricompost, producido en finca. Así se concibió la idea de una producción organopónica lo que incluyó la construcción de invernaderos como la infraestructura básica para un ambiente que permitiría controlar el agua de riego y minimizar efectos bióticos y abióticos negativos sobre el desarrollo de los cultivos.

También se realizaron pruebas a nivel de campo con buenos resultados, por ejemplo en finca La Esmeralda se pudo producir melón con un excelente comportamiento del cultivo y una excelente producción (figura 10B).con base en fertilización orgánica usada en forma estratégica (figura 10A),

Por otro lado, en finca Yaudisia se hicieron pruebas en condiciones controladas con diferentes cultivos. El cultivo de pepino mostró un buen comportamiento de las plantas (figura 10C) y una excelente producción (figura 10D).



Figura 10. Integración del abono orgánico para la producción de hortalizas orgánicas. A) Uso estratégico del lombriabono en melón, La Esmeralda, B) Producción de melón con base orgánica, C) Cultivar de pepino con base orgánica, D) Producción de pepino bajo condiciones controladas, finca Yaudisia.

3.6 Divulgación de resultados

Dentro de los compromisos contemplados en el proyecto, se mencionó la realización de 5 días de campo y un taller final o taller de análisis de resultados. No obstante, por el impacto que generaron los resultados preliminares, se tuvo la oportunidad de realizar otros días de campo y además hubo una gran presión de parte de grupos organizados por conocer los resultados, especialmente en el campo del manejo de los sólidos orgánicos y de las aguas residuales, ya que

existía una gran inquietud por conocer las tecnologías que se estaban probando y por el impacto de las mismas en los sistemas lecheros. Estos antecedentes, promovieron una mayor divulgación, de tal forma que resultados preliminares fueron presentados en congresos, universidades nacionales y extranjeras, colegios y en diferentes reuniones especialmente organizadas por Cooprole R. L (Dos Pinos) y Coopelecheros R. L. Estas presentaciones han sido en forma de charlas y en algunos casos como artículos técnicos.

3.6.1 Días de campo oficiales según metas propuestas.

Dentro del proceso de divulgación, se contó con la participación de un total de 254 productores, distribuidos en los diferentes días de campo en las fincas involucradas

Cuadro 6. Días de campo realizados en las fincas, según avance del proyecto “Lecherías integradas en sistemas agropecuarios de bajos insumos externos”, 2002 al 2005.

<i>Fecha</i>	<i>Lugar</i>	<i>No de participantes (Anexo 8)</i>	<i>Aspectos mostrados</i>
4.10.02	<i>Finca la coneja, Sarapiquí</i>	39 lista 1)	<i>Charlas técnicas Modelo de limpieza con mínimo gasto de agua.</i>
12.06.03	<i>Finca Yaudisia, Monterrey</i>	44 (lista 2)	<i>Tratamiento de aguas residuales. Maduración aeróbica de los sólidos orgánicos</i>
26.11.03	<i>Finca San Isidro, Sucre</i>	80 (lista 3)	<i>Maduración anaeróbica de los sólidos orgánicos</i>
7.05.04	<i>Finca La Esmeralda</i>	72 (lista 4)	<i>Lombricultura Mejoras en crianza de terneras</i>
4.02.05	<i>Finca La Vega</i>	19 (lista 5)	<i>Control de mosca doméstica</i>

3.6.1.1 Primer día de campo

El primer día de campo oficial fue realizado en Fincagua de Sarapiquí, el día 4 de octubre del 2002. Hubo una participación de 39 personas de la zona (anexo 8, lista 1). El día de Campo consistió de varias charlas y una gira de campo, en la cual se mostró a los participantes los avances del proyecto y las experiencias que se habían generado hasta ese momento, (Figura 11A, 11B, 11C y 11D).



Figura 11. Imágenes de día de campo. Fincagua, Sarapiquí. 2002. A) Área de charlas, B) Área de maduración y producción de abonos, C) Manejo de terneras y D) Readecuación de canoa para evitar pérdidas de concentrado y proliferación de moscas

3.6.1.2 Segundo día de campo

El segundo día de campo oficial fue realizado en finca Yaudisia, Monterrey, el día 12 de junio del 2003. Hubo una participación de 44 personas de la zona (anexo 8, lista 2). El día de campo consistió de varias charlas y una gira de campo, en la cual se mostró a los participantes los avances del proyecto y las experiencias que se habían generado hasta ese momento. El grupo estuvo muy impactado por los niveles de producción de lombriabono y por la producción de hortalizas bajo invernadero (Figura 12 A, 12 B, 12 C y 12 D).



