CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION

ESCUELA DE POSGRADO

GASTOS DEFENSIVOS DEL BENEFICIADO DE CAFE EN LA ZONA PACIFICA CENTRAL DE NICARAGUA

POR

LUZ VIOLETA MOLINA GOMEZ

CATIE

Turrialba, Costa Rica
1999

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

GASTOS DEFENSIVOS DEL BENEFICIADO DE CAFÉ EN ZONA PACÍFICA CENTRAL DE NICARAGUA

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae

Por

Luz Violeta Molina Gómez

Turrialba, Costa Rica

1999

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

Juan Antonio Aguirre, PhD.
Consejero Principal

Eduardo Somarriba, PhD.
Miembro Comité Consejero

Manuel Gómez, Msc.
Miembro Comité Consejero

Gilberto Páez, PhD.
Director y Decano de la Escuela de Posgrado

Luz Violeta Molina G.
Candidato

DEDICATORIA

A mi madre, que me enseñó la importancia de ver el futuro con optimismo y tener siempre una meta más allá.

A mi esposo e hijas, que con amor renunciaron a estar a mi lado por cientos de horas, para que esta tesis se materializara.

A mis amigas especiales: Zenia, María José, Glenda, Eufemia, Maira y Yanira, que compartieron los desvelos, las lágrimas, las risas y otros anexos que no aparecen aquí.

A mis profesores, cuya contribución a mi formación es invaluable...

Agradecimientos:

A Dios y María, Padre Maravilloso y Madre amorosa que con indulgencia me condujeron al buen término de este trabajo.

A PROSIBONA y DANIDA que financiaron mis estudios de posgrado y esta investigación.

A la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, Managua, Nicaragua) y su Facultad de Ingeniería Química que me brindaron todo el apoyo para poder realizar estos dos años de estudios.

A mi esposo, que no me abandonó nunca en estos dos años, por el contrario, siempre me acompañó.

A los profesores que nos han brindado sus conocimientos y experiencias incluso más allá de las aulas de clase: Oscar Sanabria, Dr. Juan Aguirre, Dr, Robert Hearne, Dr. Kess Prins.

A mis compañeros de maestría, que hicieron que el balance de momentos compartidos sea positivo y se incline siempre hacia el el compañerismo y la solidaridad.

A todos los trabajadores de la Escuela de postgrado del CATIE, que siempre apoyaron con amabilidad y diligencia las gestiones que tuvimos que emprender.

Al Ing. Sergio Gámez quien siempre estuvo anuente a brindar información y asesoría para este trabajo, además de que, en su calidad de director del PIDMA-UNI, facilitó la realización de los análisis de aguas residuales para esta investigación

A los trabajadores, administradores y dueños de los beneficios participantes en este estudio, en especial los sres.: Armando Ramírez, Manuel Guevara, Sergio Zeledón, Roberto Cardenal, Miguel Angel Cordero, Francisco Baltodano, Bernardo Guevara, Nicolás Bolaños y Edgardo Castro.

A las Sras: Ruth Cabrera, Dora Estrada y Teresa Hernández, que apoyaron indirectamente este trabajo. Al Sr. Oscar Solís, quién me sirviera como acompañante y conductor, durante las visitas a los beneficios.

CONTENIDO

TEMA pág

Portada i
Hoja de aprobación ii
Dedicatoria iii
Agradecimientos iv
Contenido v
Resumen viii
Sumary x
Lista de Cuadros xii
Lista de Figuras xiii
I.- Introducción 1
1.1.- Objetivos 2
1.2.- Hipótesis 3
II.- Revisión de literatura 4
2.1.- Generalidades sobre Beneficiado de Café 4
2.1.1. Beneficiado Ecológico 4
2.1.2. El beneficiado de café en la zona de estudio 5
2.1.2.1. Corte y Recibo del café 7
2.1.2.2. Despulpado, selección intermedia y repaso 7
2.1.2.3. Desmucilaginado 8
2.1.2.4. Lavado del café en pergamino 8
2.1.2.5. Oreado, Secado, trillado, limpieza y empaque final 9
2.1.3. Los efectos contaminantes del beneficiado húmedo del café 9
2.2.- Tratamiento/aprovechamiento de los desechos del beneficiado 11
2.2.1. Aprovechamiento de la pulpa del café 11
2.2.2.1. Pulpa seca empleada como combustible. 11
2.2.1.1 La pulpa como sustrato para lombricultura (Vermicompostaje) 13
2.2.1.2 La pulpa descompuesta: excelente como abono orgánico 14
2.2.2 Aprovechamiento de la cascarilla o pergamino del café 15
2.2.3 Disposición/Tratamiento/Aprovechamiento de las aguas residuales del beneficiado de café 16
2.2.3.1 El lagunaje 18
2.2.3.2 Reactores anaerobios: 19
2.3.- Políticas y legislación ambiental en Nicaragua: Pautas generales para la disposición de desechos sólidos y líquidos 20
2.4.- Costos defensivos: 21

TEMA pág

III.- MATERIAL Y MÉTODO 23
3.1.- Descripción del área de estudio 23
3.2.- Material experimental 24
3.2.1. Descripción de la población en estudio 24
3.2.2. Tamaño, selección y características de la muestra 25
3.2.3. Clasificación y descripción de variables. Metodología de determinación. 26
3.2.3.1. Variables para caracterización de los desechos sólidos y líquidos del beneficiado y de valoración de eficiencia para los sistemas de tratamiento 26
3.2.3.2. Variables económicas relativas a los sistemas de tratamiento o aprovechamiento de los desechos, para determinación de los costos defensivos. 30
3.2.3.3. Variables para determinación del Indice de Riesgo Ambiental de cada beneficio. 31
3.2.3.4. -Variables de influencia sobre la disposición a invertir en tecnologías limpias 33
3.2.4. Material experimental de fuente secundaria. 35
3.3.- Procedimientos analíticos 35
3.3.1. Estadísticas descriptivas 35
3.3.2 Evaluación de alternativas para aprovechamiento de desechos sólidos.... 36
3.3.3. Programación lineal aplicada a la selección de alternativas de aprovechamiento de subproductos 37
3.3.4. Determinación del costo defensivo 39
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42
4.1.- Caracterización de los desechos del beneficiado en la zona 42
4.1.1. Aprovechamiento/disposición de la pulpa en los beneficios. 45
4.1.2. Aprovechamiento de la cascarilla 47
4.1.3. Volúmenes de aguas mieles generados en cada beneficio 48
4.2.- Evaluación de los sistemas de tratamiento/aprovechamiento detectados en los beneficios de la zona. 52
4.2.1. Costos e ingresos asociados al secado y combustión de pulpa. 52
4.2.2. Costos e ingresos asociados a la producción de abono de pulpa de café. . 55
4.2.3. Costos e ingresos para producción de vermiabono a partir de pulpa. 57
4.2.4. Selección de la combinación óptima de alternativas de uso de la pulpa. .. 60
4.2.5. Evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas. 61
4.3.- Determinación de costos defensivos actuales de aplicados en la zona 65
4.4.- Estimación de costos defensivos futuros en beneficios integrados 66
4.5.- Indice de riesgo ambiental de los beneficios estudiados 69
4.6.- Disposición a invertir en tecnologias limpias. 70

TEMA pág

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72
VI.- BIBLIOGRAFIA 74
VII.- ANEXOS 80
Anexo 1: Resumen de inventario tecnológico efectuado en los beneficios integrados de la zona Pacífica Central de Nicaragua 81
Anexo 2: Datos de café cereza que ingresa semanalmente a cada beneficio integrado 82
Anexo 3: Hojas de cálculo utilizadas en la simulación de diferentes usos de la pulpa, bajo distintas modalidades. 83
Anexo 4: Resultado del programa lineal para selección del uso óptimo de la pulpa. 92
Anexo 5: Formatos de encuestas utilizados y resumen de resultados para la disposición a invertir en tecnologías limpias. 93

Molina Gómez, L.V. 1999. Costos defensivos por beneficiado de café en zona Pacífica Central de Nicaragua. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae CATIE, Turrialba, Costa Rica. 100 p.

Palabras claves: Contaminación por beneficiado de café, aguas mieles, usos pulpa, gastos defensivos, recirculación de agua, economía subproductos de café.

RESUMEN

En Nicaragua el café se beneficia por vía húmeda. En la zona Pacífica Central se encuentran los beneficios integrados del país, donde se efectúan consecutivamente el proceso húmedo y luego las etapas secas (Gámez 1998). En el beneficiado húmedo se desprende poco menos del 60% del peso del fruto del café como desecho (40% pulpa y 18% mucílago, Rodas, 1988) y esto se convierte en contaminante si no es adecuadamente dispuesto o tratado. Este estudio pretende contribuir al fomento del beneficiado limpio en esa zona, proponiendo alternativas rentables de uso de la pulpa y la aplicación del concepto de gasto defensivo como medida correctiva o reductora de daños sobre el ambiente.

Se cuantificó la magnitud y calidad de los desechos sólidos y líquidos emanados por 7 de los 10 beneficios integrados que existen en el sitio, realizando visitas y mediciones directas. Mediante encuesta y recolección de información secundaria se conoció sobre los sistemas de aprovechamiento de pulpa y disposición de aguas mieles existentes en cada beneficio, se estimó la eficiencia y los costos de inversión, de operación y mantenimiento de cada sistema. Con análisis beneficio/costo y optimización en programación lineal se seleccionó la mejor alternativa de uso de pulpa entre compostaje, secado y combustión y su uso como sustrato para la lombricultura. En cuanto a los sistemas de tratamiento de aguas solamente se encontraron estanques sin el manejo y control necesarios para conseguir degradación biológica de la carga orgánica que reciben.

Se determinó el costo defensivo de los sistemas de ahorro de agua y de disposición de las aguas de desecho. Por tratarse de sistemas de recirculación instalados hace más de 15 años, se asumió que el valor de la inversión se había ya agotado. El costo defensivo promedio así determinado resultó de 0.121 US$/qqoro, que es un 40% inferior al gasto de recirculación y lagunaje reportado en beneficios de similar tamaño en Costa Rica (Salguero, 1996).

Para gastos defensivos proyectados a futuro se consideró el rediseño de lagunas en los beneficios que ya tenían, y el diseño en los que no tenían. En los costos de operación proyectados se consideró la neutralización con cal de los volúmenes de agua que se acumulen dentro de los estanques. También se proyectaron costos defensivos futuros

considerando la renovación total de los sistemas de recirculación y se encontró que este gasto sería prohibitivo solo para los beneficios más pequeños. El valor promedio del costo defensivo futuro así proyectado fue de 0.636 US$/$qq_{oro}$.

Se aplicó la metodología propuesta por Lardé (1998) para la estimación de un índice de riesgo ambiental que clasifica a los beneficios según la peligrosidad que sus desechos representan.

Finalmente, se evaluó la disposición de los beneficiadores a invertir en tecnologías limpias, utilizando nueve factores propuestos intuitivamente, de los que solo resultaron discriminantes dos: la disponibilidad de capital y las perspectivas de desarrollo de la caficultura en la zona.

Se concluyó que la mitad de los beneficios estudiados no aprovecha la pulpa aún cuando cualquiera de los usos evaluados resulta rentable. Solo dos beneficios practican el compostaje, mientras otros dos aprovechan la pulpa como combustible y uno la dedica a la lombricultura. El compostaje es la alternativa óptima de uso de la pulpa, dadas las restricciones de capital de los beneficiadores.

En cuanto a las aguas residuales, las conclusiones fueron que los volúmenes de agua empleados son relativamente bajos pero esto implica contaminación más concentrada. Los sistemas de tratamiento encontrados (lagunas) no son eficientes como tales, pero al menos funcionan como sistemas de retención que impiden la propagación del agua contaminada. La disposición más apropiada y barata para estas aguas es su vertido en estanques de evaporación e infiltración, que es con lo que se proyectaron los costos defensivos futuros en todos los beneficios.

El índice de riesgo ambiental indicó que D e I son beneficios de bajo riesgo, mientras que los demás se clasifican como de mediano riesgo. El mayor índice de riesgo lo presentó el beneficio A.

La valoración de disposición de los beneficiadores para invertir en tecnologías limpias permitió agrupar a los beneficios en dos categorías: Mediana disposición para A, B, E, H, I e J, mientras que C, D y G se sitúan en la categoría de disposición alta. La disposición de los beneficiadores para adoptar nuevas tecnologías se vio favorecida al proporcionarles a éstos mayor información sobre las alternativas de uso y tratamiento de sus desechos, adecuándola a la realidad de cada beneficio.

Molina Gómez, L.V. 1999 Defensive costs by coffee processing industries in Central Pacific area of Nicaragua. Thesis Magister Sc. CATIE, Turrialba, C.R.. 100 p.

Key words: Coffee processing, wastewater, defensive costs, waters recirculation, water pollution.

SUMMARY

In Nicaragua the coffee processing is water intensive. In the Central Pacific area there are ten coffee processing plants which have humid and dry stages consecutively. These are called "integrated coffee processing plants". (Gámez, 1998). The by-products of these plants (coffee pulp, coffee husk and wastewater) become pollutants if they are not appropriately discharged and treated.

This study seeks to contribute to the use of clean technologies for coffee processing in Nicaragua, proposing profitable alternatives of use of the coffee pulp and application of the concept of defensive costs as a measurement of environmental damages.

The quantity and quality of solid and liquid wastes of seven coffee processing plants were measured in the Central Pacific area.

Information on pulp use, discharge, and processing of wastewater in each plant, was gathered through secondary data a survey of plant manager.

The efficiency and relative costs of the systems were estimated, choosing the optimum by means of linear programming. Wastewater treatment systems, in the area consisted only of ponds without the management and necessary control for the biological degradation of the organic load that they receive.

The defensive costs of waters recirculation and wastewater discharges were calculated, its mean value was 0.121 US$/46 $kg_{green\ coffee}$ which is a 40% below of the same defensive cost calculated by Salguero (1996) in Costa Rica.

The future defensive costs were projected accounting for the redesign of existent lagoons and design of evaporation-infiltration ponds in those plants where they do not exist. In the operation costs was considered the neutralization with line for accumulated water on the ponds. They were also projected cost defensive futures considering total renovation of recirculation systems and it was found that this expense would be prohibitive for the

smallest plants. The mean value of this future defensive cost was 0.636 US$ for each 46 kg of high quality coffee.

The methodology proposed by Lardé (1998) for estimation of an environmental risk index was applied, to classify the coffee processing plants according to the danger imposed by their waste.

Finally, the disposition of coffee processing to plant managers invest in clean technologies was evaluated, using nine factors intuitively proposed. Two of these where significant: the availability of capital readiness and the development perspective of the coffee grown in the area.

The study concludes that half of coffee processing plants does not take advantage of the pulp that each one generates. Only two plants produces pulp fertilizer, while two other produce pulp fuel and one raises worms with pulp considering capital restrictions that people expressed. The pulp fertilizer production is the best use of the pulp.

With respect to wastewater, the study concludes that their volumes are relatively low but their contamination is highly concentrated. The opposing treatment systems (lagoons) are not efficient, but at least they work as retention systems that impede the propagation of the polluted water. The most appropriate and cost efficient disposition for these waters is in evaporation ponds and infiltration.

The environmental risk index appointed that two plants are of low risk, while the other ones are classified as medium risk. The biggest risk index was presented by plant A.

Two categories for the disposition to invest in clean technologies were established: Medium disposition (A,B,E,H,I,J); high disposition (C,D,G).

Lista de Cuadros:

Título pág.

Cuadro 1: Parámetros fisicoquímicos de aguas de despulpado evaluadas en diferentes sitios 10

Cuadro 2: Parámetros fisicoquímicos de aguas de lavado de diferentes muestras 11

Cuadro 3: Beneficios Integrados de Nicaragua, ubicación y capacidad instalada 24

Cuadro 4: Variables auxiliares evaluadas para la cuantificación de desechos en beneficios integrados 27

Cuadro 5: Indicadores de calidad de agua evaluados en aguas de los beneficios integrados 29

Cuadro 6: Criterios básicos de Lardé para definir el índice de riesgo ambiental (R_{amb}) de los beneficios de café en El Salvador 32

Cuadro 7: Criterios para evaluar el índice de riesgo ambiental (R_{amb}) de los beneficios integrados en Zona Pacífica Central de Nicaragua 32

Cuadro 8: Peso y volumen promedio de pulpa generada en cada beneficio integrado 43

Cuadro 9: Resultados de ensayos de humedad y densidad aparente para muestras de pulpa 44

Cuadro 10: Peso y volumen de cascarilla de café generada en cada beneficio integrado. .. 45

Cuadro 11: Sistemas de recirculación o de ahorro de agua en los beneficios estudiados.... 48

Cuadro 12: Caudales promedio de aguas mieles por beneficio y por operación. 49

Cuadro 13: Resultados de análisis de laboratorio en aguas mieles de los beneficios. 50

Cuadro 14: Resumen de cargas contaminantes por tiempo y por unidad de producción..... 51

Cuadro 15: Costos unitarios promedio de actividades e insumos en la zona de estudio. 52

Cuadro 16: Actividades asociadas al secado y combustión de pulpa de café 53

Cuadro 17: Actividades asociadas a la producción de abono con pulpa de café 56

Cuadro 18: Resultados de análisis químicos en lagunas de agua residual de café en la zona 62

Cuadro 19: Costos defensivos actuales en beneficios integrados de Nicaragua. 65

Cuadro 20: Proyecciones de gastos defensivos futuros, limitados al tratamiento y disposición adecuada de las aguas mieles 66

Cuadro 21: Proyecciones de gastos defensivos futuros, considerando la instalación de un sistema completo de recirculación 67

Cuadro 22: Evaluación de factores de influencia y cálculo del índice de riesgo ambiental en cada beneficio 69

Cuadro 23: Resumen de resultados obtenidos al evaluar la disposición a invertir en tecnologías limpias (DITL) de los beneficiadores de café de la zona de estudio 70

Lista de Figuras

Título pág.

Fig. 1: Procesamiento de café en beneficiado húmedo ecológico. 5

Fig. 2: Proceso de Beneficiado Integrado. 6

Fig. 3: Distribución porcentual media de la cosecha cafetalera en función del tiempo, para la zona de estudio..... 42

Fig. 4: Pulpa acumulada al aire libre en beneficio E. 46

Fig. 5: Eras de lombrices alimentadas con pulpa de café semidescompuesta en el beneficio D.....46

Fig. 6: Distribución de usos de la pulpa según número de beneficios en la zona..... 47

Fig. 7: Distribución de usos de la pulpa según cantidad total que se genera en la zona..... 47

Fig. 9: Laguna de oxidación del beneficio C, que es el que procesa más café en la zona... 63

Fig. 10: Costos defensivos futuros estimados para cada beneficio integrado, ante dos alternativas propuestas: con y sin renovación total del sistema de recirculación de agua.....68

I.- INTRODUCCIÓN

La caficultura es una de las actividades económicas de mayor trascendencia en los países centroamericanos, pero el procesamiento húmedo que se le da a este café, genera importantes cantidades de contaminantes (Vásquez, 1999). Varios autores indican que la pulpa y el mucílago juntos, constituyen más del 60% del peso del café en cereza que se industrializa(ANACAFE, 1998; Cléves, 1995; Zuluaga, 1989). Los volúmenes se vuelven mayores al considerar la presencia del agua que se mezcla con éstos. El agua utilizada se vuelve altamente contaminante por su acidez, contenido de sólidos y elevada Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Matuk *et al*, 1997).

Dependiendo de su magnitud, esta contaminación puede no ser tolerada por la naturaleza, provocando daños a la salud y a la vida acuática. Los tratamientos que eviten esto deben ser incorporados a las estructuras de costos y beneficios de la industrialización del café (Zuluaga, 1989).

La Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFÉ), a través del PEICCE[1], estableció zonas del país que serían consideradas prioritarias por sufrir mayor contaminación derivada del café. La zona Pacífica Central resultó ser una de ellas, pues cuenta con centrales de beneficiado integradas (Proceso húmedo y seco en una sola planta) donde se concentra más la contaminación (Gámez, 1998).

En esta investigación se efectuó una estimación de las cargas contaminantes emitidas por dichas centrales de beneficiado, valorando los daños causados al ambiente local. Tal valoración se hizo con el método de gastos defensivos, el cual asocia el valor de un bien o servicio ambiental carente de mercado con otros bienes de mercado relacionados. En este caso, se asoció el valor del servicio que el ambiente presta como receptor de desechos con el costo en que debe incurrirse para remediar, al menos parcialmente, los daños ambientales producidos por los beneficios de café en la zona. Así, el valor de tal servicio puede incorporarse a las estructuras de costos y beneficios de la industrialización del café.

---

[1] Proyecto Energético del Itsmo Centroamericano-Comunidad Europea, iniciativa PLANECO-CAFE

1.1.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al fomento del beneficiado limpio de café en el Pacífico central de Nicaragua, proponiendo aplicación de costos defensivos y alternativas de uso de la pulpa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Caracterizar, cuantitativa y cualitativamente, los desechos sólidos y líquidos emanados por los beneficios integrados de la zona del Pacífico Central de Nicaragua.

2.- Valorar los sistemas de tratamiento/aprovechamiento de desechos sólidos y/o líquidos que existen en tales beneficios, evaluar su eficiencia y seleccionar los mejores.

3.- Determinar el costo defensivo utilizado hasta ahora por los beneficiadores de la zona.

4.- Establecer los costos defensivos futuros, valorando indirectamente otras alternativas de tratamiento/aprovechamiento de desechos y seleccionando las que se perfilen más apropiadas tecnológica y económicamente.

5.- Determinar un índice de riesgo ambiental para conocer cuáles de los beneficios estudiados requieren atención más urgente sobre disposición de sus desechos.

6.- Valorar la disposición de los beneficiadores de la zona para invertir en tecnologías limpias, así como las preferencias individuales respecto a estas tecnologías.

1.2.- HIPÓTESIS

1.- Las tecnologías de beneficiado que se emplean en la zona del Pacífico Central de Nicaragua provocan altas cargas contaminantes y generan daños ambientales.

2.- Los costos defensivos de los beneficiadores de la zona no reducen significativamente el daño ambiental generado.

3.- La disposición de los beneficiadores para adoptar nuevas tecnologías de tratamiento, utilización o disposición de desechos del café puede incrementarse, si se les informa mejor acerca de alternativas de inversión más amigables con el ambiente.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- GENERALIDADES SOBRE BENEFICIADO DE CAFÉ

El beneficiado del café puede ser por vía seca totalmente o por vía húmeda, seguida de proceso en seco, también existen procesos intermedios. El producto es el denominado "café oro o verde", o bien un producto semiterminado llamado "café en pergamino".

El beneficiado totalmente seco es utilizado principalmente en Brasil, donde se produce el llamado café "natural" o "fuerte". Este proceso origina bebidas de calidad media a baja, pues las cubiertas y tejidos exteriores del grano o endospermo se secan directamente sobre él. El resto de las naciones productoras de América se inclina por el proceso de beneficiado húmedo, lo que lleva a clasificar el café así procesado como café "suave" "lavado" y "otros suaves" (Cléves, 1995; Zuluaga, 1989).

En Nicaragua, a finales del siglo pasado, el café se procesaba mediante beneficiado seco, pero ya en 1920 se había generalizado el beneficiado húmedo (Gariazzo, 1984). En el beneficiado por vía húmeda se sigue un proceso secuencial que involucra el uso del agua como medio de transporte o vehículo facilitador de las diferentes operaciones.

2.1.1. Beneficiado Ecológico

Echeverría y Cléves (Cléves, 1995) definen al beneficiado ecológico como una práctica que mejora aspectos mecánicos del proceso de beneficiado, con empleo de cantidades mínimas de agua y manejos adecuados de la pulpa y de las aguas mieles (aguas residuales del beneficiado de café). Con el beneficiado húmedo ecológico (Fig. 1) se pretende reducir la contaminación generada (Vásquez, 1999)

En Nicaragua se promueve el beneficiado ecológico desde hace algunos años, sin que a la fecha se haya conseguido una buena adopción (Reyes, 1998).