Figura 12. Imágenes de día de campo. Finca Yaudisia, Monterrey. 2003. A) Área de charlas, B) Producción de lombriabono, C) Producción de hortalizas bajo invernadero, D) Producción de pepino bajo invernadero, usando el lombriabono producido en la finca.

3.6.1.3 Tercer día de campo

El tercer día de campo fue realizado en finca San Isidro, Quesada, el día 26 de noviembre del 2004. Hubo una participación de 80 personas de la zona (anexo 8, lista 3). El día de campo consistió de varias charlas y una gira de campo, en la cual se mostró a los participantes los avances del proyecto y las experiencias que se habían generado hasta ese momento. El grupo estuvo muy interesado por el

modelo de maduración del estiércol en fosas en condiciones anaeróbicas (figura 14A). También, llamó la atención el modelo y la magnitud del lombricario (figura 14B); concepto de reuso de las aguas residuales para fertilizar el cultivo de morera por gravedad (figura 14C), especialmente, llamó la atención la respuesta del cultivo de anturios al uso del lombriabono (Figura 14D).



Figura 14. Imágenes de día de campo. Finca San Isidro, Quesada. 2004. A) Participantes en día de campo observando modelo anaeróbico de maduración de sólidos orgánicos y tratamiento de aguas residuales, B) Modelo de lombricario (tipo cajones), C) Producción de morera para la alimentación de los animales a base del reuso de efluentes tratados y D) Uso del lombriabono para la producción de anturios.

3.6.1.4 Cuarto día de campo

El cuarto día de campo fue realizado en finca La Esmeralda, Florencia, el día 7 de mayo del 2004. Hubo una participación de 73 personas de la zona (anexo 8, lista 4). El día de campo consistió de varias charlas y una gira de campo, en la cual se mostró a los participantes los avances del proyecto y las

experiencias que se habían generado hasta ese momento. El grupo (figura 13A), estuvo muy impactado por el modelo de manejo de los corrales con cero gasto de agua, en donde en lugar de lavarse los corrales se prefiere recoger con pala en pequeñas cajas plásticas (figura 13B). También gustó mucho el concepto de uso estratégico del abono orgánico para la producción de maíz forrajero (figura 13C) y su consumo en comederos tipo cepos. En este modelo los animales consumen una ración de forraje de alta calidad nutricional y los cepos los mantiene en un solo lugar, de manera que el consumo es individual (Figura 13D).



Figura 13. Imágenes de día de campo. Finca La Esmeralda, Florencia. 2004. A) Grupo de participantes en período de charlas, B) Modelo de limpieza de corrales, en cajas con cero gasto de agua, C) Uso estratégico, del lombriabono en el cultivo de maíz y D) Animales en producción consumiendo maíz en cepos.

3.6.1.5 Quinto día de campo

El quinto día de campo fue realizado en finca El Edén, La Vega, el día 4 de febrero del 2005. Este día de campo se llevó a cabo el mismo día del taller final. Hubo una participación de 19 personas de la zona (anexo 8, lista 5). Después de las charlas presentadas por los productores, se realizó una gira a la finca del señor Retana, propietario de finca “El Edén”, en la cual se mostró a los participantes los avances del proyecto y las experiencias que se habían generado. En esta ocasión, el grupo mostró gran interés en el modelo de maduración del estiércol y tratamiento de las aguas residuales (figura 15A), en el cual, a diferencia del modelo desarrollado en finca San Isidro, en Sucre, las pilas fueron construidas por encima del nivel del piso. Esta situación prevé que el estiércol debe ser recogido en seco (figura 15B); hecho muy favorable porque permite al productor reducir significativamente el uso del agua para el lavado de los corrales. El señor Retana aprovechó para mostrar los resultados finales del reciclaje del estiércol (figura 15C), mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), utilizando el modelo de cajas plásticas en posición vertical desarrollado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía. Finalmente, en la Figura 15D, se observa la quebrada en excelentes condiciones, lo cual contrasta con la figura 1D. En esta ocasión, se aprovechó para recalcar el impacto ambiental positivo del proyecto en los sistemas lecheros y de la importancia de seguir desarrollando este tipo de proyectos, ya que las imágenes presentadas en las figuras 1D y 15D corresponden a la misma quebrada en finca “El Edén”.