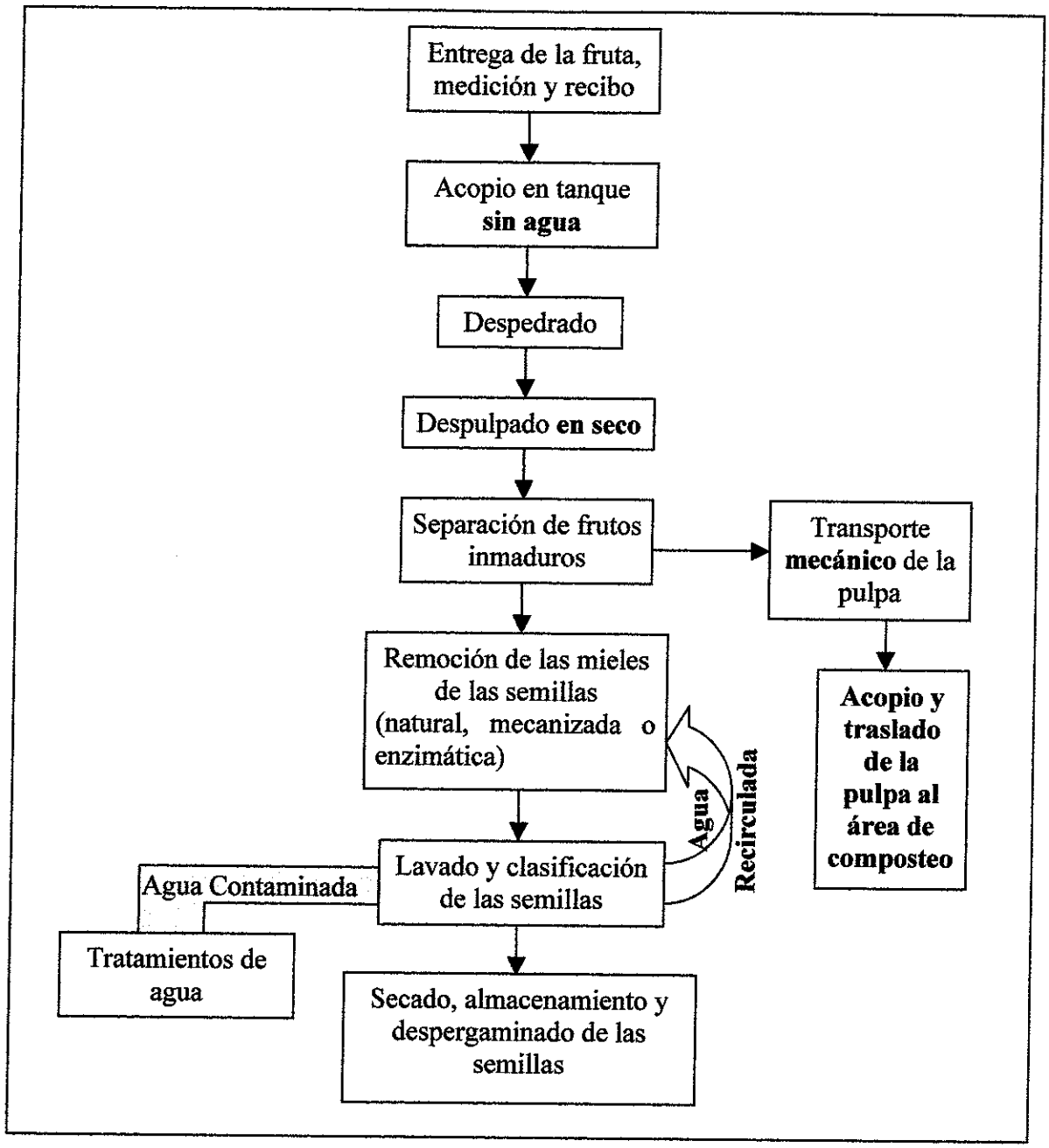

Fig. 1: Procesamiento de café en beneficiado húmedo ecológico. (Adaptado de Vásquez, 1999)

2.1.2. El beneficiado de café en la zona de estudio

Los beneficios de café de la zona del Pacífico Central de Nicaragua son conocidos como **"Beneficios Integrados"**, porque integran todas las etapas del proceso, desde el recibo del grano fresco (cerezas) hasta el empaque del café en oro (es decir, ya trillado, limpio y seleccionado). Para éstos se espera la mayor eficiencia posible en las operaciones realizadas, incluyendo un aprovechamiento razonable de los subproductos (ANACAFÉ, 1985). A continuación se describen brevemente las diferentes etapas del proceso de beneficiado integrado. (Fig. 2)

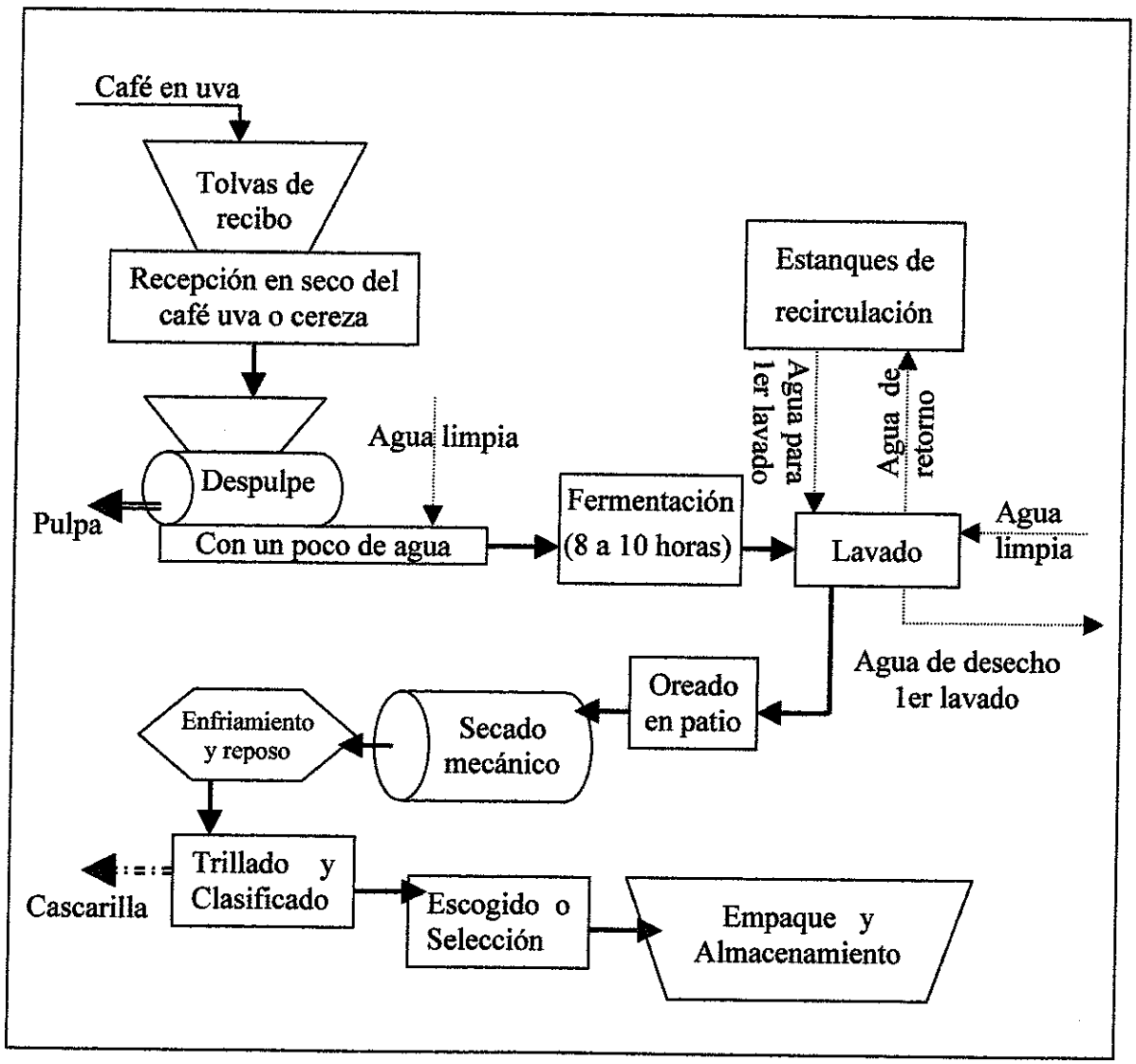

Fig. 2: Proceso de Beneficiado Integrado. (Adaptado de Cadena Agroindustrial del Café, 1997)

2.1.2.1.Corte y Recibo del café

El café debe cortarse maduro, este ofrece mejores rendimientos y mayores posibilidades de obtener un producto final de buena calidad, es un buen primer paso (Cléves, 1995).

Las medidas utilizadas en la entrega de café en "uva" o "cereza" para la zona del Pacífico son "medios" y "cuartillos"[2]. El café así recibido se deposita en grandes pilas en forma de embudo o tolvas de recibo. En estos beneficios no se encuentran los sifones separadores que existen en otros sitios (Gámez, 1998).

2.1.2.2.Despulpado, selección intermedia y repaso

El café es transportado, con ayuda de cierta cantidad de agua, desde la pila de recibo hasta las zarandas, que sirven para la separación de impurezas (hojas, ramas, piedras o cualquier otro cuerpo extraño al grano) y que se ubican antes de las despulpadoras (Gámez, 1998). Este proceso de separación primario es llamado "despedrado" (Vásquez, 1999)

El despulpado persigue liberar al grano de la pulpa (exocarpio), desprendiendo a su vez parte del mucílago (mesocarpio) adherido a éste (Cléves, 1995). Cuando el café está maduro y tiene buen tamaño, se despulpa sin ningún problema, incluso sin agua (Vásquez, 1999). El café ya despulpado, es librado de restos de pulpa y se envía al proceso de desmucilaginado.

En Nicaragua se efectúa despulpado con poca agua, en aquellos beneficios que poseen pulperos con pecheros de hule[3], que son apropiados para su operación en seco (ALMAT/SNV/BIOMAT, 1993).

---

[2] Un medio es una medida volumétrica de 10" x 10" x 5" = 500 plg^3. El cuartillo es la mitad de un medio, es decir, una caja de 10" x 10" x 2.5" = 250 plg^3. (Gámez, 1998)

[3] Los despulpadores utilizados en Nicaragua son de cilindro horizontal con "camisa" o cubierta superficial de cobre y "pechero" (pieza contra la cual se friccionan los granos) de hule o de hierro. Los de pechero de hierro se suelen utilizar como repaso, porque friccionan más el grano y pueden despulpar las cerezas que no se despulpan en los despulpadores principales (de pechero de hule, por lo general).

Dadas las cantidades de agua requeridas para el despulpe y limpieza del grano, así como el gran volumen de pulpa que se elimina y transporta fuera del beneficio, esta etapa se considera la más contaminante de todo el proceso de beneficiado húmedo (Menchú, 1987; Morales, 1987).

2.1.2.3.Desmucilaginado

Al despulpar las cerezas del café maduro queda expuesto el mesocarpio o mucílago, adherido al pergamino o endocarpio. El mucílago, constituido por tejidos hialinos, rico en azúcares y pectinas que no contienen cafeína ni taninos, puede ser removido de tres maneras conocidas hasta ahora: Vía bioquímica o fermentación (ya sea natural o catalizada mediante adición de enzimas), vía química y vía mecánica (Cléves, 1995). Se señala esta etapa como la más delicada en cuanto a calidad de producto final se refiere (ANACAFÉ, 1985).

El desmucilaginado tradicional es por fermentación natural. En la zona de estudio, el café despulpado se deja fermentar por 10-12 horas en pilas de concreto, con alturas que oscilan entre 1.2 y 1.5 m (Gámez, 1998).

2.1.2.4.Lavado del café en pergamino

El café debidamente fermentado debe lavarse para eliminar residuos de mucílago y las sustancias pécticas degradadas. En los beneficios pequeños (que procesan menos de 150 qq/día de café en cereza) este lavado se hace artesanalmente en los mismos tanques de fermentación, mediante el paleo o agitado manual, o bien con los pies, cambiando 2 ó 3 veces el agua de lavado (ANACAFÉ, 1985).

En la zona de estudio se emplean bombas centrífugas de impulsor abierto para desprender los residuos de la fermentación. El proceso se hace generalmente en dos o tres etapas: cuando se hace la primera lavada, el agua residual se envía a las pilas de oxidación o al desaguadero del beneficio. En cambio, para los lavados posteriores, el agua es enviada a una o varias pilas de reciclaje, de manera que se le usa tres o cuatro veces. El lavado se efectúa de esta manera por la escasez local de agua (Gámez, 1998).

2.1.2.5. Oreado, Secado, trillado, limpieza y empaque final

El oreado del café se realiza en patios de exposición al sol. La práctica consiste en extender el café en capas delgadas sobre amplias superficies y removerlo de dos a tres veces al día, conforme se consigue el secamiento. Así, se pasa desde un 55% hasta un 30 – 35% de humedad relativa. Este proceso demanda unos tres días (Gámez, 1998).

El café se recoge del patio y pasa a las secadoras mecánicas, generalmente de tipo guardiola, donde se secan a unos 60°C hasta alcanzar el 10% de humedad relativa. Concluido el proceso de secado, el café se enfarda y se arpilla en bodega para su reposo. Este reposo persigue que los granos alcancen un color y humedad estándar o de equilibrio. (Gámez, 1998)

En cuanto al trillado o despergaminado, Cléves (1995) menciona las despergaminadoras por fricción y explica su constitución de acuerdo a las marcas y modelos más conocidos (SMOUT, SQUIER, AFRICA y APOLO). El Manual de Beneficiado del Café de ANACAFÉ (1985) describe a las trilladoras como equipos que constan de un tornillo helicoidal de acero cromado o bronce fosforado, girando sobre una camisa de materiales similares y diseños que varían según el fabricante y el tipo de café. Se indica ahí mismo que el pergamino suelto y cierta cantidad de polvo formado, son eliminados neumáticamente y separados en un ciclón.

La clasificación del café trillado se hace por lo general neumáticamente o por gravedad y finalmente se hace una clasificación final a mano. La preparación del café para exportación resulta más un arte que una ciencia (ANACAFÉ, 1985)

2.1.3. Los efectos contaminantes del beneficiado húmedo del café.

La pulpa es el desecho más importante del beneficiado, pues representa aproximadamente el 40% del peso total del fruto del café (Menchú, 1987; Morales, 1989). Su poder contaminante es mayor cuando se transporta y separa por vía húmeda, pues la humedad en exceso retarda su descomposición y dificulta su manejo, la fermentación de esta pulpa causa olores muy ofensivos y proliferación de moscas (Cléves, 1995).

La otra fuente importante de contaminación por el beneficiado húmedo del café es el agua residual resultante de los procesos de despulpado y lavado. En el despulpado, el agua que se pone en contacto con la pulpa y las cerezas recibe tanto a los componentes solubles de la pulpa como a los del mucílago. Esto incluye también fibras y partículas pequeñas de pulpa que, aún siendo insolubles, son arrastradas por el agua durante los procesos de fricción. Se estima que es el despulpado el que transmite más del 50% de la carga contaminante al agua residual del beneficiado. Así mismo, en este proceso se consume el 40% del agua que se gasta en el proceso de beneficiado total (RIDES, 1999). (Cuadros 1 y 2)

El agua de lavado es considerada menos contaminante que el agua de despulpado (Morales, 1989), es rica en pectinas, azúcares y ácidos grasos volátiles. Tiene cierta concentración de polifenoles, que le proporcionan un color oscuro, al igual que a las aguas de despulpado. El uso mínimo de agua en el lavado aumenta la concentración del residuo y esto puede ser favorable para su manejo y/o tratamiento (ALMAT/SNV/BIOMAT, 1993).

Por ser muy ácidas y ricas en materia orgánica, las aguas de lavado y despulpado pueden ser particularmente nocivas si se descargan en cuerpos de agua, si se retienen en lagunas o fosas, se corre el riesgo de contaminar el agua subterránea (Lardé, 1997a).

Cuadro 1: Parámetros fisicoquímicos de aguas de despulpado evaluadas en diferentes sitios.

Parámetro	Muestra A✣	Muestra B✣	Muestras C☆	Muestras D◆	Muestra E♠
Agua utilizada (l/kg de cerezas)	1.8	7.2	2.5 a 6.3	---	4.2
Sólidos totales (mg/l)	19893	3660	---	1400 a 35300	12331
Sólidos disueltos (mg/l)	19552	3211	---	---	---
DQO* de sól. tot. (mg/l ≈ ppm)	24800	8150	1750 a 4350	2400 a 91600	6400①
pH	5.0	5.0	---	4.1 – 5.3	

*DQO es el peso de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica presente en una muestra. La abreviatura "sol. tot." se refiere a los sólidos totales, que se definen en el cuadro 5.

Fuentes: ✣ Zuluaga, 1989. ☆ ALMAT/SNV/BIOMAT, 1993. ◆ Lardé, 1997a. ♠ Morales, 1979

① Calculada a partir del valor reportado de DBO, empleando la relación aproximada de DQO = 2DBO, recomendada por ALMAT/SNV/BIOMAT, 1993.

Cuadro 2: Parámetros fisicoquímicos de aguas de lavado de diferentes muestras

Parámetro	Muestra A✣	Muestra B✣	Muestras C✡	Muestras D♦	Muestra E♠
Agua utilizada (l/kg de cerezas)	1.2	4.8	4.2 a 8.4	---	4.2
Sólidos totales (mg/l)	10685	2287	---	1700 a 29100	6294
Sólidos disueltos (mg/l)	9377	2232	---	---	4998
DQO de sól. tot. (mg/l ≈ ppm)	15465	3385	1700 a 3400	3000 a 59500	8348
pH	4.4	4.4	---	3.9 a 5	4.7

Fuentes: ✣ Zuluaga, 1989. ✡ ALMAT/SNV/BIOMAT, 1993. ♦ Lardé, 1997a.
♠INMECAFÉ, 1988 (Este último citado por Castillo *et al,* 1993)

2.2.- TRATAMIENTO/APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DEL BENEFICIADO

2.2.1. Aprovechamiento de la pulpa del café

Siguiendo criterios económicos y por las facilidades de implementación, se plantean como alternativas más confiables: el uso de la pulpa como combustible y su empleo como abono orgánico (PEICCE, 1994). La UNICAFÉ ha tratado también de promover la lombricultura como una buena alternativa de uso de la pulpa (Gutiérrez, 1994; Mendoza, 1995)

2.2.2.1. Pulpa seca empleada como combustible.

Un estudio del ICAITI (Porres *et al,* 1987) en Guatemala, demostró que la pulpa de café, prensada hasta reducir su contenido de agua a un 80% aproximadamente y luego secada hasta un 15% de humedad, puede ser utilizada como combustible. La prueba se hizo en cámara de combustión vertical de diseño piloto, con una eficiencia de 95.72% en el quemado. Para el secado de la pulpa prensada resultó más conveniente el secado al sol que, para capas de 5 cm de espesor, requirió de 67½ horas para llevar la pulpa hasta un rango de 10 a 15% de humedad.

En Nicaragua, el Departamento de Investigación y Orientación Tecnológica de la Universidad Nacional de Ingeniería, realizó pruebas de secado solar de pulpa, sin prensado previo, para luego proceder a su combustión. Las pruebas se efectuaron en el Dpto. de Carazo. Se inició con 27 qq (1223 kg) de pulpa al 85% de humedad. Esta se extendió en una superficie de $50m^2$ con constantes volteos hasta que, siete días después alcanzó un 11% de humedad. La masa final de la muestra resultó de 204 kg. Para la combustión, esta pulpa se mezcló con cascarilla en proporciones 1:1 y 1:3, y se alimentó a la caldera pre-encendida. Se obtuvieron mejores resultados con la mezcla 1:3. Como inconveniente se presentó exceso de humos y cenizas, así como incrustaciones corrosivas sobre paredes y tuberías de los fogones. Por esto no recomiendan el empleo de pulpa como combustible (Castillo y Marco, 1987).

En cambio el PEICCE (1994) establece las limitaciones del prensado de la pulpa y recomienda directamente el secado al sol de la pulpa, estableciendo el uso combustible como la mejor valorización de este subproducto. Tal documento señala que la pulpa seca y cascarilla que se obtienen de un quintal de café oro, contienen la energía necesaria para, con su combustión, secar este quintal de café hasta la humedad deseada para su almacenamiento (10-12%).

Cuando la pulpa va a combinarse con cascarilla para su combustión puede dejarse secar hasta 25% de humedad, pues la cascarilla tiene un 10% de humedad y la mezcla resultante alcanzará una humedad de equilibrio intermedia. Para este secado se recomienda extender la pulpa al sol, en capa de 5 cm, durante dos días. El espacio de patio necesario para cada quintal de pulpa fresca es de 11 m^2/día. Si se quisiera utilizar solamente pulpa, se debe secar hasta un 12% de humedad, lo que puede lograrse con tres días de exposición al sol, en las condiciones ya señaladas (PEICCE, 1994).

El poder calorífico de la pulpa seca es de 4200 kcal/kg, según estudios del Centro de Investigaciones del Café (CICAFÉ) de Costa Rica (Vásquez, 1996)

2.2.1.1 La pulpa como sustrato para lombricultura (Vermicompostaje)

La pulpa de puede ser transformada en humus o vermiabono mediante lombrices. La lombriz roja californiana, *Eisenia foetida,* es la especie más usada. El vermiabono es lo que excretan las lombrices, luego de haberse alimentado de la pulpa semidescompuesta[4] (Lardé, 1997b).

La pulpa debe descomponerse para reducir su acidez y transformar su textura. Blandón y colaboradores (1998) aseveran que la pulpa se neutraliza sin adición de ningún otro componente, por la autorregulación del pH de las bacterias descomponedoras que la colonizan. El pH neutro es una condición necesaria para la lombriz (Tineo, 1994).

Aranda (1995) afirma que las lombrices pueden reproducirse 17 veces su propio peso en 4 meses. Un estudio más completo (Siles, 1997), establece factores que influyen en el comportamiento de las lombrices, su tasa de reproducción y su capacidad para procesar la pulpa. Entre tales factores se destacan la densidad de lombrices utilizada, el grado de descomposición de la pulpa con que se alimentan, la manera en que se suministra alimento y cómo se retira el lombricompuesto de los lechos. La misma autora menciona otros factores como la humedad del lecho, la incidencia de luz, la temperatura y la ventilación. Estos últimos se mantuvieron constantes al evaluar tres densidades de siembra inicial de lombrices y cinco grados de descomposición de pulpa. Como resultado de su investigación, Siles (1997) escogió una densidad de siembra óptima de 24,000 lombrices/m^3 de p.s.d. y un grado de descomposición más apropiado de 28 días.

En una segunda etapa del estudio mencionado (Siles, 1997), se evaluaron distintas formas de alimentación de lombrices y de retiro del lombricompost. El tratamiento de suministro gradual de alimento (en capas de 20 cm) y retiro del producto de una sola vez, presentó mejores resultados. Con una densidad inicial aproximada de 31,000 lombrices/m^3 de p.s.d. se consiguió procesar 25 kg de pulpa, de 28 días de descomposición y 80% de humedad, en

---

[4] Se abreviará como "p.s.d."

53 días. El rendimiento del vermiabono con respecto al peso seco inicial de p.s.d. fue del 47% aproximadamente. La tasa de reproducción de lombrices que se consiguió en estas condiciones fue del orden de seis lombrices nuevas por cada lombriz inoculada originalmente.

En Honduras, se experimentó también con diferentes condiciones climáticas y distintas densidades de lombrices iniciales. Se determinó que entre mayor es la densidad menor es la tasa de reproducción de lombrices, además, la velocidad de producción del vermiabono es menor si hay menor número de lombrices. Pudo observarse que las lombrices y por tanto el vermicompost, se desarrollan mejor a temperaturas entre 25 y 30°C, con altitudes moderadas (500-800 msnm) (Pineda *et al.,* 1997).

El abono orgánico producido por las lombrices contiene compuestos y características físicas y químicas que no pueden ser proporcionados por ningún fertilizante químico elaborado en la actualidad (Aranda, 1991). Las lombrices en sí mismas también son un producto final. (Aranda, 1995).

La UNICAFÉ se inició en la crianza de lombrices rojas californianas en 1994, con apoyo del Programa de Agricultura Sostenible en Laderas de Centroamérica (PASOLAC). El propósito fue entregar pies de cría y dar apoyo técnico a los caficultores que quisieran aprovechar esta tecnología, reduciendo la contaminación por pulpa de café (Gutiérrez, 1994).

2.2.1.2 La pulpa descompuesta: excelente como abono orgánico

El abono de pulpa puede obtenerse ya sea de manera aeróbica o anaeróbica. Cada método ofrece ventajas y desventajas, así como diferentes requerimientos. La mayoría de los autores consultados se inclinan más por el compostaje aeróbico, que ofrece resultados más rápidos y requiere menores inversiones (Lardé, 1997b; UNICAFÉ, 1996; ANACAFÉ, 1998).

Para un proceso aeróbico primero se recomienda reducir la humedad inicial de la pulpa fresca, ya sea por prensado o escurrimiento al sol. Luego es conveniente mezclar esta pulpa

con otra que ya haya avanzado en su estado de descomposición. Se efectúan volteos periódicos, de una o dos veces por semana. También conviene adicionar un material poroso como piedra pómez o roca volcánica que ayude a la circulación de aire, pero no es indispensable. (Lardé, 1997b).

López y colaboradores (1995), evaluando procesos de compostaje con diferentes tratamientos, incluidos dos sitios de diferente altura, temperatura y humedad, demostraron que los volteos periódicos (cada 4 días) y cierta humidificación (19 l de agua/1000 kg de pulpa) dan a la pulpa un buen grado de descomposición. Este se alcanzó entre los 45 y 60 días de composteo para la zona de 347 msnm y 26°C. Una relación C/N entre 11 y 25 es la que presentó la pulpa con las mejores concentraciones minerales como producto final. Hicieron ensayos con adición de activadores enzimáticos y bacterias para acelerar los procesos de descomposición, pero concluyeron que el uso de estos no se justifica, al menos para zonas de poca altitud, donde la descomposición se desarrolla bien por su propia cuenta.

Esta forma de aprovechamiento puede requerir de alguna infraestructura sencilla para garantizar la eficiencia del proceso. Pueden construirse "aboneras" con materiales propios de las fincas como troncos rústicos, o bien algo más permanente, como casetas de ladrillos de barro, con espacios libres entre ellos, para ventilación de la pulpa (UNICAFÉ, 1996).

2.2.2 Aprovechamiento de la cascarilla o pergamino del café

El pergamino (endocarpio) representa el 4.5% en peso del fruto del café (Rodas, 1988) y es usado en su totalidad como combustible. Este material es almacenado en silos y desde allí se alimenta a los hornos de combustión por vía neumática o mediante transportadores helicoidales. El poder calorífico del pergamino es de 4200 kcal/kg (Vásquez, 1996).

2.2.3 Disposición/Tratamiento/Aprovechamiento de las aguas residuales del beneficiado de café.

Al igual que la pulpa puede simplemente pasar a formar parte de un relleno sanitario, como cualquier desecho sólido, las aguas residuales pueden simplemente ser "bien dispuestas" o ubicadas en terrenos donde no afecten cultivos ni al manto freático de la zona. Esto no siempre es posible hacerlo, pues se requiere que las aguas subterráneas estén a más de 20 m de profundidad, para evitar su contaminación (UNICAFÉ, 1996).

Para el PEICCE (1994), esta opción de irrigación sobre terrenos es mas bien un "aprovechamiento" del agua, porque prácticamente fertiliza los suelos sobre los que se deposita. Estas aguas no deben vertirse directamente sobre cultivos, sino sobre los terrenos que se preparan para futuros cultivos, esperando que la acidez propia de las aguas mieles se neutralice con el tiempo, mediante su descomposición.

Como forma de disposición barata de las aguas mieles, la misma fuente (PEICEE, 1994), sugiere las lagunas o estanques de evaporación e infiltración[5], que son de poca profundidad y vasta área. Gámez (1999) recomienda un máximo de 40 -50 cm de profundidad para los EEI. En éstos no se espera lograr la depuración biológica del agua contenida, sino más bien su filtración natural a través del suelo y su evaporación por efecto de los rayos solares. Son una manera impedir la dispersión de la contaminación.

Para el tratamiento de las aguas mieles se han experimentado muchas alternativas, pero pocas han probado ser efectivas. Independientemente del tratamiento que se siga, es recomendable que previamente se realice la separación de los sólidos suspendidos en estas aguas. Esto se efectúa mediante tamizado o flotación y sedimentación, que son en realidad pre-tratamientos o preparación para los verdaderos cambios que deben hacerse en la composición de las aguas (UNICAFÉ, 1996). Estas operaciones mecánicas, que solo implican separación física de los contaminantes, no resuelven el problema de contaminación, pero pueden simplificar la solución.

---

[5] Se abreviará "EEI"

Según el PEICEE (1994) el costo de los tamices es elevado (5,000 - 15,000US$), por esto sugieren como pre-tratamiento más eficiente y menos costoso la adición de cal y sales de hierro, más su posterior etapa de sedimentación. La cal neutraliza las aguas y favorece la precipitación de los componentes en suspensión (para la zona de trabajo se determinó un precio de 0.18US$/kg de cal).

Ramírez (1997) recomienda para las aguas de lavado (DQO = 980mg/l y pH = 4.4) la adición de 0.94 kg de cal/m^3. Las sales de hierro (cloruros o sulfatos) precipitan sulfuros y mercaptanos, principales componentes del mal olor de las aguas. En total, para el pre-tratamiento químico se estima un costo entre 0.06 y 0.1 US$/qq de café procesado (PEICEE, 1994).

Para seleccionar el tipo de pre-tratamiento, tratamiento y post-tratamiento a seguir, es necesario conocer bien el volumen y carga orgánica de los efluentes dispuestos o a tratar. En los beneficios de café de Nicaragua el consumo de agua varía entre 1 y 1.3 m^3 de agua/qq oro[6]; de cada 100 litros de agua utilizados, 60 se gastan en el despulpado y 40 en el lavado (Gámez, 1999).

Cuando las concentraciones de contaminantes se elevan, por efecto de una reducción en el volumen de agua empleado en el proceso de beneficiado, las aguas resultantes son más fáciles de tratar. Esto significa que una vez que los beneficios se adaptan a los procesos del beneficiado ecológico, los tratamientos de sus aguas mieles pueden ser más sencillos y eficientes. Por ello es que se prefiere que, antes de elegir el sistema de tratamiento de aguas a implementar, se le hagan al beneficio todas las modificaciones requeridas para reducir el consumo de agua. (Gámez, 1999)

Un buen tratamiento implica la degradación biológica, aeróbica o anaeróbica, de la materia orgánica contenida en las aguas. Se prefieren los procesos anaeróbicos por ser

---

[6] El qq (quintal) es la medida de peso utilizada corrientemente para el café en Nicaragua. Corresponde exactamente a 45.36 kg, aunque se llama quintales oro a los sacos que contienen 46 kg de café oro para exportación.

relativamente más económicos (Lier *et al*, 1996; Noyola, 1989), pueden desarrollarse mediante lagunaje o con reactores anaeróbicos.

2.2.3.1 El lagunaje

El lagunaje es un método muy extendido por su relativo bajo costo, requerimientos de mano de obra poco especializada y resultados compatibles con la reutilización posterior o con las exigencias del medio receptor. Es ideal en sitios donde el precio del terreno no es muy elevado, las cargas orgánicas fluctúan y se requieren bajos costos de inversión y explotación (Ulloa, 1992a).

Clasificadas de acuerdo a las reacciones biológicas que implican, se tienen las lagunas anaerobias, aerobias y facultativas. Las anaerobias reciben aguas residuales brutas, con cargas orgánicas tan grandes que la mayor parte de la masa se encuentra en condiciones anaerobias, con profundidades superiores a los tres metros. Las lagunas aerobias o de maduración son, en cambio, poco profundas (< 1.5m) y se emplean para efluentes poco cargados, como etapa final de un proceso depurador. Las lagunas facultativas son un caso intermedio entre aerobias y anaerobias, con profundidad intermedia (1.5 - 2.5 m), en ellas se desarrollan algas cuya fotosíntesis provee oxígeno a procesos aerobios superficiales, mientras en el fondo se desarrollan procesos anaerobios (Ulloa, 1992a).

Con la combinación de varios tipos de lagunas se constituye lo que se conoce como WSPS (Sistemas de lagunas de estabilización o Water Stabilization Ponds System). Si las cargas contaminantes son muy elevadas, como ocurre con las aguas mieles, se puede incluir un sistema de recirculación. Para garantizar la presencia de bacterias anaerobias se requieren niveles de pH entre 6.8 y 7.5, ya que, en condiciones más ácidas, la digestión anaerobia se detiene (Ulloa, 1992a).

Las lagunas existentes en América Central para aguas mieles de café son anaerobias, con eficacias de degradación de materia orgánica de 30% como máximo. En realidad, son estanques de evaporación e infiltración más que lagunas, pues no se hace ningún control o seguimiento del proceso biológico que deben desarrollar (PEICEE, 1994).

2.2.3.2 Reactores anaerobios:

Existen distintos tipos de dispositivos para efectuar la digestión anaerobia de aguas residuales, entre ellos se pueden mencionar el filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), el reactor de lecho de lodos o Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), el reactor de película fija y el de lecho fluidizado (Muñoz, J. A., 1992). En general, las inversiones requeridas para estos digestores son elevadas, pero ellos ofrecen la oportunidad no sólo de degradar la materia orgánica sino de convertirla en energía utilizable: el biogás que se obtiene como producto.

El filtro anaerobio de flujo ascendente contiene un material filtrante que sirve de relleno y soporte de los microorganismos anaerobios encargados de la depuración. Los soportes más utilizados actualmente son de tipo plástico (poliuretano y PVC) o silicatos. El flujo del sustrato es ascendente, con importante retención de biomasa. Está indicado para aguas residuales de baja carga o bien, que se puedan diluir mediante recirculación del efluente (Muñoz, J. A., 1992).

Este es el tipo de biorreactor que se instaló en Nicaragua a principios de los 80´s, en tres beneficios de la zona Norte. Los FAFA´s mencionados se rellenaron con rocas volcánicas y tuvieron un costo promedio global de 367 US$/m^3 útil de reactor, incluyendo las obras auxiliares como tuberías y tanques para el biogás producido, inoculación y arranque (Wasser *et al*, 1991). A estos reactores se les atribuyen los siguientes inconvenientes, según el PEICCE (1994):

- Requieren de cuidadoso control y acondicionamiento del agua de alimentación.
- Limitada carga orgánica tratable por día = gran volumen de reactor.
- Elevada inversión inicial y altos costos de operación.
- Arranques delicados no compatibles con la estacionalidad de la cosecha del café.

Como ventajas de los FAFA´s , respecto a las lagunas, el mismo PEICCE (1994) señala:

- Mayor eficiencia en la remoción de la contaminación (alrededor del 80%).
- No atrae moscas ni emite malos olores, utiliza menos espacio que las lagunas.
- Genera biogás como producto comercializable.

El sistema UASB favorece la floculación y coagulación de los lodos propios del sustrato sin necesidad de ningún soporte. Las aguas residuales cargadas con sólo materiales digeribles en forma soluble son las más adecuadas para este sistema. El digestor de lecho fluidizado o lecho expandido persigue maximizar la superficie de adherencia de la biomasa al soporte (materiales inertes y móviles, como partículas finas de arena o alúmina), es bastante estable. Una hibridación entre estos dos tipos de reactores se instaló en México para tratar efluentes del beneficiado de café. El rango de operación y eficiencias detectadas en este sistema son muy similares a las observadas en Nicaragua, pero los costos de instalación y operación resultaron mucho mayores (Castillo *et al.*, 1993).

2.3 POLÍTICAS Y LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN NICARAGUA: PAUTAS GENERALES PARA LA DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS.

El marco de referencia de la política y estrategia ambiental oficial de Nicaragua fue establecido en 1993, declarando como tal al Plan de Acción Ambiental (PAA-Nic.) elaborado por el MEDE/IRENA[7] con apoyo internacional, a través de un acuerdo presidencial. Posteriormente, en 1996 se promulgó la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, con su correspondiente decreto reglamentario. De ahí se deriva la prioridad sobre el manejo de los recursos hídricos que se tradujo, algunos años más tarde, en el Plan de Acción de los Recursos Hídricos (PARH) implementado a partir de 1998 (CNRH-PARHN, 1998b).

El PAA-Nic planteó la necesidad de una política general sobre el uso de los recursos naturales del país, de carácter preventivo para las actividades económicas contaminantes y tendiente a maximizar el bienestar social. Estableció una matriz de planificación que señala entre sus prioridades la mejora del marco jurídico ambiental en todos sus niveles (desde leyes nacionales hasta normativas y regulaciones sectoriales y locales), la cual se ha venido ejecutando a través de los últimos cuatro años, pero a un paso lento.

---

[7] Ministerio de Economía y Desarrollo e Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente, elevado ya al rango de Ministerio y conocido ahora como MARENA.

Un principio fundamental establecido en todas las leyes y reglamentos existentes es el de "quien contamina paga". Sin embargo, la legislación ambiental en Nicaragua no es ni eficaz ni eficiente, está incompleta y no se aplica (MEDE/IRENA/ECOT-PAF, 1994). Desde el punto de vista judicial, las autoridades públicas no tienen competencia para actuar en materia ambiental, no se han establecido procedimientos claros para la aplicación de las leyes. Hace falta un fortalecimiento institucional general para crear capacidades reales en materia de manejo y conservación de los recursos naturales, en especial en cuanto al manejo de desechos, que es lo que particularmente valora este estudio.

En 1995 se estableció la norma para el vertido de las aguas residuales de casi todos los usos agrícolas e industriales, entre ellos el café. Para estas aguas en particular los parámetros meta son: DQO = 300 mg/l, DBO = 150 mg/l, pH = 6-8, Sólidos suspendidos. = 1 ml/l. Esta norma no se hace cumplir y, por su parte, los productores y beneficiadores de café afirman que no se tomó en cuenta su situación económica al momento de establecer tales parámetros, no hay condiciones para invertir en los equipos de tratamiento necesarios (Cantarero, 1998).

2.4 COSTOS DEFENSIVOS.

La producción y el consumo generan residuos o desechos, el ambiente es, a la vez, fuente de materias primas y receptor de residuos. El agua forma parte de la función de producción de casi todo lo que el ser humano consume y el suelo es insumo vital para su alimentación; ambos, suelo y fuentes de agua, reciben los desechos de los procesos productivos

El agua utilizada en el beneficiado húmedo del café no siempre tiene un precio establecido, pero puede obtenerse una estimación de su valor económico, analizando los beneficios o costos generados por un cambio en su calidad o en su cantidad. La alternativa de valoración más apropiada en este caso es la determinación de los costos de las medidas defensivas necesarias para evitar el empeoramiento de la producción (que se presenta a medida que la calidad ambiental se deteriora). Estos costos son los que se denominan "Costos Defensivos" (Azqueta, 1994).

El daño ambiental generado por el beneficiado de café es una externalidad. Es decir, provoca un cambio en la calidad ambiental que afecta directamente no solo a quien lo provoca sino también a otros que incluyen al ambiente como parte de su función de producción o de su función de utilidad. La internalización de esta externalidad puede ser una compensación económica ofrecida a quienes sufren el daño por parte de quienes lo provocan o bien, la reversión del daño en la mayor medida posible, desde el punto de vista económico (Romero, 1994).

Las instalaciones a proponer para revertir la contaminación en cada sitio son únicas e individuales, aún cuando pudieran tener objetivos y tecnologías similares. Para calcular sus costos se requiere de especificaciones técnicas e ingenieriles que incluyen costos de construcción o inversión inicial, costos de reposición y valores de salvamento, así como los costos anuales de operación y mantenimiento. Se deben considerar también los costos de implementación de mecanismos de control que regulen las emisiones y la efectividad de las instalaciones propuestas, así como los costos agregados que toda la industria local asume para cumplir con las regulaciones (Field, 1997).

En un estudio realizado en Costa Rica (Salguero, 1996), se estimó que el costo defensivo adoptado por los beneficiadores de este país, es del orden de 0.13 a 0.18 $\$/m^3$ de agua tratada, según el tamaño del beneficio. Se determinó la eficiencia de los distintos tratamientos detectados, pero no se consideró al momento de calcular el gasto defensivo. Field (1997) plantea que debe buscarse la alternativa de mínimo costo y máxima eficiencia.

III.- MATERIAL Y MÉTODO

3.1.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El café se cultiva en la zona Pacífica Central de Nicaragua (Managua, Masaya, Carazo y Granada) desde 1848 (Craipeau, 1992). Hace 20 años aquí se producía el 30% del café nicaragüense, pero las medidas en contra de la roya redujeron sustancialmente la extensión de estos cafetales durante la década de los 80´s. Actualmente es la región cafetalera de menor productividad al nivel nacional, pero se consideró importante para el estudio por ser la zona productora más poblada del país, con gran presión sobre el recurso agua y es, además, la única que tiene beneficios centralizados e integrados.

Según cifras presentadas por Gámez (1998), el Pacífico Central aportó menos del 10% de la producción cafetalera nicaragüense en la cosecha 97-98, aunque sus 12 beneficios integrados tienen capacidad para procesar unos 152,000 qq oro (11% de la cosecha nacional señalada). Al momento de iniciar este estudio sólo estaban operando 10 beneficios integrados en la zona, con una capacidad instalada total de 277,000 qq oro (Cuadro 3).

Los beneficios estudiados están ubicados tanto en zonas rurales (entre poblados) como en el entorno de las ciudades de Jinotepe y San Marcos (Parrilli, 1997). Pertenecen a las regiones geográficas III y IV establecidas por el INETER, y cuentan, en general, con muy buenas vías de acceso (Gámez, 1998)

El clima de esta zona es poco variable, con temperatura promedio de 26°C. La estación seca se encuentra bien marcada entre los meses de diciembre y abril, período para el cual se determinó una precipitación promedio de 43.4 mm/mes y una tasa de evaporación de 147 mm/mes (INETER, 1991; citado por Gámez, 1999). La altitud varía entre 200 y 800 m (Gámez, 1998).

3.2.- MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. Descripción de la población en estudio

Existen 10 beneficios integrados en la zona de estudio. Según Parrilli (1997), estos beneficios son antiguos, con infraestructuras y equipos de más de 30 años de uso, que han sido heredados de una generación a otra, o vendidos luego de los drásticos cambios en la producción y productividad del café local.

Cuadro 3: Beneficios Integrados de Nicaragua, ubicación y capacidad instalada.

#	Nombre del Beneficio	Municipio o Comarca	Dirección del beneficio	Capacidad instalada (qq oro)
1	Alejandría	San Marcos	Las Esquinas, Km. 36½ c. Sur	15,000
2	Ché Guevara	San Marcos	Carret. San Marcos-Masatepe (Cruz Negra)	15,000
3	El Carmen/CISA	Diriamba	Las Esquinas - Diriamba, Km.	*58,000
4	Jesús María/Caley Dagnall	El Crucero	Hacienda Jesús María-El Crucero	*60,000
5	San Francisco (V)	Diriamba	Km. 35½ carretera Sur	*5,000
6	San Francisco/Expocansa	San Marcos	Salida de San Marcos hacia La Concepción	*32,000
7	San José (de los Castros)	Diriamba	Camino Bo. Los Sánchez – Palo de Pan.	7,000
8	Santa Margarita	Jinotepe	Detrás del cementerio de Jinotepe	20,000
9	Santa Rosa	Jinotepe	Entrada a Jinotepe, sobre c. a San Marcos	*35,000
10	Santiago	Jinotepe	Km. 10, carretera Jinotepe – San Marcos	30,000
			TOTAL	277,000

* Estos valores de capacidad instalada se consiguieron directamente con los beneficios, pues no aparecían en el listado original.

FUENTE: CONICAFÉ[8].

No se encontraron estudios que refieran detalles tecnológicos de estos beneficios, pero Gámez (1999) menciona que son los únicos del país donde se recircula el agua utilizada. En las visitas preliminares pudo notarse que el consumo de agua en éstos es menor que lo que la literatura refleja, pero se observó también manejo inapropiado de las aguas residuales y los desechos sólidos.

[8] Listado obtenido en comunicación personal con el Ing. Rodolfo Rodríguez, Vicegerente Técnico de la Comisión Nicaragüense del Café (CONICAFÉ)

3.2.2. Tamaño, selección y características de la muestra

Por tratarse de una población pequeña (10 beneficios) la idea del estudio era realizar un censo para obtener así toda la información posible. Sin embargo, la temporada en que se desarrolló el estudio obligó a considerar, para la parte de las mediciones de aguas mieles, sólo a los beneficios que se encontraban procesando café de maduración tardía en la cosecha 98-99. Los beneficios que ya habían terminado de procesar al momento de iniciar la investigación formaron parte de la muestra, pero solamente se les evaluó con entrevistas a los dueños o administradores y algunas mediciones sobre la operación del beneficio.

La muestra la constituyen nueve de los diez beneficios integrados que operan en la zona, porque en uno de ellos no participó en el estudio. El grado de cooperación conseguido es el resultado de un proceso gradual y persistente. Primero se contactó telefónicamente a los beneficiadores, luego se les visitó tantas veces como fue necesario, hasta completar la encuesta. Un 55% de los entrevistados son administradores o encargados de los beneficios, y el 45% restante son propietarios.

Los beneficios fueron aleatoriamente designados con letras, porque así lo solicitaron algunos de los participantes en el estudio. Todos brindaron información acerca de su disposición a invertir en una producción más limpia, pero, como ya se explicó, no en todos se midieron las variables de calidad de aguas. Para este tipo de variables la muestra se redujo a cuatro, es decir, un 45% de la muestra total y un 40% de la población de beneficios integrados. En el Anexo 1 se hace una breve descripción de la capacidad y forma de operación de cada beneficio, en lo general, y para cada etapa del proceso de beneficiado.

3.2.3. Clasificación y descripción de variables. Metodología de determinación.

3.2.3.1. Variables para caracterización de los desechos sólidos y líquidos del beneficiado y de valoración de eficiencia para los sistemas de tratamiento.

a) Cantidad estimada, tratamiento y disposición actual de los desechos sólidos (pulpa, cascarilla o pergamino) del beneficiado integrado, durante toda la cosecha. (Entrevista más verificación *in situ*).

Las cantidades de desechos sólidos se estimaron a partir de los datos semanales de recibo de café en uva, para las últimas tres cosechas, en los nueve beneficios de estudio (Anexo 2), utilizando las proporciones de cada subproducto con respecto al café en uva reportadas por Rodas (1988). Este autor refiere que la distribución de los constituyentes del café en uva, en porcentajes en peso, es: 40% pulpa, 19.5% café oro, 18% mucílago, 18% agua de secado y 4.5% cascarilla.

Los datos de recibo de café en uva son registrados en fanegas[9], pero fueron convertidos a quintales y luego a kilogramos (1 qq = 45.36 kg), mediante la densidad conocida del café en uva (616.3 kg/m^3) reportada por Gámez (1998).

Los tratamientos o sistemas de disposición de subproductos en cada beneficio se determinaron directamente mediante la encuesta y por observaciones directas en los sitios. En el caso de la pulpa que se trasladaba fuera de los beneficios, se visitaron las fincas a las que se llevaba y se entrevistó a los usuarios de esta pulpa. Se pudo verificar *in situ*, la técnica de aplicación de pulpa que ellos estaban efectuando.

Se midieron además algunas variables auxiliares para valorar los sistemas de tratamiento detectados, estas se presentan en el Cuadro 4.

---

[9] La fanega es la unidad de medida de café empleada en la zona. Es una medida volumértica equivalente a 24 "medios", es decir, equivalente a 0.1967 m^3. En promedio, una fanega de café en uva pesa 120.54 kg.

Cuadro 4: Variables auxiliares evaluadas para la cuantificación de desechos en beneficios integrados

Variable y símbolo:	Unidades de medida:
Capacidad instalada real del beneficio (C_{RB})	qq_{oro}/cosecha o qq_{oro}/día
Límites de operación promedio por cosecha (máx. y mín)	qq_{oro}/día
Promedio semanal de café recibido por cosecha ($P_{uva/sem}$)	fan/sem.
Tasa media de consumo de agua total y para cada operación: - Consumo de agua limpia en el recibo (A_C) - Consumo de agua limpia en el despulpado (A_D) - Consumo de agua en el lavado (A_L) - Consumo de agua total ($A_T = A_D + A_C + A_L$) - Volúmenes de aguas recirculadas.	m^3 de agua/qq_{oro}
Plazos normales de operación	Días promedio/cosecha Semanas/cosecha
Rendimiento promedio del beneficio (R_B)	qq oro/qq cereza
Duración promedio de cada operación, según el diario procesado promedio: Tiempo promedio en despulpado Tiempo promedio de fermentación Tiempo promedio de lavado Tiempo promedio de traslado o descarga de pulpa	Horas

b) Cantidad estimada, tratamiento y disposición de las aguas residuales del beneficiado húmedo durante toda la cosecha. (Entrevista más verificación *in situ*).

Para determinar las cantidades de agua empleadas en cada beneficio, se midieron los caudales, determinando el tiempo promedio de llenado de recipientes de volumen conocido (se hicieron cinco mediciones en cada punto de muestreo, para obtener los promedios correspondientes). De estas mediciones se obtuvo un promedio para cada proceso y este valor fue divido entre el flujo de café (referido al café oro por unidad de tiempo), obteniéndose los metros cúbicos de agua empleados por quintal de café oro procesado en cada operación.

En general, como puntos de muestreo de aguas se definieron los siguientes: Toma de agua limpia para despulpe o lavado de café, salida despulpe y salida del lavado.

c) Parámetros fisicoquímicos indicadores de calidad de aguas.

Los parámetros de caracterización de aguas (Cuadro 5) se midieron en los mismos puntos que se tomaron para evaluar los caudales. Solamente se muestrearon aguas mieles en cuatro beneficios, porque en el año 98 la maduración del café fue muy temprana y, al iniciar la investigación, los demás beneficios ya habían terminado sus procesos húmedos. Para la cosecha de 99-2000 ocurrió lo opuesto, la maduración se retrasó y no fue posible mejorar la información.

Se efectuaron análisis en las aguas de entrada al beneficio para determinar la calidad inicial de dichas aguas. Además, se tomaron muestras en diferentes puntos de las fosas de retención de aguas residuales, donde las había. Para las fosas, los análisis se hicieron en dos épocas distintas (a inicios de febrero y finales de marzo de 1999) y en los dos beneficios más grandes de la zona.

Las disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias (Decreto Presidencial 33-95 de Nicaragua) (RIDES, 1999) definen el tipo de muestreo que debe hacerse. Tales normas establecen que los análisis se hagan sobre muestras compuestas. Una muestra compuesta es aquella que, considerando la duración y el caudal de las descargas, se obtiene de la mezcla de muestras simples en diferentes intervalos.

Así, por ejemplo, para medir parámetros en las aguas de lavado de un beneficio en el cual esta operación tarda un promedio de dos horas, se tomaron muestras de 0.5 litros cada 15 min. Luego se mezclaron estas muestras simples para reunir dos litros de muestra compuesta.

Las muestras se conservaron en la oscuridad a una temperatura de 4°C para detener los procesos biológicos y se transportaron en hieleras hasta el laboratorio de Fisicoquímica del Programa Interfase de Desarrollo y Medio Ambiente (PIDMA) de la Universidad Nacional de Ingeniería en Managua. El período de traslado de las muestras fue siempre inferior a 24 horas, según recomiendan las normas de la American Public Health Association (APHA, 1992).

Cuadro 5: Indicadores de calidad de agua evaluados en aguas de los beneficios integrados.

Nombre y símbolo	Definición:[10]	Unidades
-Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad (en mg) de oxígeno necesaria para oxidar, con reacciones puramente químicas, los componentes orgánicos e inorgánicos de un litro de muestra.	mg/l ppm
-Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Es la cantidad de oxígeno (en mg) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de la muestra. Existen dos mediciones de DBO, la estándar a cinco días (DBO_5) y la denominada DBO última, que generalmente se completa a los siete días. DBO_5 es aproximadamente el 68% de la DBO última	mg/l ó ppm
-Conductividad (κ)	Mide la capacidad de la muestra de conducir la corriente eléctrica. Es un indicador de concentración de iones, principalmente estima la contaminación por compuestos inorgánicos.	Milisiemens ó microS/cm mS/cm µS/cm
-Potencial de iones hidronio (pH)	Es la cantidad de signo opuesto al logaritmo base 10 de la concentración de iones hidronio (H_3O^+). Es un indicador de la acidez o alcalinidad de la muestra.	Adimensional
-Sólidos sedimentables (S_S)	Son los sólidos que se precipitan al fondo del recipiente que contiene la muestra y que pueden separarse por decantación	mg/l
-Sólidos Totales (S_T)	Constituyen el residuo seco de la muestra, se obtienen después de dejar secar ésta a 105°C durante varias horas, con pesadas sucesivas hasta alcanzar peso constante.	mg/l
-Sólidos volátiles (S_V)	Corresponden al contenido de sólidos orgánicos de la muestra, se obtienen por diferencia entre los sólidos totales y los fijos (que son el residuo a estufa a 600°C)	mg/l
-Turbiedad (Tbd)	Es un estimador visual sencillo de los sólidos en suspensión. Refleja la interferencia de la muestra al paso de la luz.	UNT

Existen otros parámetros importantes que se deben medir en aguas residuales agroindustriales, pero por las limitaciones de presupuesto, dado el elevado costo de los análisis fisicoquímicos correspondientes, no se consideraron en este estudio. El DBO solo se midió en la segunda ronda de muestras.

[10] La mayoría de las definiciones fue tomada de lo expuesto por Ulloa (1992a), las restantes se obtuvieron de Salguero (1996).

3.2.3.2. Variables económicas relativas a los sistemas de tratamiento o aprovechamiento de los desechos, para determinación de los costos defensivos.

Todas estas variables, que fueron convertidas a dólares o estimadas de una vez en esa moneda, se resumen en:

- Costo de referencia de bombas de recirculación.
- Costo de operación y mantenimiento del sistema de recirculación de aguas.
- Costo de disposición/tratamiento/aprovechamiento de los desechos.
- Inversión en infraestructura de sistemas de recirculación de aguas y de manejo de desechos.
- Plazo de vida útil de cada equipo o infraestructura y su valor de salvamento esperado.
- Costo y disponibilidad de terrenos para ampliaciones y/o disposición de desechos.
- Costo y disponibilidad de mano de obra en la localidad en que se ubica el beneficio.
- Costos de operación y mantenimiento proyectados para los distintos sistemas de manejo de desechos que se proponen en este trabajo.
- Ingresos por productos principales y secundarios de los distintos sistemas de manejo de desechos que se proponen en este trabajo.
- Acceso a créditos y condiciones de los mismos.
- Otros costos inducidos para evitar deterioro ambiental (donde los hubo).

La mayoría de estas variables se obtuvieron de fuentes primarias, a través de consultas directas con los involucrados. También se hizo necesario recurrir a fuentes de información secundarias para estimar, por ejemplo, los costos de inversión inicial en infraestructura o equipos de recirculación de agua. En todos los casos los beneficiadores declararon no tener esa información, porque tales inversiones se efectuaron 15 ó 20 años atrás.

3.2.3.3. Variables para determinación del Indice de Riesgo Ambiental de cada beneficio.

Estas variables se definieron con base en el modelo de análisis de riesgo ambiental para la agroindustria salvadoreña presentado por Lardé (1998). El modelo determina un índice de riesgo ambiental "$R_{amb.}$" que aglutina los valores de cinco factores ambientales relacionados con las aguas residuales del café (Cuadro 6). Para cada factor (r_i) se definieron tres niveles, con valores asignados de 0, 1 y 2. Sumando los valores correspondientes a los factores de riesgo considerados se planteó

$$\boxed{R_{amb.} = \sum r_i} \qquad (1)$$

$R_{amb.}$ puede tomar valores entre 0 y 10 que representan, respectivamente, casos extremos de un beneficio completamente integrado al entorno ($R_{amb.} = 0$) y de un beneficio que es un serio problema ambiental y requiere supervisión extrema. ($R_{amb.} = 10$) Los rangos de riesgo asociados a R_{amb} son:

0 – 3 : Riesgo bajo, 4 – 6 : Riesgo mediano, 7 – 10 : Riesgo Alto.