Figura 15. Imágenes de día de campo. Finca El Edén, La Vega. 2005. A) Visitantes observando modelo anaeróbica de maduración del estiércol, B) Modelo de recolección de estiércol en seco, C) Don Rodrigo mostrando el lombrabono, D) Condición actual del agua de la quebrada después del proyecto.

3.6.2 Otros días de campo.

Dentro de otros días de campo, se debe mencionar la realización de dos eventos formales: el primero, organizado por La Asociación de Criadores de Ganado Jersey, La Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Cooperativa de Productores de Leche R. L; el segundo organizado por el MINAE-MAG-ITCR. También se han realizado diversas giras de campo, especialmente con el propósito de conocer el manejo de los corrales con cero lavado de corrales, reciclaje de estiércol mediante la maduración y la lombricultura, especialmente en la lechería de La Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Cuadro 7. Otros días de campo realizados, según avance del proyecto “Lecherías integradas en sistemas agropecuarios de bajos insumos externos”, 2002 al 2005

Otros días de campo			
14.04.04	La Esmeralda	19 (lista 6)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Productores de leche Procedencia: La fortuna, Dos Pinos Categoría: Día de campo
21.09.02	La Esmeralda Asociación jersey Dos Pinos ITCR	98 (lista 7)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Productores de leche Procedencia: Todo el país Categoría: Día de campo
6.11.02	La Esmeralda	33 (lista 8)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Productores de leche Procedencia: Guanacaste Categoría: Día de campo
9.04.03	La Esmeralda	42 (lista 9)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Productores de leche Procedencia: Meseta Central Categoría: Día de campo
16.05.03	La Esmeralda	6 (lista 10)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Empleados del Hospital Procedencia: San Ramón Categoría: Visita a la finca
4.03.04	La Esmeralda	26 (lista 11)	Tema: Manejo de sistemas agropecuarios integrados Grupo: Estudiantes de colegio Procedencia: San Carlos Categoría: Visita a la finca
27.03.04	La Esmeralda	16 (lista 12)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Curso de agricultura orgánica Procedencia: UCR Categoría: Visita a unidad
10.10.04	La Esmeralda	20 (lista 13)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: Curso de agricultura orgánica Procedencia: UCR Categoría: Visita a unidad
8.02.05	Finca en San Vicente	13 (lista 14)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: GTT, San Vicente Procedencia: San Carlos Categoría: Día de Campo

Otros días de campo

9.02.05	Finca "Marco Corrales"	20 (lista 15)	Tema: Manejo de sólidos orgánico y aguas residuales. Grupo: GTT, Florencia Procedencia: San Carlos Categoría: Día de campo
----------------	------------------------	---------------	---

3.6.3 Participación con ponencias en congresos, centros universitarios y grupos de productores.

La forma con la cual se logró mayor divulgación de los alcances y logros del proyecto, precisamente, ha sido a través de la presentación de charlas en congresos, en universidades nacionales y extranjeras y múltiples presentaciones a grupo de productores

- Producción de abono orgánico, como medida para mitigar el impacto ambiental causado por los sistemas lecheros de Costa Rica. Experiencias, Escuela de Agronomía". I Congreso Cooperativo, Dos Pinos. Coyol, Alajuela. Costa Rica. 2002.
- Problemática ambiental y alternativa de manejo de aguas residuales y sólidos orgánicos". Ciclo de Seminarios 2003. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Veracruz, México. 2003.
- Problemática ambiental y alternativa de manejo de aguas residuales y sólidos Orgánicos en Ganadería Bovina". Ciclo de Conferencias en Ganadería Bovina 2003. Asociación Ganadera Local de Coatzintla, Veracruz, México. 2003.
- Charla a productores de leche del estado de Aguas Calientes, México; sobre "Gestión ambiental en sistemas lecheros". 2 de diciembre del 2004.
- Charla a estudiantes de pregrado de la carrera de veterinaria de la Universidad Autónoma de Aguas Calientes, Aguas Calientes, México. 2004.

- Charla a estudiantes y profesores del programa de post-grado, maestría en ciencias “Manejo de Agroecosistemas y Recursos Naturales” sobre el tema “Gestión ambiental en lecherías”. Universidad Autónoma de Aguas Calientes, Aguas Calientes, México. 2004..
- Charla a estudiantes del programa de medicina veterinaria, tema “Gestión ambiental en la ganadería”. Escuela de Medicina y Cirugía Veterinaria, “San Francisco de Asís”. 10 y 11 de febrero del 2005.