En este estudio, los factores o variables considerados para determinar $R_{amb.}$ difieren un poco de los que consideró Lardé. Así, en la zona de trabajo, la profundidad del agua subterránea no es factor discriminante por que en toda la zona ésta se encuentra a más de 70 m (CNRH-PARHN,1998a). Igual sucede con la proximidad de los ríos, pues en ninguno de los casos existen ríos próximos a los beneficios. En cambio, por estar estos beneficios ubicados en la zona que presenta mayor grado de contaminación y mayor densidad poblacional (130.7 habitantes/km^2) (CNRH-PARHN,1998c), el factor población en el entorno se vuelve más importante.

El mismo Lardé (1998) indica que su $R_{amb.}$ puede complementarse con otros factores que no fueron considerados por él. En este estudio se adicionó un factor que tiene que ver con la disposición adecuada de la pulpa del café, mientras que el factor de capacidad de tratamiento se descompuso en dos factores: Capacidad de tratamiento en sí y disposición adecuada de las aguas mieles (con o sin tratamiento) (Cuadro 7).

Cuadro 6: Criterios básicos de Lardé para definir el índice de riesgo ambiental (R_{amb}) de los beneficios de café en El Salvador.

NIVEL DE RIESGO	FACTORES AMBIENTALES (r_i)				
	Población en el área de influencia	Profundidad del agua subterránea (m)	Proximidad de ríos	Consumo de agua en el proceso (m^3/qq_{oro})	Capacidad de tratamiento♣
0	Ninguna o poca	> 50	Ninguna	< 0.5	Alta
1	Regular	20 – 50	> 100 m.	0.5 – 1	Mediana
2	Abundante	< 20	<= 100 m	> 1	Baja

♣Se refiere a tecnologías avanzadas o espacio para lagunas. Fuente:Lardé, 1998.

Cuadro 7: Criterios para evaluar el índice de riesgo ambiental (R_{amb}) de los beneficios integrados en Zona Pacífica Central de Nic.

NIVEL DE RIESGO	FACTORES AMBIENTALES (r_i)				
	Población en el área de influencia♠	Terreno disponible para Estanques de evaporación e infiltración.	Consumo de agua en el proceso (m^3/qq_{oro})	Disposición de la pulpa de café ♦	Capacidad de efectuar algún tratamiento♣
0	Ninguna-poca	Mucho	< 0.5	Adecuada	Alta
1	Regular	Algo	0.5 – 1	Trasladada	Mediana
2	Abundante	Poco	> 1	Ninguna	Baja

♠Se consideró como área de influencia la zona circundante en 100 m alrededor del beneficio.

♦Es adecuada si se hace relleno sanitario o algún aprovechamiento bien manejado. Si se traslada fuera del beneficio hacia cafetales se le atribuyó un nivel de riesgo 1, pues nadie garantiza que quien se lleva la pulpa fuera del beneficio hará buen uso de ella. Si la pulpa es apilada sin manejo alguno en los terrenos del beneficio, entonces el nivel de riesgo asociado es 2.

♣Para evaluar esta variable se tomaron en cuenta dos de los factores analizados en el acápite anterior: el conocimiento de tecnologías limpias y equipos modernos de beneficiado y la disponibilidad de capital. Si ambos factores dieron uno, entonces se consideró alta la capacidad para instalar un tratamiento, si solo uno de ellos dio uno, se consideró mediana y si ambos dieron cero, entonces la capacidad de efectuar algún tratamiento se consideró baja o nula.

3.2.3.4. -Variables de influencia sobre la disposición a invertir en tecnologías limpias.

La disposición de los beneficiadores de café a invertir en tecnologías limpias (DITL) se supone influida por muchos factores que, de acuerdo al valor que tomen, pueden considerarse inductores o limitantes. En general, se escogieron nueve factores a los que se les asignaron intuitivamente valores cuantitativos, para calcular con ellos la DITL según:

$$\boxed{DITL = \sum f_i} \qquad (2)$$

Como principales factores motivadores para este tipo de inversión se consideraron:

- *El conocimiento de leyes y normas de regulación ambiental.* Se evaluó de manera dicotómica (1-0): conoce o no del tema. En realidad se obtuvo información un poco más detallada, considerando por ejemplo, si el entrevistado conocía además de las leyes en lo general, algunas de las sanciones u otros instrumentos económicos empleados al respecto.

- *La influencia de actores externos amigos del ambiente.* Esta variable se midió en forma dicotómica: preguntando si, en los últimos tres años, recibió visitas por parte de ONG´s, gremios u otros, para intentar hacerle cambiar de actitud con respecto a sus emisiones contaminantes. Si recibió al menos una visita se le asignó uno a esta variable, el cero correspondía al caso contrario.

- *Su convicción personal de responsabilidad con el ambiente.* Se evaluó también en forma dicotómica, asignando un uno a aquellos beneficiadores que irrestrictamente se manifestaron a favor del principio "el que contamina paga". A los que dijeron estar de acuerdo, pero señalaron algunas restricciones (cualesquiera), se les asignó un cero, igual que si no estuviesen de acuerdo con tal principio.

- *El conocimiento de tecnologías limpias y equipos modernos de beneficiado de café.* El interés por adquirir nuevos conocimientos sobre las últimas tecnologías se consideró también indicador de la DITL de cada beneficiador. Se asignó un valor cero para quienes no conocían nada de equipos nuevos o sistemas de tratamiento. El valor uno correspondió a los que conocían algo, ya fuera de sistemas de tratamiento

y/o aprovechamiento de desechos, o bien de equipos como los desmucilaginadores mecánicos, despulpadores verticales, etc.

- *La iniciativa propia hacia mejoras concretas.* La naturaleza innovadora de cada individuo se evaluó observando cambios y mejoras recientes en su beneficio: si se detectó algún cambio se asignó un uno, si había cambios pero no muy recientes (de hace cinco años o más) se le asignó un valor de 0.5 y, en caso de no observarse ninguna mejora, un cero.

- *Situación de propiedad bien definida.* Se asignó un uno a aquellos beneficios que perteneciendo a un solo dueño o bien a una sociedad anónima bien establecida, no fueron intervenidos por el estado en la década pasada. Estas condiciones se consideraron indicadoras de estabilidad y que, por tanto, inciden positivamente en la DITL. En caso de intervención estatal o de propiedad cooperativa, se asignó un valor cero, por el factor de riesgo que esto acarrea.

- *Disponibilidad de capital.* Se asignó un uno si se cuenta con más de $10,000 para invertir en tecnologías limpias. Si el capital disponible osciló entre 5 y 10 mil dólares, el valor asignado a esta variable fue de 0.5. Para capital disponible inferior a $5,000 se asignó un valor cero.

- *Perspectivas de desarrollo de la caficultura en la zona.* Esta valoración es bastante general. Si las perspectivas fueron positivas se asignó un valor uno y si no lo fueron, entonces se asignó el valor cero.

Finalmente se planteó una pregunta directa, para manifestar la propia disposición a invertir en tecnologías limpias. Se consideraron tres niveles cualitativos de respuesta: Ninguna, mediana o elevada disposición. La respuesta de cada uno a esta pregunta se comparó con la evaluación resultante de la suma de todas las demás variables presentadas en este acápite.

Al final del estudio se preguntó por segunda vez a los beneficiadores sobre su DITL, después de haberles suministrado bastante información sobre las tecnologías propuestas y las leyes vigentes. Así se evaluó el cambio en la disposición a invertir.

3.2.4.- Material experimental de fuente secundaria.

Como material de fuente secundaria se incluyó todo lo correspondiente a costos de operación, precios de referencia para inversiones en equipos, terrenos e insumos, así como costos de implementación de las tecnologías limpias propuestas.

Las fuentes principales de esta información fueron comunicaciones personales (por cualquier vía) con algunos investigadores - impulsores de las tecnologías propuestas.

3.3.-PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

3.3.1. Estadísticas descriptivas

Los datos de café cereza semanal procesado, en cada cosecha y en cada beneficio, se utilizaron como base para obtener otras variables y para algunas de las modelaciones. Se calcularon los promedios, máximos, mínimos y desviación estándar de café cereza procesado semanalmente para cada cosecha y globalmente para las tres cosechas consideradas. Se obtuvieron totales de café cereza procesado por cosecha y con ellos la media de café en cereza procesado en cada beneficio (como promedio de los totales por cosecha en los tres últimos años).

Los totales de café en cereza por cosecha de cada beneficio se convirtieron a qq oro usando una tasa media de rendimiento en peso de 5.7 kg de café uva / kg de café oro. Esta tasa (que se simbolizó como TMR) se obtuvo como promedio ponderado de los rendimientos reportados por cada beneficio, utilizando como factores de ponderación las proporciones de café procesado en cada planta, con respecto al total de café que se procesa en la zona. Expresado matemáticamente:

$$TMR = \Sigma(fp_i \times TRI_i)/n \qquad (3)$$

Donde : el subíndice "i" se refiere a cada beneficio, TRI es el rendimiento por beneficio

fp = cantidad de café beneficiado en "i" / cantidad total de café beneficiado en la zona

n = Total de beneficios que reportaron su tasa de rendimiento individual (TRI) = 7

También se obtuvo un valor medio de qq oro procesados por cosecha en cada beneficio y su respectiva desviación estándar, así como los máximos de producción.

Para algunas de las variables de carácter económico también se calcularon medias, facilitando el análisis de inversiones posterior. Y, finalmente, se aplicaron estadísticas descriptivas a los costos defensivos determinados según los tratamientos más adecuados para pulpa y aguas mieles, para generalizar los datos a toda la zona de estudio.

3.3.2. Evaluación de alternativas para aprovechamiento de desechos sólidos.

Esta evaluación se efectuó utilizando algunas de las variables económicas enumeradas en el acápite 3.2.3.2 (pág. 30). Se simuló cada alternativa de uso según la información suministrada por los beneficiadores que la practican, esto con ayuda de hojas de cálculo de Microsoft Excel (Anexo 3). Para cada alternativa se calculó la relación beneficio/costo y se utilizó este criterio para elegir la mejor alternativa de uso en el caso irrestricto, es decir, en caso de que el beneficio no tuviera restricciones ni de capital, ni de terreno, etc.

Se hizo necesario estimar algunos costos auxiliares como en el caso de la cantidad de leña que podía ser reemplazada por la pulpa seca, en su empleo como combustible para el secado mecánico del café. Para hacer esta estimación, primero se determinó la demanda energética del proceso de secado de un qq de café oro, que es de unas 70,000 kcal aproximadamente (PEICCE, 1994). Luego se calculó un poder calorífico promedio que resultó de 4580 kcal/kg y una densidad aparente de 0.544 gr/cm^3 para las especies de leña más utilizadas en la zona (Bonilla, 1999), estos promedios se calcularon con datos de referencia tomados de Herrera y Lanuza (1995). Con todos estos datos y, suponiendo una eficiencia de combustión del 90%, se obtuvo la cantidad de leña que se puede reemplazar con la pulpa seca. Es obvio que la masa de pulpa a combustionar debe ser mayor que la de la leña sustituida, pues la pulpa seca tiene un poder calorífico más bajo que el de la leña, es decir, 4200 kcal/kg (Vásquez, 1996).

Para estimar costos de labores asociadas a los usos de la pulpa, por ejemplo, el transporte de la pulpa fresca hacia el sitio de aprovechamiento, se tomaron criterios uniformes para

todos los beneficios, independientemente de su tamaño. Se supuso que el sitio de aprovechamiento estaría a un máximo de 100 m del sitio de evacuación de pulpa en cada beneficio, que el transporte se efectuaría con carretillas de mano, aún cuando se sabe que algunos beneficios usan tractores o camiones para mover la pulpa. No se dispuso de información confiable sobre los consumos de combustible asociados a transporte de pulpa en los beneficios que tienen transporte mecanizado. El detalle de todos los supuestos asumidos en cada caso se presenta al pie de cada cuadro en el Anexo 3.

Para el lombricompostaje se elaboraron simulaciones en hojas de cálculo de Excel, tratando de determinar cuál sería la mejor distribución de la pulpa que serviría de alimento a las lombrices a lo largo del tiempo. De las cinco alternativas evaluadas (de acuerdo al número de etapas o generaciones de lombrices que se criarían para consumir la pulpa) se escogieron dos: la de seis etapas y la de tres. Aunque la relación beneficio/costo siempre resultó mayor para los procesos de seis etapas de crianza de lombrices, se pensó que la duración de la cosecha cafetalera podría influir sobre la decisión de los beneficiadores y que se inclinarían por esta opción. En el anexo 3 se presentan algunas de las hojas de cálculo utilizadas.

Otro factor que influyó al pre-seleccionar la alternativa de tres etapas como una opción para análisis más detallado fue la estación seca bien marcada en la zona, que favorecería al proceso más rápido en pro de no requerir inversiones en áreas techadas. Al efectuar comparaciones, de todas formas resultó más atractiva la alternativa en seis etapas, aún cuando demandare la construcción de techos para proteger los lechos durante el invierno.

3.3.3. Programación lineal aplicada a la selección de alternativas de aprovechamiento de subproductos.

Puesto que, en la realidad, los beneficiadores están sujetos a restricciones como las que se mencionaban más arriba, la selección de la mejor alternativa de uso de pulpa debe hacerse teniendo en cuenta tales restricciones. Para esto se utiliza la programación lineal.

El problema objetivo planteado fue la maximización de ganancias considerando los usos de pulpa mencionados en la revisión de literatura. La estructura general del programa lineal utilizado fue:

$$\text{Max} \quad a\,PC + b\,PA + c\,PVA$$

Sujeto a restricciones de:

- Capital: $d\,PC + e\,PA + f\,PVA \leq$ "x" ($)
- Espacio en patio de secado en días pico: $g\,PC \leq$ "y" (m^2)
- Espacio en bodega: $h\,PA + i\,PVA \leq$ "z" (m^2)

⋮ ⋮

- No negatividad de variables $PA, PC, PVA \geq 0$

Donde PA son los qq de pulpa fresca/cosecha destinados a la prod. de abono.

PC son los qq de pulpa fresca/cosecha destinados a la prod. de combustible.

PVA son los qq de pulpa fresca/cosecha destinados a la prod. de vermiabono.

Los coeficientes a, b, c, d,...n , se obtuvieron como resultado de la evaluación de los usos de pulpa detectados en cada beneficio.

La selección de las restricciones resultó compleja porque un mismo proceso se puede desarrollar de distintas maneras, cambiando sus requerimientos. En el caso de la producción de vermiabono, ésta puede planificarse y desarrollarse en tres, cuatro, cinco o seis etapas a lo largo del año y, en cada caso, los requerimientos de espacio, mano de obra, costos de insumos, etc., resultaron diferentes. Tratando de seguir la racionalidad del beneficiador, en cada alternativa se escogió aquella que demandara el menor capital de trabajo y la más baja inversión inicial, aún cuando no fuere la manera más rentable de

desarrollar el proceso. Esto se hizo así para tratar de minimizar el riesgo asociado a cada alternativa.

El programa se resolvió con ayuda del paquete LINDO, que facilita directamente el análisis de sensibilidad de cada problema lineal, mostrando cómo variarían los resultados ante cambios en los coeficientes de las actividades en la función objetivo, o bien, de cambios en los límites establecidos para las ecuaciones de restricción.

3.3.4. Determinación del costo defensivo

Dado que los usos de la pulpa generan ingresos que pueden cubrir los gastos asociados a cada uso, el concepto de gasto defensivo queda restringido a los costos de implementación y operación de los sistemas de tratamiento/disposición de aguas residuales. Para distribuir el valor de las inversiones iniciales en flujos anuales, a lo largo de la vida útil de cada inversión, se utilizó el concepto de Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), que es válido aún para comparar alternativas con distinta vida útil (Blank y Tarquin, 1992)

El CAUE se define según:

$$CAUE = A + P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] - F\left[\frac{1}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad (4)$$

Donde : A = Costo anual de operación y mantenimiento (Costo variable)

P = Inversión inicial (Costo fijo).

n = vida útil en años

F = Valor de salvamento.

i = Tasa de descuento

La tasa de descuento utilizada fue de 5.29%, correspondiente a los bonos del tesoro de los Estados Unidos,. La vida útil de las alternativas de tratamiento o disposición de aguas a evaluar se estimó en 20 años. Ambos valores corresponden a los utilizados por Salguero (1996), que es el estudio con el que se comparan los resultados.

Se determinaron dos tipos de costos defensivos: actuales y futuros. El costo defensivo actual fue calculado según las inversiones y gastos de operación detectados en cada beneficio de estudio tal y como está funcionando ahora. El costo defensivo futuro se determinó sobre la alternativa de mínima inversión, comparando las propuestas presentadas en la revisión de literatura.

Para el cálculo de los costos defensivos actuales se tomaron datos sólo de los beneficios que tenían instalado sistema de recirculación de agua, aunque los costos de inversión en tales sistemas de recirculación no se consideraron como parte del análisis del CAUE. La razón es que estos se instalaron desde hace más de 15 años y ya la depreciación prácticamente ha consumido el valor de tales inversiones. Se evaluaron costos de operación según el consumo de energía eléctrica de los motores de recirculación y las tarifas de energía correspondientes a cada beneficio.

Estos beneficios pagan dos tipos de tarifas, de acuerdo a la demanda total de energía en cada uno: un costo promedio de 1.12 US$/kWH corresponde a los beneficios más grandes y un costo de 1.3 US$/kWH, corresponde a los beneficios medianos. El costo de mantenimiento de equipos de recirculación se estimó como 13% del costo energético, porque no fue posible obtener mejor información al respecto. Este porcentaje se obtuvo de los detalles de costos aportados por el beneficio J.

Para costos defensivos futuros se pretendía considerar las alternativas menos costosas y más eficientes, en función del porcentaje de remoción de DQO que podía proveer cada una. Sin embargo, no se encontró información suficientemente específica como para ensayar detalladamente todas las alternativas. El posible uso de reactores tipo FAFA fue valorado en forma general y descartado *a priori* por las exigencias de control de operación y elevados costos que le caracterizan.

Puesto que no se encontraron en la zona más que los estanques de evaporación e infiltración esta fue la opción básica para las proyecciones de inversión en aquellos beneficios que se juzgaron deficientes en cuanto a las medidas defensivas asumidas hasta ahora. Se proyectó, como primer escenario, la conversión de las fosas sépticas encontradas en los beneficios de la zona en estanques de evaporación e infiltración, manteniendo los consumos de agua determinados en cada beneficio. Como no se consiguieron datos de la tasa de infiltración en la zona, ésta se ignoró y se consideró como margen de sobrediseño. En tal proyección se consideró el aprovechamiento de las estructuras ya existentes y la excavación de EEI complementarios, aplicando un factor de 1.2 para el cálculo del área total requerida para construir estos estanques, como garantía de espacios para circulación de personas alrededor de los mismos.

Un segundo escenario se planteó considerando la inversión en sistemas de recirculación completamente nuevos para todos los beneficios. Se supuso que tales sistemas reducirían el consumo de agua hasta un nivel similar al que tiene el beneficio de mínima tasa de consumo de agua. El costo asociado a estos sistemas se fijó en un valor de 7000 US$, que es un poco superior al costo promedio de los sistemas de recirculación evaluados por Salguero (1996). El tamaño de los EEI asociados a este escenario se espera que sea menor.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS DEL BENEFICIADO EN LA ZONA

El proceso de beneficiado húmedo se extiende un promedio de 22 semanas/cosecha, mientras que el proceso de beneficiado seco se desarrolla en 30 semanas. Se labora solamente seis días de cada semana, por lo que las operaciones de beneficiado húmedo se efectúan en 132 días aproximadamente. Con la información primaria recolectada se pudo determinar la distribución porcentual promedio de la cosecha de café en el tiempo (fig. 3). En las estimaciones de cosecha procesada que realizan otros autores (Gámez, 1998; RIDES, 1999) asumen un promedio de duración de cosecha de 100 días, pero se basan generalmente en datos de la zona norte del país donde el período de maduración del café presenta un comportamiento distinto.

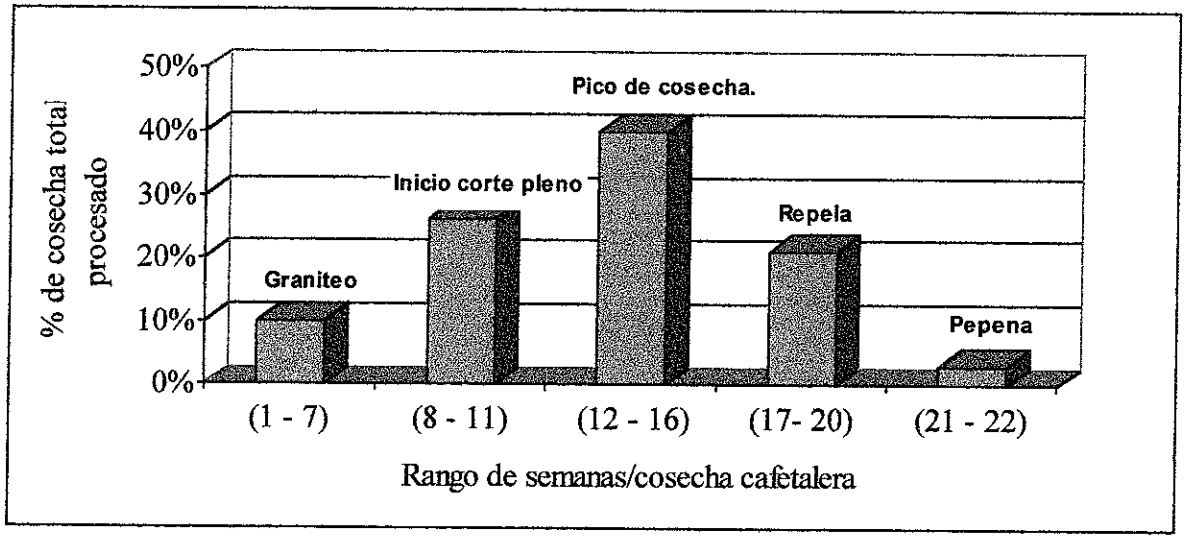

Fig. 3: Distribución porcentual media de la cosecha cafetalera en función del tiempo, para la zona de estudio

a) Cuantificación de la pulpa fresca generada por beneficio.

Se determinó una generación total en la zona de 7362.2 miles de kg (162,306 qq) de pulpa fresca, basada en los totales de recibo de café cereza de las cosechas 96-97, 97-98 y 98-99. Para cada cosecha y en cada beneficio se determinó el peso y volumen de pulpa generada, observándose desviaciones estándares grandes con respecto a la media

para los beneficios H y J (Cuadro 8). Estas desviaciones grandes pueden explicarse al observar que los beneficios prestan sus servicios abiertamente a los clientes que se los soliciten. Los grandes clientes son las casas exportadoras de café, que tienen locales de acopio en toda la zona y pueden perfectamente decidir cambiarse de una beneficio a otro, entre cosechas. Así, pudo verse que mientras J procesó su máximo volumen de café en la cosecha 96-97, H procesó su volumen más bajo en esa misma cosecha; para la cosecha 98-99, ocurrió lo contrario (Anexo 2).

Se estimó el peso de pulpa generada por día en cada beneficio, así como su desviación estándar. En este caso, las desviaciones del estimador con respecto a su media son grandes para todos los beneficios, por la distribución desigual de la cosecha a lo largo del tiempo (fig. 3).

Cuadro 8: Peso y volumen promedio de pulpa generada en cada beneficio integrado.

	kg * 10^{-3}/cosecha		m^3/cosecha		kg / día		
Beneficio	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Máx.
A	113.0	--	286	--	143	--	--
B	123.0	22.8	312	59	984	1208	4694
C	2243.2	189.1	5684	479	12468	19510	55947
D	551.1	106.5	1396	270	4956	3258	11901
E	680.7	370.6	1725	939	4452	6519	29965
F	517.0	--	1310	--	653	--	--
G	46.3	--	117	--	59	--	--
H	1233.6	740.0	3126	1875	8875	13019	63193
I	631.9	163.0	1601	413	5303	5424	19940
J	1222.4	472.3	3097	1197	9052	9980	40412
Total	7362.2		18654		46945		

Los beneficios para los que no se indica la desviación estándar de los datos son los que no otorgaron datos completos, dieron información solamente de la última cosecha y en forma agrupada (por cosecha y no por semana).

Como datos necesarios para cálculos posteriores se obtuvieron la densidad y humedad relativa de muestras de pulpa en diferentes estados de descomposición (cuadro 9).

Cuadro 9: Resultados de ensayos de humedad y densidad aparente para muestras de pulpa.

Tipo de muestra y procedencias	ρ_{media} (kg/m^3)	Desv. Est. ρ_{media}	% de humedad promedio	Desv. Est. Humedad
Pulpa fresca de beneficios E y H	361.52	48.99	84.7	4.0
Pulpa con 2 - 3 semanas de descomposición, procedente de los beneficios C, H, J e I	958.00	18.60	82.2	1.3
Pulpa secada al sol por tres días para combustión, beneficios E, I	145.15	4.54	15.3	2.1

El proceso de descomposición de la pulpa hace que se reduzca en volumen y en peso, pero es mayor la reducción de volumen, según se evidencia por el incremento de la densidad aparente. La pulpa fresca conserva su forma inicial, con el espacio vacío que antes ocupaba el grano, mientras que en la pulpa descompuesta estos espacios desaparecen rápidamente, ayudados por el efecto del peso de la pulpa misma apilada o amontonada en cúmulos. La humedad relativa se reduce durante la descomposición y en mayor grado, cuando se efectúan volteos periódicos de la pulpa.

Para la pulpa secada al sol, es evidente que se reducen tanto la humedad relativa como la densidad, con respecto a la pulpa fresca.

b) Cuantificación de la cascarilla

Se estimó un total de 828,228 kg de cascarilla generados por cosecha en los beneficios integrados de la zona. Igual que para la pulpa, se determinaron pesos y volúmenes de cascarilla producidos en promedio en cada beneficio, tanto por cosecha como por día (Cuadro 10).

Como se explica en la revisión de literatura, independientemente de su magnitud, la cascarilla no representa un problema de contaminación por sus características propias (baja humedad relativa y estabilidad química, es decir, que no se descompone, ni desprende malos olores como en el caso de la pulpa).

Cuadro 10: Peso y volumen de cascarilla de café generada en cada beneficio integrado.

	kg * 10^{-3}/cosecha		m^3/cosecha		kg/día		
Beneficio	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Máx.
A	12.71	--	97	--	33.1	--	--
B	13.84	2.61274	105	62.3	38.0	46.9	2044.4
C	252.36	21.2738	1922	162.0	605.4	758.1	40466.5
D	62.00	11.975	472	91.2	191.2	126.6	5183.2
E	76.58	41.6858	583	317.5	171.8	253.3	13051.0
F	58.17	--	443	--	152.2	--	--
G	5.21	--	40	--	13.6	--	--
H	138.79	83.2356	1057	634.0	342.5	505.9	27522.9
I	71.09	18.3254	541	139.7	204.6	210.8	8684.6
J	137.51	53.1166	1047	404.6	349.3	387.8	17600.9
Total	828.24		6308		2102		

Los beneficios para los que no se indica la desviación estándar de los datos son los que no otorgaron datos completos, dieron información solamente de la última cosecha y en forma agrupada (por cosecha y no por semana).

4.1.1.- Aprovechamiento/disposición de la pulpa en los beneficios.

Se encontró que en cinco beneficios de la zona no se aprovecha la pulpa de ninguna manera. En los peores casos, ésta es dejada en cerros o cúmulos al aire libre, sin recibir ningún tipo de manejo (Fig. 4). Durante la cosecha 98-99, en los beneficios A, H y C regalaban la pulpa a quien llegara a solicitarla. En A y C declararon que si la pulpa no la pedía nadie, la recogían en camiones y la regaban en el camino de entrada hacia el beneficio (de unos 800 m de extensión).

En el caso de los beneficios E e I, el 50% de la pulpa se emplea como combustible desde hace algún tiempo. Esta es primeramente secada al sol, aprovechando los patios de secado que se encuentran desocupados a inicio y fines de la cosecha cafetalera, incluso en época pico, porque el porcentaje de aprovechamiento de la capacidad instalada de estos beneficios es bastante bajo (24% en promedio). Una vez seca (hasta un 15-20% de humedad), la pulpa se recoge y se almacena a granel, junto a la cascarilla, en las bodegas del beneficio. De ahí se traslada en sacos o carretilla hasta los hornos o calderas. El resto de la pulpa que se produce en estos beneficios se deja al aire libre sin ningún manejo.

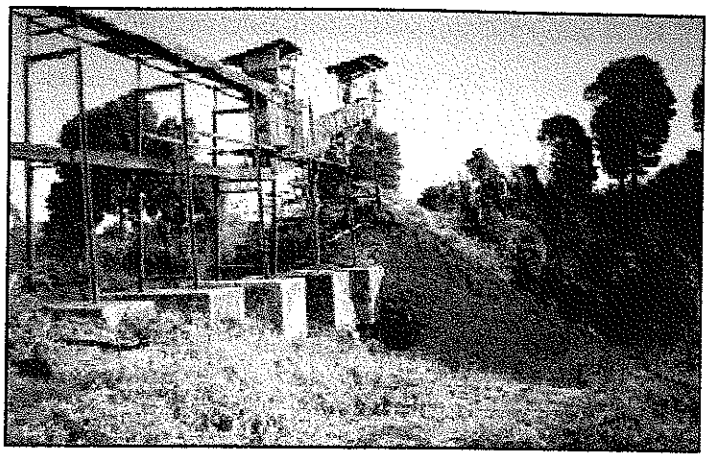

Fig. 4: Pulpa acumulada al aire libre en beneficio E.

La fotografía fue tomada a finales de marzo, más de un mes después de que finalizó la cosecha de café.

En un caso (beneficio B) la pulpa se compostea y se vierte luego sobre los cafetales de los productores dueños-usuarios del beneficio. En el beneficio F aseguraron que emplean la pulpa como abono, vertiéndola fresca en los callejones del cafetal, pero no permitieron el acceso al sitio, para poder comprobar tal afirmación.

El beneficio D si aprovecha toda su pulpa, e incluso la de otros beneficios, pues de aquí se alimentan aproximadamente 1800m^2 de eras efectivas con lombrices rojas californianas. En este beneficio se sienten bastante satisfechos con los resultados obtenidos hasta ahora del vermiabono, que utilizan para autoconsumo en sus cafetales (Fig. 5).

Para la cosecha 99-2000 se observan, *a priori,* cambios de uso de la pulpa en algunos sitios.

Fig. 5: Eras de lombrices alimentadas con pulpa de café semidescompuesta en el beneficio D.

La fig. 6 resume la distribución de usos de pulpa según cada beneficio, mientras que en la fig.7 se presenta la distribución por usos, considerando el volumen total de pulpa que se genera en la zona.

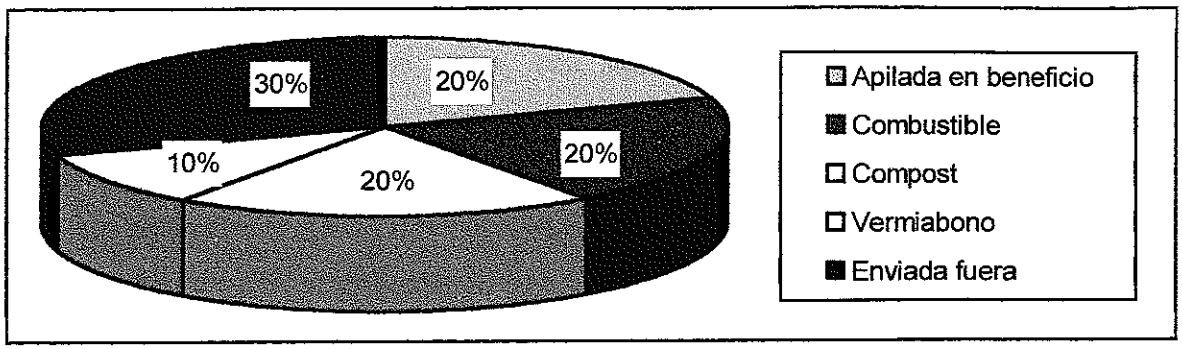

Fig. 6: Distribución de usos de la pulpa según número de beneficios en la zona.

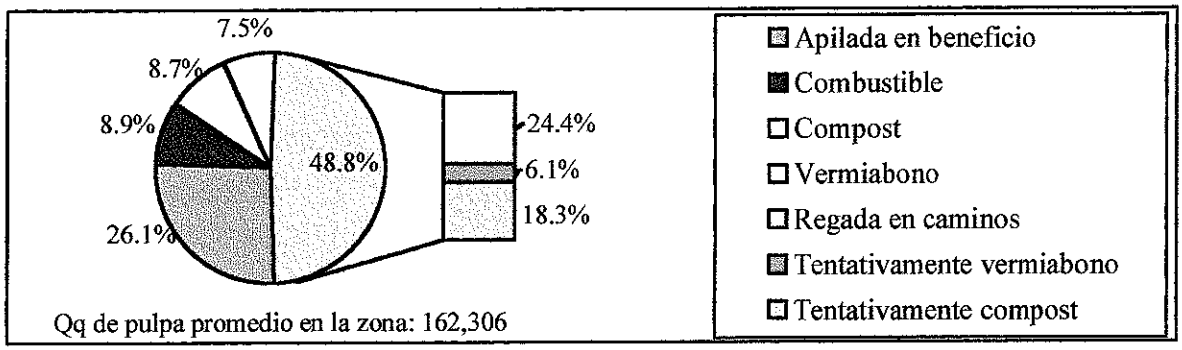

Fig. 7: Distribución de usos de la pulpa según cantidad total que se genera en la zona.

1.1.1. Aprovechamiento de la cascarilla.

En todos los beneficios se aprovecha la cascarilla como combustible, en combinación con leña. Esto representa un ahorro para el beneficiador pues deja de comprar una porción de 40% de leña, que es lo que normalmente se sustituye con la cascarilla (PEICEE, 1994).

El espacio de almacenamiento que la cascarilla requiere oscila entre 1-1.2 m^2/m^3 de cascarilla, dependiendo de la altura de los cúmulos o cerros cónicos en que se apila.

Con la información recolectada en este estudio se estimó que el ahorro de leña en la zona, al emplear la cascarilla como combustible sustituto es del orden de 1390 m^3/cosecha.

4.1.3.- Volúmenes de aguas mieles generados en cada beneficio.

El 70% de los beneficios de la zona tiene instalado algún sistema para recircular el agua utilizada en las etapas húmedas. Tales sistemas son los que almacenan el agua ya usada para su reutilización posterior. Los beneficios que no tienen este sistema, al menos aprovechan el agua en dos pasos, con sistemas de lavado mecánico en flujo a contracorriente. Los resultados demuestran que los beneficios integrados del país tienen consumos de agua muy inferiores a los que se reportan al nivel nacional en los diferentes estudios realizados (ALMAT/SNV/BIOMAT, 1993; Gámez, 1999; RIDES, 1999). El rango de consumo de agua que presentan estos estudios es de 2 a 3 m^3/qq oro procesado, mientras que la media de consumo obtenida en este trabajo se mantuvo por debajo de 1.14 m^3/qq oro procesado, a un nivel de confianza del 95% (Cuadro 12).

Fue difícil agrupar a los beneficios según el sistema de recirculación de agua que tienen para sus diferentes procesos, pues los que corresponden a una categoría según un criterio, forman parte de otra, al seguir otro criterio de agrupación. Esto puede verse en el Cuadro 11, donde se resumen los diferentes sistemas de uso del agua en cada etapa para los beneficios en estudio

Cuadro 11: Sistemas de recirculación o de ahorro de agua en los beneficios estudiados.

Sistema de recirculación	Beneficios que lo tienen
Recibo/despulpe con agua parcialmente Recirculada	E y II
Lavado con bomba a contracorriente	A, C, F y H
Lavado con bomba en 2 pasos (1^{ero} agua recirculada)	E y J
Lavado en canal con agua parcialmente recirculada	B, G e I
Recirculación integrada en todo el proceso	D

El beneficio D, que es el único que posee sistema de recirculación integrado en cada etapa del proceso húmedo, es el que resultó con la mayor tasa total de consumo de agua por quintal de café oro procesado, esto porque tiene el mayor volumen de agua en recirculación. A la vez, su consumo de agua limpia es el segundo más bajo, siendo el del beneficio I el consumo de agua limpia menor. (Cuadro 12).

Cuadro 12: Caudales promedio de aguas mieles por beneficio y por operación.

	Consumo promedio de agua limpia			Agua de	Consumo
Beneficios Codificados	(m^3/qq_{oro}.) Recibo y despulpe	(m^3/qq_{oro}) Lavado	(m^3/qq_{oro}) total agua limpia	(m^3/qq_{oo}) Recirculación	(m^3/qq_{oro}.) Total
B	0.062	0.300	0.362	0.371	0.733
C	0.106	0.336	0.442	---	0.442
D	0.045	0.145	0.190	0.075	0.265
E	0.100	0.129	0.229	0.897	1.126
H	0.057	0.269	0.326	0.012	0.338
I	0.091	0.115	0.206	0.059	0.265
J	0.059	0.345	0.404	0.216	0.620
Promedio	0.0743	0.2341	0.3085	0.2715	0.5412
Desv. Est.	0.0241	0.1012	0.1008	0.3335	0.3134

El flujo de agua recirculada se estimó utilizado el volumen total de las pilas de almacenamiento de esta agua, dividido entre el número de qq_{oro} que pasan por el beneficio durante los días en que dicha agua se recircula.

La información correspondiente a "D" fue proporcionada por el encargado del beneficio, no se pudo comprobar experimentalmente, porque no lo permitieron.

En ocho de los diez beneficios se utiliza agua de pozos propios del beneficio, mientras que en "B" trabajan con agua del servicio público. Esto resultó muy útil para valorar comparativamente las mediciones de consumo de agua que se hicieron de manera experimental en los otros beneficios.

Otro beneficio que no cuenta con pozo propio es "I", donde se almacena agua de lluvia en grandes pilas y desde allí se bombea hacia el resto del beneficio. A estas pilas les agregan cal ($CaCO_3$) de vez en cuando para evitar la formación de algas u otro tipo de organismos que pudiera afectar la calidad del café que se procese con esta agua.

Los resultados de las determinaciones de pH concuerdan perfectamente con lo reportado en la bibliografía, evidenciándose la acidez de las aguas de lavado, que resultó ser, en promedio, mayor que la de las aguas de despulpado. Los valores de pH obtenido son un poco mayores que los que aparecen en las Cuadros de valores de referencia (Cuadros 1 y 2) pero esto seguramente se debe a la ligera alcalinidad que presentan las aguas de entrada del proceso.

Cuadro 13: Resultados de análisis de laboratorio sobre las aguas mieles de los beneficios.

Pto.	Parámetros evaluados	BENEFICIOS C	H	I	J	Promedio	Desviación Estándar
Agua de entrada	T (°C)	25	25	24.6	25.3	24.98	0.29
	Ω (mS/cm)	-	0.07	0.02	0.05	0.05	0.03
	pH	7.3	7.7	8.6	7.4	7.75	0.59
	DQO (mg/l)	28.24	20.00	42.36	28.24	29.71	9.28
	ST (mg/l)	220.00	240.00	70.00	180.00	177.50	75.88
	SV (mg/l)	50.00	60.00	30.00	70.00	52.50	17.08
	Ssed (mg/l)	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.03
	Turbiedad (NTU)	0.65	1.50	2.00	1.50	1.41	0.56
Agua de despulpe	T (°C)	24.3	23.8	23.7	22.4	23.55	0.81
	Ω (mS/cm)	0.24	0.59	0.75	0.66	0.56	0.22
	pH	6.7	6.1	5.7	6.2	6.18	0.41
	DQO (mg/l)	20,330.00	21,178.00	22,589.00	39,531.00	25,907.00	9,130.33
	ST (mg/l)	8,200.00	11,060.00	20,300.00	26,100.00	16,415.00	8,267.50
	SV (mg/l)	7,520.00	8,950.00	17,580.00	23,620.00	14,417.50	7,575.32
	Ssed (mg/l)	40.00	390.00	950.00	550.00	482.50	377.48
	Color	4,000	10,000	10,000	9,000	8,250.00	2,872.28
	Caudal (m^3/hr)	7.15	3.978	4.88	6.854	5.72	1.54
Agua de lavado	T (°C)	22.2	25.4	22.95	23.4	23.49	1.37
	Ω (mS/cm)	0.145	0.51	0.385	0.195	0.31	0.17
	pH	6.3	4.9	5.45	4.8	5.36	0.69
	DQO (mg/l)	32,755.00	32,189.00	16,236.00	15,530.00	24,177.50	9,584.79
	ST (mg/l)	4,890.00	15,690.00	13,270.00	4,335.00	9,546.25	5,786.47
	SV (mg/l)	4,420.00	13,660.00	11,490.00	3,665.00	8,308.75	5,014.75
	Ssed (mg/l)	0	1,000.00	630.00	511.00	535.25	413.14
	Color	10,000	9,000	9,750	3,500	8,062.50	3,071.20
	Caudal (m^3/hr)	28.53	12.54	7.236	18.13	16.61	9.11

Los resultados de DQO se asemejan mucho a los valores reportados en la literatura para volúmenes de agua similares a los de este estudio (Zuluaga, 1989). En cambio están bastante lejos de los establecidos en las normas de vertidos agroindustriales en Nicaragua (pág. 23). La DQO promedio encontrada para las aguas de lavado es ligeramente menor que la de las aguas de despulpado, pues en el despulpe se consume aproximadamente un 20% del volumen de agua empleada en el lavado.

Se encontró concordancia entre las concentraciones de sólidos totales y sólidos suspendidos (o sedimentables) que se determinaron experimentalmente y los que reportan otros autores (Salguero, 1996; Lardé, 1997a). Entre menos sólidos se tenga, mejor.

En el cuadro 13 se presentan las cargas contaminantes de cada beneficio estudiado y la población equivalente a cada carga. La población equivalente es un estimado del número de personas que producirían, en un día, aguas residuales con el mismo poder contaminante que las que se emiten en el día pico en cada caso (Gámez, 1999).

Cuadro 14: Resumen de cargas contaminantes por tiempo y por unidad de producción.

		BENEFICIOS					Desviación Estándar
Pto.	Parámetros evaluados	C	H	I	J	Promedio	
Aguas de lavado	Carga Contaminante (kg DQO/hr)	2.84	5.32	4.63	5.77	4.64	1.29
	Producción (qq oro/hr)	67.00	70.00	130.50	151.00	104.63	42.56
	Carga orgánica (kg DQO/qq_{oro})	0.0424	0.0761	0.0355	0.0382	0.048	0.0189
Aguas de despulpado	Carga Contaminante (kg DQO/hr)	1.15	2.57	2.24	0.86	1.70	0.83
	Producción (qq oro/hr)	79.25	47	61.5	52	53.50	7.37
	Carga Orgánica (kg DQO/qq_{oro})	0.0145	0.0546	0.0365	0.0165	0.04	0.02
Total	kg_{DQO}/qq_{oro} total	0.0569	0.1307	0.0720	0.0547	0.09	0.04
	Población equivalente/día	462	721	125	193	346	326

El beneficio que presenta la mayor carga contaminante y, por tanto, una población equivalente mayor, es el beneficio D, con 721 personas equivalentes en contaminación por día. Lo que esto indica es que en este beneficio la contaminación se da en forma más concentrada y esto es facilita su tratamiento posterior. Se requeriría un área menor para EEI en este beneficio, que en otro que procese igual cantidad de café pero con mayor consumo de agua por quintal de café oro procesado.

BIBLIOTECA

4.2.- EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO/APROVECHAMIENTO DETECTADOS EN LOS BENEFICIOS DE LA ZONA.

Prácticamente en ninguno de los beneficios se cuantifican los costos y beneficios del manejo de los subproductos. Por ejemplo, la mano de obra que se utiliza se cuenta dentro de las labores varias del beneficio y no se asocia específicamente a un rubro de manejo de subproductos. Lo mismo sucede con los consumos de energía asociados o cualquier otro valor que deba incluirse. Por ello, se prefirió reunir la poca información disponible y determinar valores promedio de costos para las labores comunes, aun cuando se observó que hay variaciones de los costos asociados de un sitio o a otro (Cuadro 15).

Cuadro 15: Costos unitarios promedio de actividades e insumos en la zona de estudio.

Actividad o insumo	Unidad de medida	Costo promedio ($)	Desv. Est.
Mano de obra para labores varias	Jornal (8 hr)	2.42♣	0.73
Costo supervisión en labores varias	semana	30.098♣	4.97
Costo de oportunidad de la tierra.	$/m^2/sem	2.74 E-04♣♣	--
Costo de sacos para enfarde	unidad	0.246	--

♣ Calculado a partir de seis observaciones de costo de mano de obra en beneficios o fincas cafetaleras de la zona (Anexo 3).

♣♣ Basado en el costo de alquiler de terrenos en la zona. Según varios entrevistados oscila entre 50 y 100 $/mz., pero se tomó el valor mayor para considerar una situación extrema.

4.2.1.- Costos e ingresos asociados al secado y combustión de pulpa.

Este proceso se encontró aplicado en dos de los beneficios de la zona (E, I). Las operaciones que conlleva son sencillas y se basan en la mano de obra principalmente. Para las estimaciones de mano de obra por transporte de pulpa fresca y pulpa seca se supuso que se empleaban carretillas manuales, aunque en los beneficios estudiados se tienen tractores y tolvas móviles para transporte de carga dentro de la planta.

Como beneficio de esta alternativa se calculó la cantidad de leña ahorrada al utilizar pulpa seca como combustible sustituto, que resultó en un peso promedio de 17 kg/qq $_{oro}$. Los costos promedio de diferentes labores asociadas a este uso se resumen en el cuadro 16.

Cuadro 16: Actividades asociadas al secado y combustión de pulpa de café

Labor, insumo o actividad	Cantidad requerida	Unidades	Costo ($)
Transporte de pulpa fresca al patio de secado	1.04E-02	Jornales/$qq_{p.f.o}$♦	0.0252
Rayado y cuido de la pulpa en patio x 3 días	1.21E-02	Jornales/$qq_{p.f.o.}$	0.0293
Espacio requerido para secado	2.64	$m^2/qq_{p.f.o.}$	0.0000
Transporte de pulpa seca a la bodega	7.08E-03	Jornales/$qq_{p.f.o.}$	0.0171
Mezclado de pulpa seca con la cascarilla	1.60E-02	Jornales/$qq_{p.f.o}$	0.0386
Ensacado o empacado y arpillado de mezcla.	3.31E-02	Jornales/$saco_{mix}$♣	0.0801
Espacio en bodega requerido por saco	0.24	$m^2/saco_{mix}$	0.240♠
Transporte de la mezcla a la caldera	2.08E-03	Jornales/$saco_{mix}$	0.0050
Camionada de leña ($4m^3$)	---	---	0.0600
Cantidad de leña reemplazada por comb.mix	17.0	Kg/qq_{oro}	1.0210

♦La abreviatura p.f.o. se refiere a pulpa fresca inicial.

♣Un $saco_{mix}$ corresponde a un saco de 0.08 a $0.09m^3$ de mezcla pulpa seca/cascarilla de café en proporción de 1:1. De cada quintal de pulpa fresca que se seca, se pueden obtener 0.0575 m^3 de pulpa seca que, mezclados con un volumen igual de cascarilla, pueden llenar uno y medio sacos de éstos.

♠En el supuesto extremo de que se hace necesario almacenar los sacos de mezcla combustible de una temporada a otra, es decir, si se guardaran todo el año. Se considera un costo de alquiler de bodega de $50/mes para un área disponible de 600 m^2. Esto como costo de oportunidad del espacio en bodega, que se puede despreciar si la bodega efectivamente carece de uso alternativo.

Se consideró cero el costo de infraestructuras y equipos ya establecidos en el beneficio y que son aprovechados para secar y almacenar la pulpa, o bien transportarla (es decir, los patios de secado, las bodegas y tractor o camión pequeño para transporte de café). Un par de argumentos que respaldan tal consideración son:

i) El producto principal (café en oro) paga por sí mismo el costo de inversión y mantenimiento de toda la infraestructura del beneficio, incluyendo los equipos auxiliares de transporte, por ello este costo no se debe contabilizar dos veces.

ii) Estas estructuras o equipos son ya bastante antiguos y, asignándoles plazos normales de vida útil (20 años), ya no tendrían más valor que el del terreno donde se sitúan.

La disponibilidad de estas estructuras sí tiene incidencia sobre las restricciones consideradas en el programa lineal que se elaboró, para determinar la mejor combinación de usos de la pulpa.

Los costos relacionados con enfarde y almacenamiento de la mezcla combustible pulpa-cascarilla, pueden ser eliminados de las cuentas si se garantiza que este combustible se va a utilizar en la misma temporada en la que se prepara, lo que no se observó así en los beneficios estudiados. Sin embargo, tampoco se observó que algún beneficio tuviera demanda para utilizar sus bodegas fuera de la temporada cafetalera, por tanto, el costo de almacenamiento suele ser omitido o ignorado, en la realidad.

Un balance total de gastos e ingresos (en este caso el costo evitado de adquisición de leña) por quintal oro procesado en el beneficio incluyó:

Mano de obra 1 * 2.28 $qq_{p.f.o.}/qq_{oro}$

(Transporte, tendido en patio, recolección y mezclado de la pulpa seca con cascarilla)

$\rightarrow$ (0.0252 + 0.0293 +0.0171 + 0.0386) $\$/qq_{p.f.o.}$ * 2.28 = 0.2513 $\$/qq_{oro}$

Mano de obra 2 (Enfarde y apilamiento, transp. a la caldera) * 1.5 $sacos_{mix}/qq_{p.f.o.}$ * 2.28

$\rightarrow$ (0.0801 + 0.0050)$\$/saco_{mix}$ * 1.5 $sacos_{mix}/qq_{p.f.o.}$ * 2.28 $qq_{p.f.o.}/qq_{oro}$ = 0.2910 $\$/qq_{oro}$

Costo de almacén: 0.240 $\$/saco_{mix}$ * 1.5 $sacos_{mix}/qq_{p.f.o.}$ * 2.28 $qq_{p.f.o.}/qq_{oro}$ = 0.821 $\$/qq_{oro}$

Costos evitados por no adquirir más leña: 1.021 $\$/qq_{oro}$

Finalmente se plantea:

Balance total = - Mano de obra 1 – Mano de Obra 2 - Costo almacén + Costo evitado

= (- 0.2513 - 0.2910 - 0.821 + 1.021) $\$/qq_{oro}$ = -0.3423 $\$/qq_{oro}$

Es obvio que el costo de almacenamiento considerado impide que el costo evitado cubra los gastos en que se incurre y así, el proceso no resulta atractivo. Como se mencionó antes, en

la realidad de la zona no existe demanda por el uso de las bodegas de los beneficios de café fuera de la temporada y por ello este costo de almacén puede despreciarse.

Al eliminar el costo de almacenamiento:

$$\text{Balance total} = \text{-M. O. 1 - M. O. 2 + Costo evitado}$$ [12]

$$= (-0.2513 \;-\; 0.2910 \;+\; 1.021)\ \$/qq_{oro} = 0.4787\ \$/qq_{oro}$$

Donde sí se observa un ingreso a favor, producto del ahorro en compra de leña.

De acuerdo con lo que afirma Castillo (1987), el poder corrosivo de los gases que se desprenden de la combustión de la pulpa, podría representar un costo adicional de este proceso. Por no haberse encontrado mayor documentación al respecto y porque los fogoneros de los beneficios de estudio declararon que, según su experiencia, la quema de la pulpa seca no da problemas, se decidió ignorar cualquier costo adicionado por este concepto.

4.2.2.- Costos e ingresos asociados a la producción de abono de pulpa de café.

Este proceso se encontró aplicado en el beneficio B, aunque en F también declararon que utilizan la pulpa como abono vertido directamente en los callejones del cafetal. El procedimiento seguido en B para la descomposición de la pulpa coincide con el sugerido por algunos autores (Lardé, 1995; PEICCE, 1994; Gutiérrez, 1994). Allí se deja descomponer la pulpa apilada al aire libre en terrenos vacíos cercanos. Se maneja con volteos periódicos (quincenales) y se enfarda para luego vertería sobre los cafetales.

El proceso de compostaje se efectúa en una sola etapa, aprovechando la estación seca, bien marcada en la región (Gámez, 1999). Por esta razón no se requieren inversiones en

---

[12] Las abreviaturas M.O. se refieren a la mano de obra.

infraestructura de techado para los terrenos de compostaje. Se supone que para el almacenamiento del producto, igual que en el caso anterior, se aprovechan las bodegas que están ociosas la mayor parte del tiempo. Esto es posible gracias a que la pulpa, ya descompuesta o transformada en abono, carece de mal olor y no hay riesgo de dañar el café que pudiera estar en la mismas bodegas.

Los costos de labores asociadas a este uso de la pulpa, así como los requerimientos de terreno y de insumos adicionales, se resumen en el Cuadro 17.