4 CONCLUSIONES

- Según los resultados, fue evidente que se hace un uso irracional del recurso agua para el lavado de corrales en las lecherías, ya que en promedio se redujo el gasto del agua en un 90 %, sin que esto signifique, problemas de malos olores, presencia de mosca doméstica o se pusiera en riesgo la calidad sanitaria de la leche.
- La maduración aeróbica (compostaje) y la maduración anaeróbica (pilas) de los sólidos orgánicos integrada a un lombricario, son dos tecnologías alternativas para el reciclaje de los sólidos orgánicos.
- Es impostergable, para bien del ambiente que los productores reconozcan que reciclando el estiércol y otros materiales orgánicos subproductos de la actividad lechera es posible producir leche en armonía con el ambiente y la sociedad.
- Los abonos orgánicos producto del reciclaje del estiércol y otras fuentes como: residuos de forrajes, de concentrados, de papel entre otras, pueden ayudar al productor a disminuir la dependencia de los fertilizantes sintéticos.
- Quedó evidencia que mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) puede reciclarse la totalidad de los materiales orgánicos como el estiércol hasta productos más limpios como los abonos orgánicos, siempre que se le dé a estos residuos un proceso previo de maduración.
- El reciclaje de los residuos orgánicos de una lechería, al ser reciclados no solo mejora las relaciones del productor con el medio ambiente y la sociedad; sino que, también le permite integrar otras actividades como

la producción alternativa de huevos o la producción de hortalizas organopónicas a su sistema de producción de leche.

- Reducir el gasto de agua para el lavado de corrales y madurar las aguas residuales le facilita al productor obtener un permiso de funcionamiento y ampararse a la opción de “reuso de aguas residuales” (Capítulo VI, Artículo 32), para reuso “agrícola en cultivos no alimenticios” específicamente, en riego de forrajes para ganado lechero (Artículo 33, tipo 5) del decreto 26042-S-MINAE.

5 BIBLIOGRAFÍA

Araya, R. 2003. Control integrado de la Mosca Doméstica (*Musca domestica*) en dos sistemas pecuarios. Informe presentado a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agrónomo con grado de Bachiller. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 2003.

Barrantes, J. D. 2003. Evaluación de la tasa de reproducción de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) y producción, calidad física, química y microbiológica del lombriabono. Tesis presentada a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar grado de licenciado en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 2003.

Castillo J, F. 2002. Producción de abono orgánico en la granja del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, utilizando estiércol de bovinos y porcinos. Tesis para optar a la especialidad Fitotecnia, universidad Autónoma Chapingo, México. p 59.

Chacón D, A. G. 1999. Manual práctico para la fabricación de abono orgánico, utilizando lombrices. Biomass Users Network. Costa Rica.

Compagnoni, L. 1983. Cría moderna de lombrices. El abono más económico, rentable y eficaz. Ed. De Vecchi, Barcelona, España.

Decreto ejecutivo 26042-S-MINAE. Vertido y reuso de aguas residuales. Publicado en la Gaceta del 19 de junio de 1997. 25pp

Decreto ejecutivo 31176-MINAE. Canon ambiental por vertidos. Publicado en la Gaceta del 22 de abril del 2002. 11pp.

- Del Val, A. 1993. El libro del reciclaje, manual para recuperación y aprovechamiento de las basuras. Ed., integral. Madrid, España.
- Fraile, J. 1993. Lombrices de tierra contribuyen al aprovechamiento de los recursos naturales. El agricultor costarricense. (C. R.)50(5-6):96-99.
- Lighfoot, C; Bimbao, M; Dalsgaard, J; Pullin, R. Acuicultura y Sustentabilidad a través del Manejo de los Recursos Integrados. Revista Agroecología y Desarrollo 8 (9): 52-56. 1995.
- Méndez, P. 2004. Producción alternativa de huevo en un sistema agropecuario integrado con bajos insumos externos. Informe presentado a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agrónomo con grado de Bachiller. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 2004.
- Paniagua, M. W. 2001. Manejo de desechos orgánicos con tecnologías limpias en la porcicultura. In: IV Curso, Manejo y Utilización de Remanentes de granjas Porcinas. Guápiles, Pococí. PITTA-Cerdos. Costa Rica, C. A.
- Tineo B, A. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Villalobos, S. 2004. Efecto de la fertilización orgánica con lombricompost sobre la producción de forrajes del Pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) en la zona baja de San Carlos, Costa Rica. Informe presentado a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agrónomo con grado de Bachiller. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 2004.