Cuadro 17: Actividades asociadas a la producción de abono con pulpa de café

Labor, insumo o actividad	Cantidad requerida.	Unidades	Costo ($)
Transporte de pulpa fresca hasta las aboneras	1.04E-02	Jornales/$qq_{p.f.o.}$	0.0252
Volteos semanales de pulpa (8 veces)	2.52E-02	Jornales/$qq_{p.f.o.}$	0.0610
Espacio requerido para cúmulos y volteo (8s)	0.276	$m^2/qq_{p.f.o.}$	0.0005
Enfarde y pesaje de sacos con pulpa-abono	8.80E-03	Jornales/qq_{p-a}	0.2673
Transporte de pulpa-abono a bodega	4.17E-03	Jornales/qq_{p-a}	0.0101
Espacio en bodega requerido por $saco_{p-a}$	0.048	m^2/qq_{p-a}	0.048♠
Precio de referencia de pulpa abono♣	2.957	$/$qq_{p-a}$	---

♠Aquí influye la economía de escala, pues este costo supone que se apilan o superponen diez qq.

♣Precio de referencia en Costa Rica, donde se vende el producto a 3$/saco de 46 Kg (Gámez, 1999).

Ahora, el balance general por quintal de pulpa fresca inicial resulta en:

Ingresos por venta de producción – costos (M.O., terreno)

$$2.957\ \$/qq_{p-a} * 1\ qq_{p-a}/4\ qq_{p.f.o.} - (0.048 + 0.0101 + 0.2673)\ \$/qq_{p-a} * 1\ qq_{p-a}/4\ qq_{p.f.o.}$$

$$- (0.0005 + 0.0610 + 0.0252)\ \$/qq_{p.f.o.}$$

$$0.73925\ \$/qq_{p.f.o.} - 0.16805\ \$/qq_{p.f.o.} = 0.5712\ \$/qq_{p.f.o.}$$

Trasladando esto sobre la base de un quintal de café oro:

$$0.5712\ \$/qq_{p.f.o.} * 2.28 qq_{p.f.o.}/qq_{oro} = 1.302\ \$/qq_{oro}$$

Puede verse que esta opción de uso de la pulpa ofrece un retorno mucho mayor que el que presenta la combustión de la pulpa seca, pero implica la venta del abono producido. Esta última operación puede demandar cierto tiempo y no ser inmediatamente perceptible como el ahorro en compra evitada de leña. Además exige la aperturas de mercados reales para el producto obtenido, lo cual requiere tiempo y quizás algunos recursos adicionales.

4.2.3.- Costos e ingresos para producción de vermiabono a partir de pulpa.

En la zona, solamente el beneficio D se dedica a la producción de vermiabono. Allí se utiliza toda la producción de pulpa para alimentar unos 1800 m^2 de lombrices e incluso, se capta pulpa de otros beneficios. La especie utilizada es *Eisenia foetida.* Las lombrices están ubicadas directamente sobre el terreno, en lechos de 1 – 1.2 m de ancho y de longitud variable entre 30 y 60 m. Los lechos se encuentran bajo la sombra de musáceas (plátanos) y están bajo la supervisión de una sola persona.

No se obtuvo información que permitiera realizar un análisis financiero de este sistema en el propio beneficio. En su defecto, se encontró abundante información en fuentes secundarias. Se simularon varios escenarios para desarrollar la lombricultura en cualquiera de los beneficios de la zona, tratando de imitar el sistema de producción de vermiabono observado en D.

Según los diferentes escenarios evaluados (anexo 3), se puede inferir que la lombricultura es una alternativa rentable, aún en casos extremos, donde se despreció por completo a las lombrices producidas. La venta del vermiabono, al precio establecido en la zona por la UNICAFÉ (0.175 $/Kg), es suficiente para satisfacer todos los costos de operación y cubrir las inversiones que se realicen para esta actividad.

Se consideró que, una vez concluido el procesamiento de la pulpa, las lombrices podrían ser vendidas como fuente de proteína animal. Martínez (1994) afirma que estas son bien asimiladas por pollos de engorde. Con base en lo anterior, a las lombrices producto se les asignó un precio de 0.271$/kg, que es el valor comercial promedio de los diferentes tipos

de concentrados para aves que se venden en Nicaragua[13]. Esto garantiza una buena rentabilidad para el proceso, excepto en los casos en que se dispone de muy poca pulpa. La fig. 8 resume los resultados más importantes de los ensayos de lombricultura planteados.

Para este uso de pulpa resultó bien claro el efecto de las economías de escala. Tanto es así, que lo que resultó bueno para los beneficios con una producción cercana al promedio productivo total en la zona (7120 qq_{oro}/cosecha), no lo fue para el beneficio G, que procesa un promedio de 450 qq_{oro}/cosecha y es el más pequeño de la zona. En general, cuanto más café se procesa, mejores relaciones beneficio/costo son obtenidas. Por supuesto, a mayores beneficios corresponden mayores inversiones y viceversa.

Variantes analizadas	Clave
3 etapas, precio de lombrices = alimento aves, sin techo, $Producción_{media}$	E1
6 etapas, precio de lombrices = alimento aves, sin techo, $Producción_{media}$	E2
6 etapas, precio de lombrices = alimento aves, con techo, $Producción_{media}$	E3
6 etapas, precio de lombrices = alimento aves, con techo, $Producción_{mín}$	E4
6 etapas, precio de lombrices = alimento aves, con techo, $Producción_{máx.}$	E5
6 etapas, precio de lombrices = 0, con techo, $Producción_{media}$	E6
6 etapas, precio de lombrices = 0, sin techo, $Producción_{media}$	E7

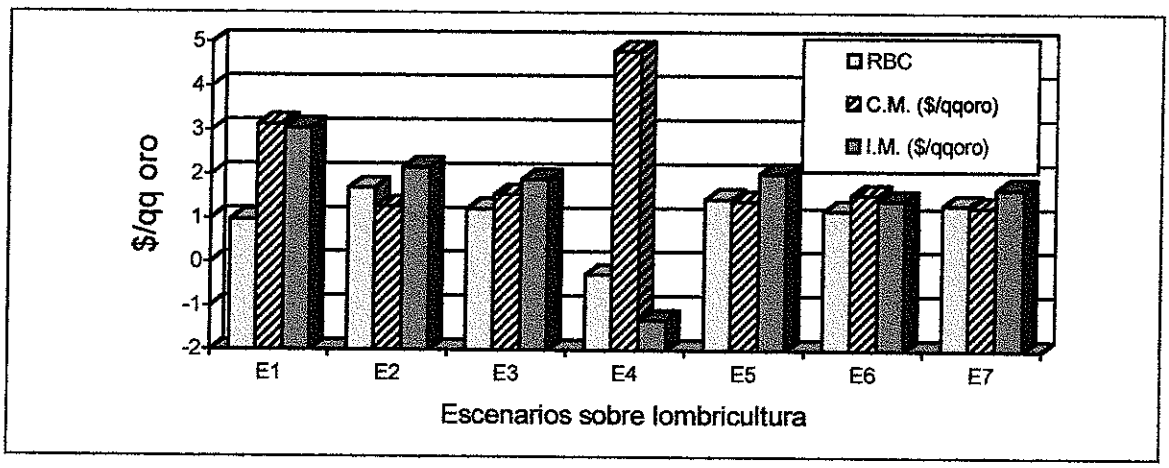

Fig. 8: Costos e ingresos marginales para diferentes escenarios de lombricultura.

[13] Cotizaciones telefónicas efectuadas en ALMESA, Nutrientes para Animales, S.A. y Concentrados El Granjero, todas empresas de fabricantes de alimentos balanceados para animales.

En la figura anterior puede observarse cómo un menor número de etapas de lombricultura, E1, implica mayores costos marginales. Aunque la relación beneficio/costo está muy próxima a la unidad, esta opción no resulta atractiva si se le compara, por ejemplo, con E2, que corresponde al mismo nivel de producción promedio. E1 sólo resulta superior a E4, que es la variante correspondiente al beneficio de producción mínima (450 qq_{oro}/cosecha) en la zona.

Al comparar los escenarios 2 y 3, sabiendo que ambos corresponden al nivel de procesamiento promedio de la zona, se puede observar que la inversión relacionada con el techo no afecta en grandemente la relación beneficio/costo de la propuesta. Esto sugiere que la inversión en el techo puede realizarse sin temor a pérdidas económicas, reduciendo con ésta los factores de riesgo (luz, calor, exceso de humedad) que podrían afectar a las lombrices.

El valor del techo se incorporó a las alternativas estudiadas fuera de las hojas de cálculo ya mencionadas. Se hizo anualización de la inversión mediante el CAUE, obteniéndose un costo anual equivalente de 0.2728 US$/qq oro/cosecha. El precio base de la inversión corresponde a una estructura de techo de madera presupuestada por una empresa constructora local[14]. La vida útil de dicha estructura se estimó en cinco años y no se le asoció ningún valor de salvamento.

La opción que presenta la mayor relación beneficio/costo es la de producción media sin techo, E2, que es la que tiene menor costo marginal y el 2do. valor mayor de ingreso marginal.

Para el programa lineal se escogió E3, aunque la inversión en techado reduce su relación beneficio/costo.Esto la hace menos riesgosa ya que el techo es seguro para las lombrices, a pesar de que no garantiza la supervivencia de las mismas. Para esta opción el valor del costo marginal es de 1.543 $/$qq_{oro}$, el ingreso marginal = 1.882 $/$qq_{oro}$ y la relación beneficio/costo resultante = 1.22.

---

[14] La Empresa ICM de Nicaragua, que trabaja en construcciones civiles y eléctricas en la región de estudio.

El riesgo es un factor que debe tenerse en cuenta al momento de tomar una decisión, por ello cabe señalar que en las simulaciones efectuadas se tomaron siempre las condiciones más adversas como punto de partida para el análisis. Por ejemplo, se consideró la tasa de reproducción de lombrices más baja que se encontró reportada.

4.2.4.- Selección de la combinación óptima de alternativas de uso de la pulpa.

Los coeficientes de la función objetivo y las restricciones del programa lineal se derivan de los resultados anteriores, cada uno especificado en el acápite correspondiente. Las diferencias radican en que estas ecuaciones todos van especificados en función de quintales de pulpa fresca y no de quintales oro, a como habían sido determinados originalmente. Por ejemplo, el coeficiente de la pulpa combustible (PC) se determinó en la pág. 55 a través de un balance financiero que dio el valor de 0.4787 $\$/qq_{oro}$ como beneficio neto del uso de la pulpa como combustible. Dividiendo este valor entre la relación de 2.28 $qq_{p.f.o.}/ qq_{oro}$ se obtiene el 0.2099 que se emplea como coeficiente de la variable PC en la función objetivo, de manera que se plantea:

$$\text{Max} \quad 0.2099\,PC + 0.5712\,PA + 0.8254\,PVA \qquad (5)$$

Sujeto a restricciones de:

- Capital: $0.2379\,PC + 0.1681\,PA + 0.6767\,PVA \leq 3000\$$
- Espacio en patio de secado en días pico $2.644\,PC \leq 2000\ m^2$
- Espacio en bodega[15]: $0.012\,PA + 0.024\,PVA \leq 300\ m^2$
- Terreno abierto $0.276\,PA + 3.487\,PVA \leq 7026\ m^2$
- Producción $PC + PA + PVA = 16{,}234\ qq_{p.f.o.}/cos.$

---

[15] Estos coeficientes están referidos también a $qq_{p.f.o.}$. Se obtuvieron a partir del espacio en bodega requerido para los sacos de pulpa abono (tabla 17) el cual se dividió entre la relaciones de p.f.o. a pulpa-abono y de p.f.o a vermiabono, que son 4 $qq_{p.f.o.}/qq_{p\text{-}a}$ y 2 $qq_{p.f.o.}/qq_{vermiabono}$.

- Máxima demanda de abono $1.89\ PA + 24.92\ PVA \leq 30{,}000$ plantas/año
- No negatividad de variables $PA, PC, PVA \geq 0$

Donde PA son los qq de pulpa fresca/cosecha destinados a la prod. de abono.

PC son los qq de pulpa fresca/cosecha destinados a la prod. de combustible.

PVA son los qq de pulpa fresca/cosecha destinados a la prod. de vermiabono.

Los valores límite del lado derecho de las ecuaciones de restricción se calcularon como promedios de los límites señalados por los diferentes beneficios.

La solución del programa en LINDO estableció que **lo ideal es invertir todos los recursos disponibles en la producción de abono**, una vez agotado el espacio y la demanda por este producto, se procede a la producción de pulpa seca como combustible. Cuantitativamente, la solución del programa lineal indica que un 97.77% del total de pulpa generada en los beneficios integrados (promedio de 16,234 qq/cosecha) debe compostearse para producir abono. El 2.2% restante debe ser destinado a la combustión. Tal distribución de pulpa dejaría a la zona de estudio un beneficio neto de 9,142 US$ (Anexo 4).

Un análisis del resultado del programa lineal indica que las restricciones determinantes fueron el capital, que no puede ser inferior a $2755, y el espacio disponible en bodega.. Las demás variables pueden cambiar con cierta holgura y la solución final no se afecta.

4.2.5.- Evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas.

Se encontraron lagunas o fosas para disposición de aguas mieles en 7 de los 10 beneficios integrados de la zona. La forma, profundidad y proximidad de tales lagunas con respecto al beneficio se observaron muy variables de un sitio a otro. Se estimó una profundidad promedio de un metro y un área de $30m^2$, pero esto en realidad depende del tamaño o capacidad de producción real de cada beneficio. Los beneficios H, F y G, que no poseen

estas lagunas, vierten sus efluentes sobre los terrenos aledaños, en forma de arroyo que sigue las pendientes naturales hasta desaparecer.

Se trató de evaluar la efectividad de estos sistemas de tratamiento encontrados, haciendo comparaciones de pruebas fisicoquímicas sobre las aguas, en diferentes épocas. La simple medición de acidez en los estanques fue condición necesaria y suficiente para suponer la ausencia de microorganismos capaces de degradar la materia orgánica de las aguas retenidas en las lagunas. Según refieren Wasser y colaboradores (1991) el pH es determinante para garantizar el proceso de degradación. El rango de pH para un buen crecimiento de bacterias debe estar entre 6.2 y 8, mientras que los valores de pH encontrados (cercanos a 5) imposibilitan la formación de metano y con esto, la remoción directa del DQO. Los resultados de los análisis de aguas en las lagunas se resumen a continuación.

Cuadro 18: Resultados de análisis químicos en lagunas de agua residual de café en la zona.

Período muestreo	Parámetros evaluados	BENEFICIOS			Promedio	Desviación Estándar
		E	H	J		
1era. Evaluación : Inicio febrero,1999	T (°C)	22.7	28.8	23.9	25.13	3.23
	Ω (mS/cm)	0.52	0.72	0.80	0.68	0.14
	pH	4.5	7.1	4.8	5.47	1.42
	DQO (mg/l)	29,366.00	30,464.00	57,120.00	38983.33	15716.41
	ST (mg/l)	11,260.00	44,240.00	5,990.00	20496.67	20730.48
	SV (mg/l)	9,320.00	---	---	9320.00	---
	Ssed (mg/l)	1,000.00	41.00	1,000.00	680.33	553.68
	Color	10,000	---	---	10000.00	---
2era. Evaluación : Finales Marzo,1999	T (°C)	27.8	26.7	25.3	26.60	1.25
	Ω (mS/cm)	1.16	0.68	0.35	0.73	0.41
	pH	4.4	4.6	4.4	4.47	0.12
	DQO (mg/l)	27,744.00	22,589.00	16,942.00	22425.00	5402.87
	ST (mg/l)	7,310.00	6,970.00	7,410.00	7230.00	230.65
	SV (mg/l)		5,310.00	5,680.00	5495.00	261.63
	Ssed (mg/l)	28.00	68.00	950.00	348.67	521.15
	Color		4,000	7,000	5500.00	2121.32

Puede observarse que el único caso en que hay una reducción del DQO muestral es en la laguna de oxidación del Beneficio "J". Sin embargo, al observar el pH medido en este y los

demás beneficios no se puede afirmar que tal reducción sea debida a la actividad metanogénica de las bacterias anaerobias. Una posible explicación a este descenso del DQO es la dilución de las aguas, por efecto de lluvias ocasionales. En realidad, para poder hacer conclusiones determinantes se necesitarían más análisis (con muestreos diarios durante unos tres meses, lo que queda fuera de los alcances de este estudio) y una mejor técnica para el muestreo de este tipo de aguas, ya que las muestras evaluadas fueron relativamente superficiales (Fig. 9).

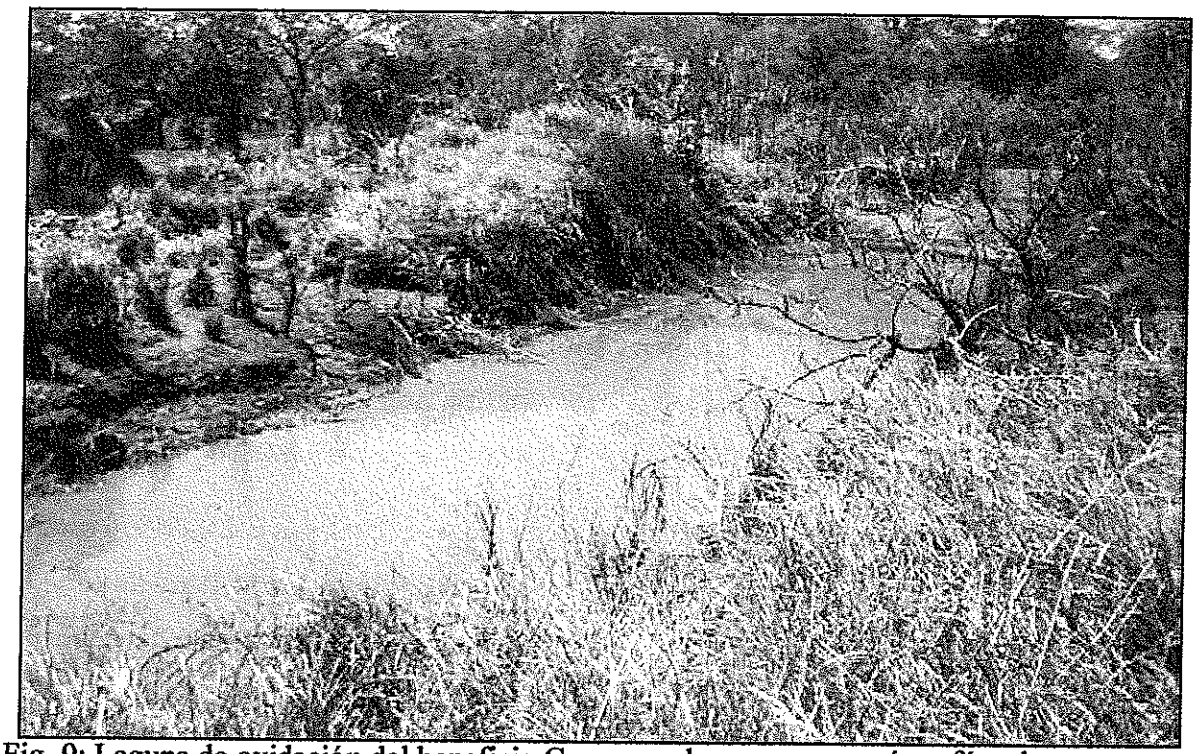

Fig. 9: Laguna de oxidación del beneficio C, que es el que procesa más café en la zona.

La reducción de los sólidos sedimentables evidencia que, al menos, las lagunas cumplen con el fin de reducir este tipo de contaminación, actuando como sedimentadores. El efecto de evaporación e infiltración fue claro ya que, en agosto que se visitaron nuevamente estas lagunas, prácticamente se habían secado. Sólo en los beneficios A, C y B todavía se observaba bastante agua miel en las fosas. Esto se debe a que estas fosas en particular, se hicieron con mayores profundidades que las demás (2 - 3 m). Esto permite distinguir entre las lagunas que pretendían ser lagunas de oxidación anaerobia y las que realmente actúan

como estanques de evaporación e infiltración (EEI). Estas últimas serían consideradas como la mejor alternativa de disposición de agua miel encontrada en la zona.

Una ventaja clara de este tipo de lagunas es que, aún cuando no se logre la descontaminación biológica, puesto que el manto de aguas subterráneas en la localidad se encuentra a profundidades promedio de 200m[16], la infiltración no resulta peligrosa para esta agua. El tipo de suelo, que varía de franco a franco arenoso, favorece la filtración natural del agua y se constituye como medio de depuración. Sin embargo, se requieren estudios más detallados, para medir tal efecto depurador de la infiltración natural, pues hasta ahora es sólo una inferencia lógica.

Merece destacarse el sistema de estanques de evaporación e infiltración que se encontró en D, donde se aprovechó el desnivel del terreno para ubicar los EEI en serie. Tiene un total de siete fosas con dimensiones aproximadas de 18 x 12 x 0.5 m de largo, ancho y profundidad, respectivamente, lo que da un volumen de captación total de 756 m^2. Este volumen es un poco más del 50% del volumen de agua miel total estimado por cosecha. No fue posible tomar muestras de agua de este sistema, pero se observó que el ambiente puede tolerar cargas bien dispuestas como en este caso.

Gámez (1999) y RIDES (1999) recomiendan a los estanques de evaporación e infiltración como la alternativa más económica y accesible tecnológicamente a los beneficios medianos y pequeños. Ellos sugieren este método para beneficios cuya producción anual sea inferior a los 15000 qq oro, categoría dentro de la que caben nueve de los diez beneficios estudiados. Se asegura que si el estanque se hace con poca profundidad, estará vacío un par de meses después de finalizada la cosecha cafetalera.

---

[16] Según información suministrada personalmente por el Ing. Isaías Montoya, Jefe de Hidrología Superficial Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.

4.3.- DETERMINACIÓN DE COSTOS DEFENSIVOS ACTUALES DE APLICADOS EN LA ZONA.

Los costos energéticos, de mantenimiento y totales para estos sistemas en cada beneficio, por unidad producida (qq oro), se presentan en la Cuadro 19. Allí mismo se presenta el costo anual uniforme equivalente de los estanques de evaporación e infiltración asociados a cada sistema, suponiendo para éstos una vida útil de 20 años. Sólo se consideraron los beneficios que tenían a la vez laguna y sistema de recirculación de agua.

Cuadro 19: Costos defensivos actuales en beneficios integrados de Nicaragua.

Beneficio	Costos de operación ($/qq oro).	Costos de mantenimiento ($/qq oro)	Costos variables totales.	CAUE lagunas ($)	CAUE específico ($/qq oro)	Costo defensivo específico total ($/qq oro)
D	0.131	0.0170	0.1481	192.73	0.0362	0.1843
E	0.122	0.0159	0.1382	127.46	0.0194	0.1576
H	0.033	0.0043	0.0371	0.00	0.0000	0.0371
I	0.026	0.0034	0.0296	331.80	0.0543	0.0839
J	0.021	0.0027	0.0237	1415.71	0.1198	0.1435
Promedio	0.067	0.0087	0.0753	413.539	0.046	0.121

El resultado promedio de 0.121 $/qq oro es un costo defensivo relativamente bajo, si se le compara con el valor medio de costo defensivo total de 0.513 $/qq oro que reporta Salguero (1996) para beneficios pequeños (< 25,000 qqoro/cosecha)en Costa Rica.

En realidad, el costo defensivo referido por Salguero comprende tanto las inversiones iniciales y costos de operación y mantenimiento de los sistemas de recirculación, como sistemas de tratamiento que incluyen tamices, sedimentadores y lagunas de lodos, además de inversiones en equipos como despulpadoras en seco y desmucilaginadores mecánicos. Al analizar este dato se encontró que los gastos asociados a los sistemas de recirculación y lagunaje representan un 33.3% del gasto defensivo total. Esto es, que los gastos defensivos de recirculación y lagunas en los beneficios pequeños de Costa Rica fue de 0.171 $/qq oro, que supera en un 40% al valor estimado en este estudio. Recuérdese que se despreció por completo el valor de las inversiones iniciales de estos sistemas, dada la antigüedad de tales inversiones. Para corregir parcialmente el costo defensivo aquí determinado, se puede aplicar un factor de corrección de 1.2, reduciendo justamente a la mitad la brecha entre el valor determinado en este estudio y el que determinó Salguero.

4.4.- ESTIMACIÓN DE COSTOS DEFENSIVOS FUTUROS EN BENEFICIOS INTEGRADOS.

En la metodología[17] se explicó que los gastos defensivos futuros se calcularon proyectando la transformación de las lagunas o fosas sépticas de los beneficios en estanques de evaporación e infiltración, con profundidad constante de 40 cm. Se consideraron dos variantes cuyos resultados se comparan entre sí y con el estudio de Salguero (1996).

Los resultados para la primera variante reflejan que, en todos los casos, los costos variables totales superan en un 100% o más a los costos fijos distribuidos mediante el CAUE. Esto puede explicarse por dos razones, la primera es que el CAUE se evaluó a un plazo bastante largo (20 años), por lo que las anualidades se hicieron bastante pequeños. En segundo lugar, los consumos de agua mayores, generan mayores costos variables, porque estos incluyen la cal con que se debe neutralizar las aguas.

Cuadro 20: Proyecciones de gastos defensivos futuros, limitados al tratamiento y disposición adecuada de las aguas mieles.

Beneficio	Costos de operación ($/qq oro).	Costos de mantenimiento ($/qq oro)	Costos variables totales.	CAUE lagunas ($)	CAUE específico ($/qq oro)	Costo defensivo específico total ($/qq oro)
A	---	---	0.1701	58.81	0.0539	0.2240
B	---	---	0.2565	156.11	0.1312	0.3877
C	---	---	0.1493	1485.89	0.0685	0.2178
D	0.131	0.0170	0.2459	135.56	0.0254	0.2713
E	0.122	0.0159	0.2488	297.24	0.0452	0.2939
F	---	---	0.1736	452.81	0.0906	0.2641
G	---	---	0.1590	41.93	0.0936	0.2526
H	0.033	0.0043	0.1926	974.81	0.0817	0.2743
I	0.026	0.0034	0.1371	311.76	0.0510	0.1881
J	0.021	0.0027	0.3121	1340.95	0.1134	0.4256
promedio			0.2099	507.866	0.072	0.281

El promedio de costo defensivo futuro total resulta ahora un poco más del doble que el que se evaluó como costo defensivo actual, y esto que sólo se están considerando los costos de operación.

---

[17] Pág. 39.

El beneficio para el cual se proyecta a futuro el mayor costo defensivo es el J, pese a que en este se hace recirculación del agua. Es evidente que la proporción de agua que se recircula en este beneficio es poca, en comparación con el volumen de agua limpia que consume.

Una proyección de costos defensivos, considerando ahora la instalación de un sistema estándar de recirculación (cuadro 21), permite valorar la importancia de la reducción del consumo de agua y su consecuente caudal de contaminantes, antes de tratar de remediar los daños como medida final. Se utilizó un valor de referencia de $7000 para la inversión inicial en el sistema de recirculación, independientemente del tamaño de cada beneficio Este valor es promedio del costo de los sistemas de recirculación para beneficios pequeños evaluados por Salguero (1996).

Cuadro 21: Proyecciones de gastos defensivos futuros, considerando la instalación de un sistema completo de recirculación .

Beneficio	Costos de operación ($/qq oro).	Costos de mantenimiento ($/qq oro)	Costos variables totales.	CAUE lagunas ($)	CAUE específico ($/qq oro)	Costo defensivo específico total ($/qq oro)
A	0.179	0.0232	0.2772	13.52	0.3515	0.6286
B	0.755	0.0981	0.9331	56.47	0.3586	1.2917
C	0.126	0.0163	0.2199	774.79	0.0528	0.2726
D	0.157	0.0205	0.2630	102.95	0.0888	0.3518
E	0.122	0.0159	0.2488	297.24	0.1014	0.3502
G	0.571	0.0742	1.4685	20.64	0.8726	2.3411
H	0.079	0.0103	0.0919	704.86	0.0901	0.1821
I	0.105	0.0136	0.3220	270.09	0.1048	0.4268
J	0.042	0.0055	0.0960	412.45	0.0662	0.1622
promedio	0.1793	0.0233	0.4150	301.374	0.221	0.636

Se observa que el costo defensivo específico total ahora se triplica con respecto al que se había determinado sin considerar la instalación de sistemas de recirculación. El promedio de costos variables totales es un poco más del doble del que se midió para la modificación de estanques y casi el cuádruple del valor medio reportado por Salguero (1996).

Por efecto de las economías de escala, habiéndose considerado un tamaño estándar de sistema de tratamiento, en esta nueva valoración se ven perjudicados los beneficios más pequeños, ya que deben distribuir entre menor número de unidades de producción (qq oro) un costo que es elevado y equitativo para grandes (Fig. 10)

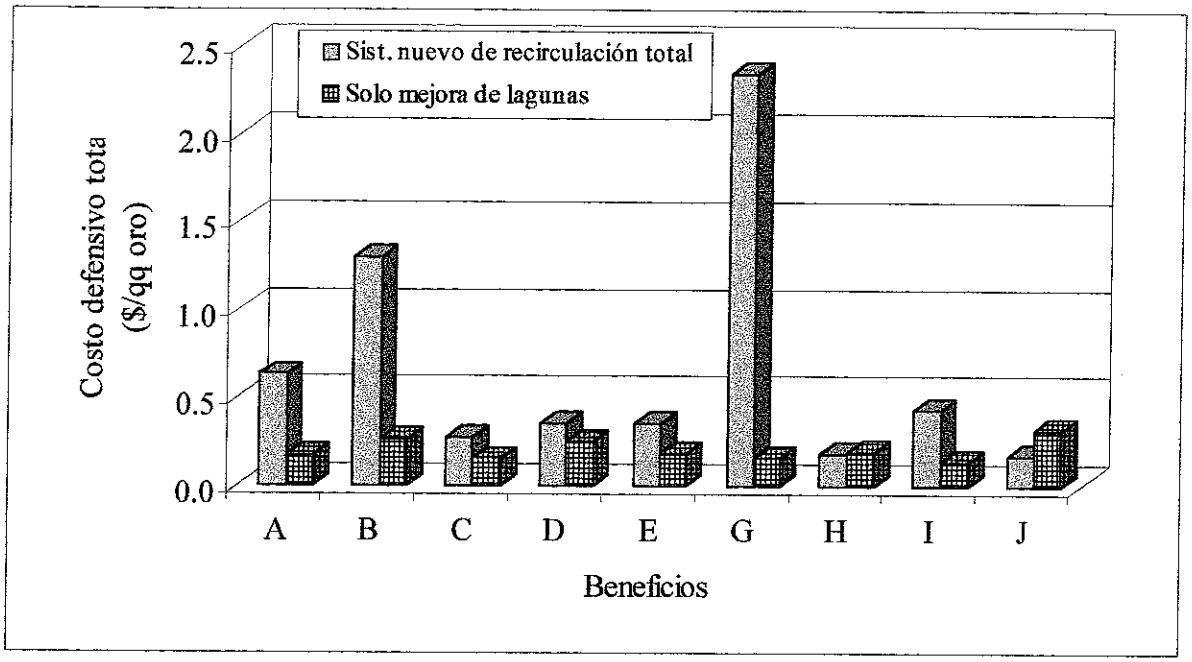

Fig. 10: Costos defensivos futuros estimados para cada beneficio integrado, ante dos alternativas propuestas: con y sin renovación total del sistema de recirculación de agua.

Puede observarse que para el beneficio H el costo defensivo, con renovación del sistema de recirculación o sin ésta, alcanza valores similares. Esto se explica porque se espera una reducción importante en la tasa de consumo de agua al implementarse el sistema de recirculación y así, los recursos que se habrían invertido en hacer estanques de tratamiento grandes se distribuye entre hacer estanques más pequeños y adquirir el sistema de recirculación en cuestión. Una característica especial de este beneficio es que, hasta la fecha, carece de fosa o estanque de evaporación e infiltración.

4.5.- INDICE DE RIESGO AMBIENTAL DE LOS BENEFICIOS ESTUDIADOS

Este se determinó mediante la evaluación directa de los factores ambientales que se consideraron más influyentes en la zona de trabajo. Los resultados se resumen en el Cuadro 22, a continuación.

Cuadro 22: Evaluación de factores de influencia y cálculo del índice de riesgo ambiental en cada beneficio.

	FACTORES AMBIENTALES					
Ben	Población en el área de influencia	Terreno disponible para E.E.I.	Consumo de agua en el proceso (m^3/qq_{oro})	Disposición de la pulpa de café *	Capacidad de efectuar algún tratamiento	Resultados R_{amb}
A	1	2	1	1	1	6
B	1	0	2	0	1	4
C	1	0	2	1	1	5
D	0	0	0	0	1	1
E	2	0	0	1	2	5
F	0	0	2	2	0	4
G	1	2	1	0	1	5
H	0	1	1	1	1	4
I	1	0	1	0	0	2
J	0	1	0	2	2	5

Puede observarse, de los valores del índice de riesgo ambiental, que no existen en la zona beneficios altamente contaminantes sino mas bien de mediano y bajo riesgo. Al comparar los resultados con el tamaño de los beneficios no pudo observarse una correspondencia directa entre ambas variables. Los de mediano riesgo (R_{amb} = 4, 5 ó 6) incluyen tanto al beneficio más grande, según su procesamiento efectivo (C), como al más pequeño (G).

El beneficio que resultó con menor riesgo se caracteriza principalmente por estar bastante alejado de la población, consumir poco agua en su proceso y colocar en estanques de evaporación e infiltración, bastante bien diseñados, sus aguas residuales. Además aprovecha sus residuos sólidos.

4.6.- DISPOSICIÓN A INVERTIR EN TECNOLOGIAS LIMPIAS.

Esta variable, que se evaluó tanto directa como indirectamente, valorándose al principio y al final de la investigación, mostró resultados que reflejan la posible adopción de las tecnologías que se proponen. En la primera evaluación, los resultados muestran el poco interés que los beneficiadores tienen en los asuntos relacionados con el medio ambiente.

Se detectó también, poca confianza en la vigencia de la zona como región cafetalera. Poco más de la mitad de los entrevistados (55.5%) manifestó perspectivas negativas para el desarrollo de la caficultura en la zona.

En cuanto al conocimiento de leyes ambientales y nivel educativo de los entrevistados, no se observó dependencia de la disposición a invertir con respecto a estas variables. Igualmente se detectó poca disposición a invertir (DITL < 4) para aquellos beneficiadores de buen nivel educativo y cierto conocimiento ambiental, como para los que no tenían conocimiento de leyes ambientales, ni fueron a la universidad. Se puede inferir entonces que la disposición a invertir en tecnologías limpias no depende realmente de estas variables, o, al menos, no entre la población estudiada.

El Cuadro 23 resume los resultados obtenidos para DITL en la zona durante la primera entrevista. La autoevaluación de la DITL se comparó con el resultado de la evaluación indirecta y solamente en las respuestas de los beneficios D, H y E, se encontró correspondencia.

Cuadro 23: Resumen de resultados obtenidos al evaluar la disposición a invertir en tecnologías limpias (DITL) de los beneficiadores de café de la zona de estudio.

Valoración indirecta (DITL = Σf_i)		Autoevaluación de los beneficidores	
Rango de clases	Beneficios correspondientes	Respuesta	Beneficios
0 – 2.5	-------	Ninguna	A, G, J
3 – 5.5	A, B, E, H, I, J	Mediana	C, E, H
6 - 9	C, D, G	Elevada	B, D, I

Llama la atención el resultado obtenido para el beneficio G, cuyo dueño declaró no tener ninguna disposición a invertir en tecnologías limpias, mientras que casi todos los factores de evaluación indirecta de esta disposición apuntaban hacia una excelente disposición a invertir. De hecho, este fue el beneficio que obtuvo el máximo puntaje en esta parte de las entrevistas. Esto pone de manifiesto, la independencia de la disposición a invertir con respecto a varias de las variables que, intuitivamente se propusieron para este estudio.

Por el tamaño tan pequeño de la muestra, no fue posible hacer análisis estadísticos que permitieran de una vez eliminar del modelo propuesto aquellas variables que mostraron independencia.

Para la etapa final de entrevistas (segunda evaluación de la disposición a invertir) el nivel de respuesta fue de menos del 50% del anterior. Solamente cuatro, de los nueve beneficiadores que habían respondido anteriormente, brindaron sus perspectivas a la encuesta final que se les hizo llegar.

En estos cuatro, designados con las letras D, H, I y J, se observó una tendencia definitiva hacia el mejoramiento o incremento de su disposición a invertir, después de haber incrementado sus conocimientos respecto a tecnologías limpias de beneficiado de café y de manejo adecuado de los subproductos. Sin embargo, el hecho de que solamente representen la mitad de la muestra, restringe la contundencia con que podrían hacerse conclusiones al respecto. En la evaluación que ellos mismos se hicieron, los cuatro se manifestaron con una mayor disposición a invertir, observándose, además, que se estaban haciendo esfuerzos por mejorar el aprovechamiento de la pulpa y disponer mejor de las aguas residuales producidas en esta cosecha 99-2000.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se detectó que un 50% de los beneficios no saca provecho alguno de la pulpa de café, un 20% la utiliza como combustible, un 20% la destina a producción de abono y un 10% la dedica a producir vermiabono.

2. Se comprobó que los volúmenes de agua utilizados por quintal de café procesado ($V_{promedio}$ = 0.5412 m^3 /qq_{oro}) son muy inferiores a los 2 m^3/qq_{oro} referidos en otros estudios. Las cargas contaminantes de estas aguas son elevadas, dada su recirculación.

3. El compostaje es la alternativa de uso de pulpa más conveniente, con un ingreso neto proyectado de 0.57 US$/qq pulpa fresca, según solución de programa lineal sobre las alternativas de uso de pulpa y restricciones expresadas por los beneficiadores.

4. Los sistemas de tratamiento de aguas detectados, no mostraron eficiencia alguna en la remoción de la carga contaminante que reciben, más bien actúan como medios de disposición discreta de tales aguas. Se notó carencia de diseño y planificación en la construcción de tales sistemas

5. Se determinó que el costo defensivo asumido hasta ahora por los beneficiadores de la zona es de 0.121 US $/$qq_{oro}$, considerando en el análisis solo a aquellos beneficios que poseen sistema de recirculación, a la vez que lagunas de evaporación e infiltración.

6. El costo defensivo promedio proyectado para el futuro resultó de 0.636 US$/$qq_{oro}$ en la zona. Esto, considerando la inversión en sistemas de recirculación totalmente nuevos y adecuación de las lagunas actuales para transformarlas en estanques de evaporación e infiltración, con vida útil de 20 años.

7. El índice de riesgo ambiental calculado indicó que D e I son beneficios de bajo riesgo, mientras que los demás se clasifican como de mediano riesgo. El mayor índice de riesgo lo presentó el beneficio A.

8. La valoración de disposición de los beneficiadores para invertir en tecnologías limpias permitió agrupar a los beneficios en dos categorías: A, B, E, H, I e J pertenecen al grupo de mediana disposición a éstas inversiones, mientras que C, D y G se sitúan en la categoría de disposición alta. Los factores determinantes de esta disposición a invertir fueron la disponibilidad real de capital y las perspectivas, positivas o negativas, que cada dueño o administrador de beneficio tiene acerca del desarrollo de la caficultura en la zona.

9. La disponibilidad de información sobre alternativas de uso y tratamiento de los desechos del beneficiado y la adaptación de ésta a la realidad de cada beneficio, favoreció la disposición a invertir en tecnologías limpias evaluada entre los beneficiadores de esta zona.

10. Se recomienda realizar un análisis científico de la capacidad depuradora de los suelos de la zona, para valorar la eficiencia real que poseen los estanques de evaporación e infiltración como alternativa para el tratamiento de las aguas mieles. Se sugiere la instalación de lisímetros para medir la tasa de infiltración real para la región de estudio.

11. Deben fortalecerse las campañas educativas que desarrollen mayor grado de conciencia ambiental.

12. Es necesario validar los índices de riesgo ambiental y de disposición a invertir en tecnologías limpias, utilizando muestras de mayor tamaño que permitan hacer inferencias estadísticas respecto a los resultados obtenidos.

Castillo, M.; Bailly, H.; Violle, P.; Pommares, P.; Sallee, B. 1993. Tratamiento de Aguas Residuales de Café en la cuenca de Coatepec, Veracruz, Mexico. Revista Turrialba (43):2. 1993 p. 143 – 150

Centro de Investigación y Desarrollo-Ecuador. 1996. Lombricultura, Resguardando el medio ambiente. Lombricultura S.C.I.C.

Cléves Serrano, Rodrigo. 1995. Tecnología en beneficiado de café. Tecnicafé Internacional S.A., Primera Edición. San José, Costa Rica. 176 p.

CNRH-PARHN (Comisión Nacional de los Recursos Hídricos – Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua) 1998a. Sistema de Información de los Recursos Hídricos. Nicaragua. 39p.

_____ 1998b. El Plan de Acción de los Recursos Hídricos. Resumen Ejecutivo. Nicaragua. 24p.

_____ 1998c. Informe Económico del Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua. Nicaragua. 75p.

_____ 1998d. Anteproyecto de Ley General de Aguas. Informe Final. Nicaragua. 37p.

Craipeau, Carine. 1992. El café en Nicaragua. Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 18(2): 41-69, 1992.

Dávila A., M. T. 1991. Aspectos químicos del cultivo de la lombriz roja californiana/*Eisenia foetida*/Savigny. CENICAFE, Seminario 19 de Abril, 1991. Chinchiná, Colombia.

Field, B. C. 1997. Economía Ambiental *Una Introducción*. Edit. Mc Graw-Hill. Colombia. 587p.

Gámez Guerrero, Sergio. 1998. Diagnóstico de la Situación del Café. Programa Ambiental Nicaragua Finlandia-PANIF. "Prevención de la Contaminación Industrial". Industria Alimenticia - Componente Café. Nicaragua. 246 p.

_____ 1999. Evaluación Conceptual de Tecnologías en el Beneficiado del café y el Tratamiento de sus aguas residuales. Proyecto Prevención de la Contaminación Industrial. Componente-Café. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. Programa Ambiental Nicaragua-Finlandia. Managua, Nicaragua. 75p.

Gariazzo, Alicia. 1984. El café en Nicaragua: los pequeños productores de Matagalpa y Carazo - Managua. INIES/CRIES. Serie Avances: Cuadernos de Pensamiento Propio, Nicaragua, Dic. 1984. 175 p.

Guerrero, I.; Pérez. I. 1999. Estudio comparativo de diferentes inóculos en la biodegradación de residuos sólidos orgánicos. Borrador de tesis para optar al grado de Ing. Químico. Universidad Nacional de Ingeniería, UNI. Managua. Nicaragua.

Gutiérrez, Juan Francisco. 1994. La Pulpa del Café: de contaminante a nutriente. *In* El café de Nicaragua. Boletín Trimestral UNICAFÉ. No. 2 Septiembre.-Noviembre 1994. p. 13-14.

Herrera Alegría, Zoila; Lanuza R., Bernardo. 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. Servicio Nacional Forestal / MARENA / ASDI / SAREC, Nicaragua, 185 p.

Lardé J., Gerardo. 1995. Valorización de la pulpa de café mediante la producción de abonos orgánicos. *In* 17. Simposio sobre Caficultura Latinoamericana, San Salvador (El Salvador), 23-27 Oct 1995. Consejo Salvadoreño del Café, San Salvador (El Salvador); IICA, Guatemala (Guatemala). PROMECAFE; Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, San Salvador (El Salvador). 31p.

_____ 1997a Desechos del Café. *In* Manual del Caficultor Salvadoreño. PROCAFE. Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. p.145-148.

_____ 1997b Composteo. *In* Manual del Caficultor Salvadoreño. PROCAFE. Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. p.149-153.

_____. 1998 Situación tecnológica y ambiental del beneficiado de café en El Salvador. *In* Seminario Regional de Consulta sobre situación actual del beneficiado de café: Revisión y Avances Tecnológicos del Proceso. Memoria. CICAFÉ, Icafé / IICA / PROMECAFÉ. Heredia, Costa Rica. Diciembre 1998. p. 24 - 66

Lier, J. B.; Buuren, J. C. L.; Hulshoff Pol, L. W.; Klapwijk, B.; Rulkens, W. H. y Lettinga, G. 1996. Implementation of low-cost eco-biotechnological methods for waste (water) treatment and re-use in Costa Rica. *In* Utilización y Manejo Sostenibles de los Recursos Hídricos. Reynolds Vargas, editora. Edit. Fundación UNA, C. R. p.179-186

López, E.; Jiménez, O.H.; Orellana, J.O. 1995. Conversión de la pulpa del café en abono orgánico por medio de diferentes procesos. *In* 17. Simposio sobre Caficultura Latinoamericana, San Salvador (El Salvador), 23-27 Oct 1995. Consejo Salvadoreño del Café, San Salvador (El Salvador); IICA, Guatemala (Guatemala). PROMECAFE; Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, San Salvador (El Salvador). 30p.

Martínez Cerdas, Claudia. 1996. Potencial de la lombricultura. 1era. ed. en español. Lombricultura Técnica Mexicana, México, 1996. 140 p.

Matuk V., V.; Puerta Q., G.I.; Rodríguez V., N. 1997. Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café. Cenicafé 48(4): 234-252. 1997

MEDE/IRENA/ECOT-PAF. 1994. Plan de Acción Ambiental de Nicaragua (PAA –Nic.) Gobierno de Nicaragua.

Menchú, J.F. 1987. El beneficio húmedo tradicional del café y la disposición de sus desechos. *In* Memoria del Tercer Simposio Internacional sobre la utilización integral de los subproductos del café. ANACAFÉ-PNUMA-ICAITI. Guatemala. p. 1-11.

Mendoza V. Henry. 1995. La utilización de lombrices y la transformación de la pulpa de café e abono orgánico. *In* El café de Nicaragua. Boletín Trimestral UNICAFÉ. No. 3 Diciembre.-Febrero 1994. p. 12-15.

Morales Olguin, J.J. 1989. Tratamiento de aguas residuales. Reutilización y prensado de pulpa en el beneficio de café. *In* Memorias I Seminario Internacional sobre Biotecnología en la agroindustria cafetalera. Xalapa, Veracruz, México, Abril, 1989. p.77-93.

Morales Zumbado, G.; Alfaro Araya, R.; Zamora Quirós, L. E. 1998. Análisis Económico para la aplicación de tres niveles de broza de café descompuesta en combinación con tres niveles de fertilizante química. *In* Memoria III Seminario Resultados y Avances de Investigación. ICAFE, San José, Costa Rica, 1998. p. 107-120.

Morales, A. I. 1979. Caracterización de las aguas residuales del beneficiado. CICAFÉ. Costa Rica

Morales, J. 1987. Avance sobre el tratamiento de aguas residuales del beneficiado del café. *In* Memoria del Tercer Simposio Internacional sobre la utilización integral de los subproductos del café. ANACAFÉ-PNUMA-ICAITI. Guatemala. p. 68-75

Muñoz Valero, J. A. 1992. Tratamientos Anaerobios de Aguas Residuales Agroindustriales: Parámetros de Operación, Diseño y Control. *In* Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el Ámbito Rural. Serie Técnica. TRAGSATEC-CODIACYC. Edit. Agrícola Española, (s.f.p.)

Muñoz, J. M. 1992. Biodiscos. Filtros Percoladores. *In* Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el Ámbito Rural. Serie Técnica. TRAGSATEC-CODIACYC. Edit. Agrícola Española, (s.f.p.)

Noyola Robles, Adalberto. 1989. Los procesos anaerobios en el tratamiento de aguas residuales. *In* Memorias I Seminario Internacional sobre Biotecnología en la agroindustria cafetalera. Xalapa, Veracruz, México, Abril, 1989. p.95-109.

Parrilli, Mario Davide. 1997. El procesamiento del café en Nicaragua: ¿Hay márgenes de mejoría?. Cuaderno de Investigación No. 2. NITLAPAN, UCA, Managua, Nicaragua. 49 p.

PEICCE, 1994. Por un café limpio: Guía para el uso del beneficiador de café. CONICAFÉ, Managua, Nicaragua. p.24-49

Pineda, M.; Ordoñez, M. A.; Merlo, A.; Zúniga,M.; Zelaya, H.; Acosta, J. R. 1997. Determinación de la densidad poblacional de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) en la producción de abono orgánico de pulpa de café. *In* Memoria 6to. Seminario Nacional de Investigación y transferencia en Caficultura. IHCAFE. Tegucigalpa, Honduras, Julio 1997. p.177-187.

Porres, C.; Calzada, J.F.; Rolz, C. 1987. Combustión de la pulpa de café y Secado de Pulpa de café. *In* Memoria del Tercer Simposio Internacional sobre la utilización integral de los subproductos del café. ANACAFÉ-PNUMA-ICAITI. Guatemala. p. 16-22.

Ramírez Carvajal, Jorge E. 1997. La neutralización con cal en aguas residuales del café. Noticiero de Café. Revista del Instituto del Café de Costa Rica. Año 1997. Nº 100

Raspeño, N.; Cuniolo, M. 1996. Lombricultura-Compost. Revista Procampo No.27, 1996.

Reyes D., Rafael. 1998. El proceso de beneficiado ecológico. El Caficultor. Año 5, #20. Publicación de UNICAFÉ, Managua, Nic. p 40-42.

RIDES-Consultores, América Central. 1999. Manual de Gestión Ambiental para medianos productores en Nicaragua. Proyecto Prevención de la Contaminación Industrial. Componente-Café. Ministerio del Ambiente y Recursos Naaturales. Programa Ambiental Nicaragua-Finlandia. Managua, Nicaragua. 225p.

Rodas, C. A. 1988. Los desechos del beneficiado y la contaminación de las fuentes de agua. Departamento de Asistencia Técnica / Subgerencia de asuntos agrícolas / ANACAFÉ, Guatemala. 16p.

Rodríguez, Albino. 1997. Programa de Tratamiento para las aguas residuales del beneficiado de café. *In* Memoria III Seminario Resultados y Avances de Investigación. ICAFE, San José, Costa Rica, 1998. p. 121-126.

Romero, Carlos. 1994. Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza Editorial, S.A. Madrid, España. 180p.

Salguero Zeceña, E.R.T. 1996. Valoración económica de la contaminación de las fuentes de agua por los desechos de la industria del beneficiado húmedo del café: el uso del concepto de costo defensivo. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae CATIE, Turrialba, Costa Rica. 127p.

Siles Calvo, Jackeline. 1997. Producción de abono orgánico con pulpa mediante el lombricompostaje. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 93p.

Tineo Bermúdez, A. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. CATIE/RENARM/Manejo de Cuencas. Turrialba, Costa Rica. 32p.

Ulloa Santamaría, J.J. 1992. Los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales y su ámbito de aplicación. Parámetros físicos, químicos y biológicos. *In* Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el Ámbito Rural. Serie Técnica. TRAGSATEC-CODIACYC. Edit. Agrícola Española, (s.f.p.) p.11-49, 81-135.

UNICAFÉ. 1996. Manual de Caficultura de Nicaragua. Unión Nicaragüense de Cafetaleros. Managua, Nicaragua, 242p.

UNICAFÉ. 1998. Editorial de El Caficultor. Año 5, #20. Publicación de UNICAFÉ, Managua, Nic. p 2-3.

Vásquez M., Rolando 1999. El Beneficiado Ecológico del Café. *In* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica / ed. por Benoît Bertrand y Bruno Rapidel.— San José, Costa Rica: IICA. PROMECAFE. CIRAD. IRD. CCCR. FRANCIA, 1999. 496 p.

_____ 1996. Descontaminación de las aguas residuales en el beneficiado del café en Costa Rica. ICAFÉ. San José, Costa Rica. 26 p.

Wasser, R.; Orozco, C.; Cantarero, V.; Mesías, A. 1991. Experiencias sobre el Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales del Café en Matagalpa, Nicaragua. Seminario –Taller sobre Tratamiento de Aguas Residuales Agroindustriales, Cali, Colombia. Diciembre, 1991.

Zuluaga Vasco, Jaime. 1989. Utilización integral de los subproductos del café. *In* Memorias I Seminario Internacional sobre Biotecnología en la agroindustria cafetalera. Xalapa, Veracruz, México, Abril, 1989. p.63-76.

VII.- ANEXOS

Anexo 1 : Resumen de inventario tecnológico efectuado en los beneficios integrados de la zona Pacífica Central de Nicaragua.

Beneficios Codificados	Capacidad (qq_{oro})	Tipo de recibo y transporte	Despulpadoras y su capacidad	Fermentación	Sist. de lavado	Capacidad y sist.de secado	Trillado	Selección
A	20,000	1 pila de 800 fgas y transporte con poco agua y colocho elevador	4 princ. + 1 repaso de 25 fgas/hr c/u 100 fgas/hr en total, 800 fgas/turno	3 pilas de 600, 400 y 300 fgas 1300 fgas/turno en total	Bomba centrífuga que emplea el agua en dos pasos, lava 150 fgas/hr: 1200 fgas/turno	Amplios patios para oreado 4 secadoras: 2 de 176 fgas y 2 de 132 fgas/carga c/u Total de 616 fgas/carga de 30 hrs.(20.5 fgas/hr)	30 qq perg. Seco/hr	150 qq/turno, 18.75 qq/hr
B	10,000	Pila de 1000 fgas.	2 princ. + 1 repaso. Son de cilindro con pechero de hule y capacidad para procesar 60 fgas/hr en c/u, 120 fgas/hr en total, 960 fgas/turno	Pila para 960 fgas., siendo el pergamino en miel el que llena el 33.3% del vol. total de la pila	Se lava en la pila y además con movimiento en canal con colocho	Patio para unas 5500 fgas. Cada 4 días, es decir, 57.29 fgas/hr	30 qq_{oro}/hr	30 qq_{oro}/hr
C	58,000	Se recibe en seco, en 2 pilas de 1025 fgas. de capacidad total. Se transporta con colocho a las despulpadoras.	5 princ.+ 1 rep., son de cilindro con pechero de hule. Tres de 35 fgas/hr c/u, una de 25 y otra de 15 fgas/hr. 145 fgas/hr : 1160 fgas/turno	9 pilas de 350 fgas c/u. 3150 fgas/turno (Por lo gral. se cargan con 200-270 fgas como máx.)	Se pueden lavar 1575 fgas/turno. Se emplea una bomba con capacidad para 170 fgas/hr	En patio: Hasta 14,000 fan/carga de 4 días como máx. Hay 3 presecadoras que pueden suplir parcialmente la labor del patio hasta 30 fan/día. Secadoras tipo guardiola hay 5 para 1315 fgas/carga de 1.5 días, es decir, unas 43.8 fgas/hr.	Capacidad de 60qq_{oro}/hr	20 qq_{oro}/hr
D	60,000	En una sola pila de 200 fgas, el café cae por gravedad hasta las tolvas de las despulpadoras	4 princ. + 1 repaso de 40 fgas/hr c/u 160 fgas/hr en total, 1280 fgas/turno	11 pilas: 3 gdes., 5 med. y 3 peq.	Bomba centrífuga que utiliza agua recirculada para primer lavado	2 Secadoras POSCAM (Brinconas) secan el equivalente a 298 fgas/hr entre ambas	No	No
E	32,000	Pila de 2500 fgas y transporte con poca agua y colocho elevador	6 princ. + 3 repaso, 65 fgas/hr c/u 390 fgas/hr en total, 3120 fgas/turno	6 pilas de 500 fgas c/u 3000 fgas/turno	Con bomba centrífuga	Patio abundante mas 4 secadoras procesando el equivalente a 176 fgas c/u por 30 hrs 704 fgas/carga total = 23.5 fgas/hr	30 qq perg. Seco/hr	
F	5,000	En una sola pila	4 despulpadoras de cilindro	2 pilas de fermento	Bomba centrífuga	1 secadora para 40 qq por ciclo de 12 hrs (unas 73 fgas/turno)	No	No
G	8,000	Se recibe en seco, en 1 pila de 300 fgas. de capacidad total.	2 princ. + 2 repaso. Son de cilindro con pechero de hule y capacidad para procesar 50 fgas/hr en c/u, 100 fgas/hr en total, 800 fgas/turno	2 pilas para 300 fgas/turno	Canal de correteo	Se tiene patio suficiente y además una secadora que capta 120 sacos de perg. Oreado (equivalentes aprox. a 176 fgas de uva) por cada 30 hrs. Esto es 5.85 fgas/hr	Un trillo de 25qq_{oro}/hr	No se hace

Anexo 2: Datos de café cereza que ingresa semanalmente a cada beneficio integrado.

	Beneficio B		Beneficio C		Beneficio D			Beneficio E			Beneficio H			Beneficio I			Beneficio J		
Sem.	96-97	98-99	97-98	98-99	96-97	97-98	98-99	96-97	97-98	98-99	96-97	97-98	98-99	96-97	97-98	98-99	96-97	97-98	98-99
2-J	13.55																		
3-J	4.75		25.01																
4-J	28.42		55.56					14.31											
5-J	20.5		33.54					41.25	0.50										
1-A	18.87		67.51					51.25	0.13									25.10	
2-A	16.81		165.85					87.08	11.60									24.08	
3-A	25.92		405.29					75.71	64.54		0.79							35.38	
4-A	18.51		696.67					75.83	109.50		6.17	55.15						175.63	
1-S	22.15		614.20			490.67		104.96	98.06		12.21	110.06						272.50	
2-S	40.17		623.34			368.98		159.77	99.17		28.25	214.33			91.12		209.58	416.25	
3-S	3.89		412.08			296.52	34.33	187.23	51.21		37.15	214.92			95.10		304.71	439.44	
4-S	52.83		436.08			385.38	49.66	175.96	58.67		35.46	192.31		132.25	144.14		222.90	340.13	
1-O	13.34		380.98			420.29	108.5	47.15	53.73		18.44	141.54		156.52	166.88		201.90	201.92	
2-O	22.3		490.32			951.04	71.15	60.71	89.06		8.65	261.91		134.17	162.66		142.94	309.17	
3-O	14.95		449.57		278	648.06	117.08	148.02	115.25		31.46	232.27		101.95	174.61		209.50	222.15	
4-O	36.45		913.05		221.6	268.92	351.9	280.67	111.60		126.96	227.10		126.99	120.60		269.15	270.52	
5-O	71.96		1196.82		530.04	789.52	429.75	1154.27	155.52	1.25	159.15	603.81	4.26	418.19	320.34		433.52	303.50	
1-N	257.27		1698.20		680.94	928.88	624.1	2206.48	162.15	3.92	222.90	780.79	13.60	780.20	343.93	11.84	790.54	606.40	
2-N	88.82	5.084	2342.75	73.33	881.83	582.17	792.25	1331.13	209.64	8.65	157.27	928.35	16.77	941.93	746.99	7.12	1097.69	760.86	
3-N	363.55	3.375	3165.56	255.33	947.46	367.5	929.23	2410.98	274.48	56.75	935.85	1053.54	137.04	310.37	932.28	94.48	2458.71	854.86	
4-N	125.83	4.34	4214.74	342.87	1257.63	486.1	1016.5	1461.21	511.85	106.13	308.60	1337.46	199.52	1154.41	1696.00	176.03	2792.52	1297.23	13.52
1-D	377.75	0.08	4830.58	497.10	1306.02	244.63	1071.81	1940.19	556.44	151.42	17.38	2483.02	263.33	447.43	2246.34	411.23	1826.25	1747.58	187.69
2-D	259.98	16.205	4716.45	1331.25	1369.19	905.83	1202.67	2049.21	654.67	238.79	422.60	2808.44	546.44	1400.67	2238.64	243.06	3316.50	2682.90	141.94
3-D	421.21	45.65	6913.63	3429.00	1446.38	216.21	1268.23	2458.17	626.63	234.79	818.98	3654.96	887.02	1336.15	2464.07	427.97	4993.92	3321.67	346.15
4-D	149.25	282.63	3362.82	3894.35	1470.63	353	1298.9	1043.77	871.13	885.37	1392.92	4932.75	2670.65	1356.34	2162.79	836.13	4219.60	2699.46	352.98
1-E	106.51	306.23	3295.65	6855.30	728.71	244.63	408	1542.02	343.21	1949.63	592.08	3011.42	2887.21	1033.31	854.17	910.39	2884.10	3028.38	1015.46
2-E	185.03	580.06	3838.20	11481.58	658.5		1048.5	1037.17	439.54	2843.29	918.23	2897.10	5329.79	1378.84	871.84	1742.84	3404.25	1499.54	1833.42
3-E	82.41	475.6	2349.24	6917.23	601		644	884.83	364.04	3702.96	780.13	2765.06	7809.08	591.26	525.12	2294.51	2844.00	357.17	1808.02
4-E	50	138.15	859.19	3767.68	314		371	567.38	46.25	2549.50	501.50	1552.88	5086.66	259.57	232.18	1318.81	1842.69	1259.00	4146.29
5-E		287.24	393.35	2587.48	337		202.5		85.21	1206.23	28.90	1076.10	5144.94	185.84	113.04	592.71	739.50	896.33	2524.42
1-F		66.84	219.06	1741.07	145.31		132		28.63	380.75	252.50	214.27	3548.71	178.86	32.75	694.09	303.96	234.69	1844.15
2-F			95.27	366.76					11.06	127.77	280.88		1484.48	19.15	34.78	231.52	93.73	96.54	939.10
3-F			42.99	178.58					21.36	54.75	22.13		655.94			113.84	1.00		599.40
4-F				39.68					12.89	17.04			205.65						192.54
										6.02			11.31						108.98
																			31.00
s/c	29	13	32	16	17	18	21	27	31	19	27	24	19	21	23	16	24	28	16
TFC	2892.98	2211.48	49303.55	43758.59	13174.24	8948.33	12172.06	21596.69	6237.71	14525.00	8117.50	31749.56	36902.41	12444.40	16770.37	10106.57	35603.15	24378.34	16085.04
Fan. Prom.		2552.23		46531.07		11431.54			14119.80			25589.82			13107.11			25355.51	
		B		C		D			E			H			I			J	
TQC	1348.709	1030.995	22985.338	20400.275	6141.837	4171.716	5674.620	10068.386	2908.022	6771.562	3784.382	14801.659	17203.918	5801.585	7818.354	4711.688	16598.203	11365.195	7498.854
qq prom		1189.85		21692.81		5329.39			6582.66			11929.99			6110.54			11820.75	

Simbología: "s/c" es el número de semanas que dura una cosecha, el promedio de duración de la cosecha en la zona de estudio fue de 22 semanas.

"TFC" es el total de fanegas recibidas en cada beneficio durante cada cosecha. La fanega es la unidad volumétrica corriente en la zona, corresponde a 0.1967 m^3.

"Fan. Prom." es el promedio de fanegas por cosecha recibidas en cada beneficio. Una fanega equivale a 20 "medios" de 500 plg^3 c/u.

"TQC" es el total de quintales oro procesados para cada cosecha en cada beneficio. Para obtener estos datos se emplearon las fanegas de café en uva recibidas, aunque en algunos beneficios, se recibe también café en pergamino para beneficiado seco.

En realidad es poco el café beneficiado así. Por ejemplo, el beneficio C procesó solamen en seco el 2.9% y el 6.4% de los totales de cosecha 97-98 y 98-99.

"qq prom" son los qq oro promedio que se procesan en cada beneficio. Este dato se obtuvo efectuando: (Fan. Prom)/(2.145 fan $_{uva}$/qq $_{oro}$), este último factor es el promedio de fanegas uva requeridas para obtener un qq oro.

Nota: Los beneficios A y G solamente dieron datos totales de la cantidad de café que han procesado en las tres últimas cosechas. El valor de "qq prom" para estos beneficios fue:

1092 qq $_{oro}$/cos para A y 448 qq $_{oro}$/cos para G. El beneficio F dio un aproximado general de qq prom = 5000 qq $_{oro}$/cos

Anexo 3: Hojas de cálculo utilizadas en la simulación de diferentes usos de la pulpa, bajo distintas modalidades, que se expresan en el título de cada tabla.

Cuadro A.3.1.- Resumen de datos generales utilizados en las hojas de cálculo para los procesos de lombricompostaje.

	A	B	C
1	Datos útiles de referencia		Und.
2	Pulpa fresca por quintal oro de café	103.284	kg
3	Area para pulpa en descomposición.	6.051E-03	m^2/ kg pulpa fresca
4	Area lombricompostaje inicial	2.660E-03	m^2/ kg pulpa fresca
5	Area lombricompostaje secuencial	1.215E-03	m^2/ kg pulpa fresca
6	Reducción de volumen para pulpa en descomposición rápida	0.3780	% de vol reduc/volteo.
7	Reducción de área para pulpa en descomposición rápida	0.2713	% de red. Área/volteo
8	Reducción de volumen para pulpa en descomposición lenta	0.3100	% de vol reduc/volteo.
9	Reducción de volumen para pulpa en descomposición lenta	0.2191	% de red. Área/volteo
10	Mano de obra cosecha lombricompost	1.656E-02	Jornales/kg lbc
11	Mano de obra de volteo	6.944E-02	jornales/m^3
12	M.O.de transporte de pulpa, sea fresca o semidescompuesta	1.805E-02	jornales/viaje de 0.2m^3
13	M.O.de riego lechos de lombrices	4.167E-03	jornales/m^2
14	Rendimiento semidescomposición rápida	0.45	Kg p.s.d./ Kg p.f.o.
15	Rendimiento descomposición lenta	0.1	Kg p.d./ Kg p.f.o.
16	Rendimiento de lombricompostaje	0.584	Kg humus/ kg alim.
17	Rendimiento en la preparación de p.s.d. como alimento lbzs.	0.608	Kg alim/kg p.f.o.
18	Rendimiento en la preparación de p.d. como alimento lbzs.	0.278	Kg alim/kg p.f.o.
19	Precio de compra del pie de cría, referido por UNICAFÉ	9	$/Kg de lbzs
20	Precio de venta de lombrices producidas, ref. alimento aves	0	$/Kg de lbzs
21	Precio de venta del lombricompost	0.175	$/Kg de lbcomp.
22	Costo Mano de obra en general, valor promedio en la zona.	2.42	$/jornal
23	Tasa de reproducción de lombrices por período o etapa.	3	lbzes cos./lbzes inic.
24	Costo de oportunidad de la tierra	2.74E-04	$/$m^2$/sem
25	Costo de supervisión para lechos de lombrices.	30.098	$/sem/500$m^2$ de lbzs.
26	Costo de sacos para enfarde	0.2459	$/saco
27			
28		% gradual de café procesado en cada semana	
29		0.1%	S1
30		0.5%	S2
31		1.0%	S3
32		1.0%	S4
33		1.5%	S5
34		2.5%	S6
35		3.4%	S7
36		3.5%	S8
37		4.0%	S9
38		4.5%	S10
39		5.5%	S11
40		8.5%	S12
41		9.0%	S13
42		11.5%	S14
43		11.0%	S15
44		8.5%	S16
45		7.5%	S17
46		6.5%	S18
47		4.5%	S19
48		2.5%	S20
49		2.0%	S21
50		1.0%	S22
51	Más detalles de los supuestos y consideraciones asumidos al calcular cada parámetro que aquí		
52	aparece se enumeran en las páginas siguientes, según el número de celda de cada uno.		

El porcentaje gradual de café procesado en cada semana se obtuvo utilizando los datos de café en uva recibido en cada beneficio (Anexo 2), según el siguiente procedimiento:

1) Se calculó el porcentaje de café que se procesó en cada semana y en cada beneficio, con respecto al total de cada cosecha/beneficio.
2) Se promediaron los % cada semana, según su ordinalidad y no la fecha. Por ejemplo, la tercera semana de procesamiento en la cosecha 98-99 comprendía los siguientes datos a promediarse:
(0.23, 0.17, 0.28, 0.01, 0.01, 0.12, 0.08)
B C D E H I J
3) Se promediaron los promedios semanales que correspondieron a cada cosecha según la ordinalidad de semanas.
4) Se ajustaron por prueba y error los promedios, hasta que el 100% de la cosecha se distribuyera en 22 semanas tratando de conservar los porcentajes promedio calculados.

Continuación de cuadro A.3.1...

Para facilitar la interpretación de los contenidos de las celdas del cuadro A.3.1. considérense los siguientes comentarios aclaratorios. Se designan con letras las columnas y con números las celdas, para ubicarse en lo concerniente a cada celda:

A3: El área contiene un 50% de sobrediseño como espacio necesario para volteos.

A4: Contiene 50% de sobrediseño para calles de circulación entre lechos.

A5: El área cambia respecto a A4 porque para la pulpa con mayor grado de descomposición se reduce en mayor grado el volumen final y por tanto, también el área de depósito.

A8: Se abrevia con p.l.d. a la pulpa de descomposición lenta, que es aquella a la que se le dan volteos con frecuencia menor que a la pulpa que se desea descomponer rápidamente.

A11: Este cálculo supone que los cerros o cúmulos de pulpa tienen 1.5m de altura.

A12: La mayor demanda de mano de obra la presenta la cosecha de lombricompost y después el traslado de la pulpa desde el beneficio hasta la zona de compostaje.

A13: Considerando un recipiente de riego de diez litros, que se puede llenar en 50 segundos y vaciarse mediante regadera en 70 seg.

C14: p.s.d. = pulpa semidescompuesta con 0.75 a 1.25 meses de descomposición.

p.f.o. = pulpa fresca inicial.

C15: p.d. = pulpa descompuesta con 1.25 a 8 meses de descomposición.

C16: El alimento es la pulpa semidescompuesta con 80% de humedad, se prepara mezclando con agua la pulpa a razón de 0.55 kg de agua (1.82 *l*) por cada 0.45 $kg_{p.s.d.}$

A21: Precio establecido en el Centro Experimental del Café de Masatepe (UNICAFÉ).

C23: La tasa de reproducción de lombrices con base en la literatura consultada (Aranda, 1995; Cáceres, s.f.p.; CID-Ecuador, 1996, Dávila, 1991; Martínez, 1996; Pineda *et al*, 1997).

A25: Se tomó el valor más alto de los jornales pagados en la zona y se multiplicó por 1.2, considerando que se trata de trabajo de supervisión.

Cuadro A.3.2.: Simulación del proceso de lombricompostaje en tres etapas para la pulpa de 7120 qq oro/cosecha. Considerando precio de lombrices producidas igual al precio promedio nacional del alimento para aves (E1, pág.61).

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
3	Sem. #	Pulpa generada (kg)	Volumen de pulpa fresca generada (m3)	Costo de M.O. Transp.carret. P.f.	A (m^2) sem.desco mp. Pulpa	Area (m^2) acumulada para descom.	Volumen (m^3) acumulado de pulpa en descomposición	Costo M. de O. de volteo	Kg de p.s.d. O p.d.l. producida	Kg de pulpa semidescomp. preparada (H = 80%)	Costo Transp. P.s.d y preparación de lechos	Costo M.O. De 2 riegos por semana	Area (m^2) sem. Adic. para lombric.	Area (m^2) acumulada. para lombric.	Volumen inic.(m^3) lecho de lombrices	Kg de lombrices inoculadas	Kg de lombrices cosechados	Inversión en lizos ($)	Ingresos venta de lizos $	Kg de lombricomp. Cosechados	Mano de obra cosecha ($)	Area total empleada en el proceso	Gastos totales ($)	Ingresos totales	Balance semanal ($) (I -G)	Consideran-do costo de oportunidad de la tierra
4	1	735	1.86	0.39	4	4	1.86	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-30.49	0	-30.49	-30
5	2	3677	9.32	2.05	22	27	11.18	1.88	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	27	-34.03	0	-34.03	-34
6	3	7354	18.63	4.06	44	61	25.59	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	61	-34.16	0	-34.16	-34
7	4	7354	18.63	4.06	44	106	44.22	7.43	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	106	-41.59	0	-41.59	-42
8	5	11031	27.95	6.12	67	133	55.46	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.1	-36.21	0	-36.21	-36
9	6	18385	46.59	10.18	111	245	102.05	17.15	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	244.9	-57.42	0	-57.42	-57
10	7	25003	63.36	13.85	151	304	126.83	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	304.4	-43.95	0	-43.95	-44
11	8	25738	65.22	14.24	156	461	192.05	32.27	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	460.9	-76.61	0	-76.61	-77
12	9	29415	74.54	16.29	178	383	159.47	0.00	25447.90	34389.05	26	0.000	150.43	150.43	40	1036	0.0	9324.0	0.0	0.0	0.0	533.2	-9396.82	0	-9396.82	-9397
13	10	33092	83.86	18.30	200	584	243.33	40.89	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	734.4	-92.32	0	-92.32	-93
14	11	40446	102.49	22.36	245	609	253.84	0.00	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	759.6	-55.50	0	-55.50	-56
15	12	62507	158.39	34.60	378	989	412.23	69.27	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	0.0	0.0	1139.8	-137.00	0	-137.00	-137
16	13	66184	167.71	36.65	400	1239	516.10	0.00	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	0.0	0.0	1389.1	-69.78	0	-69.78	-70.2
17	14	84569	214.30	46.78	512	1753	730.40	122.74	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	0.0	0.0	1903.4	-202.65	0	-202.65	-203.2
18	15	80892	204.98	44.77	489	1803	751.26	0.00	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	0.0	0.0	1953.5	-77.91	0	-77.91	-78.4
19	16	62507	158.39	34.60	378	2183	909.66	152.86	0.00	0.00	0	3.034	0.00	150.43	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2333.6	-220.59	0	-220.59	-221.2
20	17	55154	139.76	30.53	334	1822	759.15	0.00	76376.78	11785.79	61	3.034	451.47	451.47	14	3110	3108.0	18.0	0.0	20083.2	804.8	2273.4	-1056.80	3515	2457.77	2457.1
21	18	47800	121.13	26.47	289	2113	880.27	147.93	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2564.1	-213.60	0	-213.60	-214.3
22	19	33092	83.86	18.30	200	1984	826.47	0.00	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2435.0	-57.51	0	-57.51	-58.2
23	20	18385	46.59	10.18	111	2095	873.06	146.71	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2546.8	-196.09	0	-196.09	-196.8
24	21	14708	37.27	8.12	89	1861	775.40	0.00	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2312.4	-47.33	0	-47.33	-48.0
25	22	7354	18.63	4.06	44	1906	794.03	133.43	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2357.1	-176.70	0	-176.70	-177.3
26	23	0	0.00	0.00	0	1185	493.89	83.00	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1636.8	-122.20	0	-122.20	-122.6
27	24	0	0.00	0.00	0	737	307.20	0.00	0.00	0.00	0	9.105	0.00	451.47	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1188.7	-39.20	0	-39.20	-39.5
28	25	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	229097.26	309590.89	238	9.105	######	1354.22	361	9329	9330.0	0.0	0.3	6882.9	275.8	1354.2	-650.42	1205	554.35	554.0
29	26	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
30	27	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
31	28	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
32	29	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
33	30	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
34	31	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
35	32	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	27.312	0.00	1354.22	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1354.2	-117.61	0	-117.61	-118.0
36	33	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.000	0	0	0	0	27987.0	0.0	7584.5	180801.1	7245.6	0.0	-8255.90	39225	30968.77	30968.8
37	34	0	0.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
38	35	0	0.00																					0	-30.10	-30.1
39	36	0	0.00																					0	0.00	0.0
40	37	0	0.00																					0	0.00	0.0
41	38																							0	0.00	0.0
42	39																							0	0.00	0.0
43	40																							0	0.00	0
44	41																							0	0.00	0
45	42																							0	0.00	0
46	43																							0	0.00	0
47	44																							0	0.00	0
48	45																							0	0.00	0
49	46																							0	0.00	0
50	47																							0	0.00	0
51	48																							0	0.00	0
52	49																							0	0.00	0
53	50																							0	0.00	0
54	51																							0	0.00	0
55	52					0		0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0.00	0
56								0																0	0.00	
57	Suma	735382	1863		4450	24588	10245	956	330922	355766	326	288	1956	15649	415	13475	40425	9342	7585	207767	8326	40232	-22276	43944		
58		Kg de pulpa																								
59		fresca/cosecha.																							21667.87	21656.85
60																									Diferencia	11.0
61				Cada celda de estas estima el valor de cada parámetro por quintal oro procesado									Area má	1354	m^2			Area máxima total:		2564	m^2		R B/C=	0.969		
62														0.19	m^2/qqoro					0.36	m^2/qq_{oro}				Si se toma	
63					Demanda	máx. de M.O. en semana 52	29465.80	jornales-sem																	globalmente	
64																									el C.O.T.=	21631.37
65		45.360	0.262	0.057	0.626	3.458	1.441	0.134	46.539	50.033	0.046	0.041	0.275	2.201	0.058	1.895	5.685	1.314	1.067	29.219	1.171	5.659	-3.133	6.180	3.047	3.046

Cada doble raya indica el inicio de un nuevo ciclo de lombrices.

Notas Aclaratorias sobre el contenido de las celdas :

J3: El área está calculada suponiendo que la pulpa se apila o se coloca en cerros cónicos truncados de 1.5 m de altura, con un radio de 0.712 m y volumen de 1m.

K3: Aquí se va restando o descontando la pulpa que pasa a ser alimento de las lombrices, además de la reducción de volumen, pero siempres se deja una cierta holgura.

L3: Es el volumen real de pulpa y se obtiene a partir de su peso y su densidad promedio. Del volumen total se va descontando el % que se reduce por descomposición.

O3: Se agregan 38.6 l de agua a cada quintal de pulpa semidescompuesta para preparar el alimento.

P3: Incluye transporte en carretilla de mano y considerando 16 riegos para llegar al 80% de humedad relativa deseada, además de la siembra de lombrices.

Cuadro A.3.3.: Simulación del proceso de lombricompostaje en seis etapas para la pulpa de 7120 qq oro/cosecha. Considerando el precio de las lombrices producidas igual al precio promedio nacional del alimento concentrado para aves (E2, pág. 61).

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
3	Sem. #	Pulpa generada (kg)	Volumen de pulpa fresca generada (m^3)	Costo de M.O. Transp.carret. P.f.	A (m^2) sem.descomp Pulpa	Area (m^2) acumulada para descom.	Volumen (m^3) acumulado de pulpa en descomposición	Costo M. de O. de volteo	Kg de p.s.d. O p.d.l. producida	Kg de pulpa semidescomp. preparada (H = 80%)	Costo Transp. P.s.d y prepam-ción de lechos	Costo M.O. De 2 riegos por semana	Area (m^2) sem. Adic. para lombric.	Aron (m^2) acumulada. para lombric.	Volumen inic.(m^3) lecho de lombrices	Kg de lombrices inoculadas	Kg de lombrices cosechados	Inversión en lbzes ($)	Ingresos vente de lbzes $	Kg de lombricomp. Cosechados	Mano de obra cosecha ($)	Area total empleada en el proceso	Gastos totales ($)	Ingresos totales	Balance semanal ($) (I -G)	Consid. C. O. De la tierra
4	1	735	1.86	0.39	4	3	1.2	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.78	-30.69	0	-30.69	-30.69
5	2	3677	9.32	2.05	22	24	10.0	1.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.09	-33.84	0	-33.84	-33.84
6	3	7354	18.63	4.06	44	60	24.9	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59.71	-34.16	0	-34.16	-34.18
7	4	7354	18.63	4.06	44	103	42.9	7.21	430.20	581.35	0.450	0	2.54	2.54	0.68	18	0	162	0	0	0	105.57	-203.82	0	-203.82	-203.85
8	5	11031	27.95	6.12	67	131	54.7	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	133.71	-36.26	0	-36.26	-36.30
9	6	18385	46.59	10.18	111	243	101.2	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	245.52	-40.33	0	-40.33	-40.39
10	7	25003	63.36	13.85	151	395	164.6	27.66	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	397.58	-71.66	0	-71.66	-71.77
11	8	25738	65.22	14.24	156	402	167.6	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	404.79	-44.39	0	-44.39	-44.50
12	9	29415	74.54	16.29	178	581	242.1	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	583.68	-46.44	0	-46.44	-46.60
13	10	33092	83.86	18.30	200	782	326.0	54.78	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	784.93	-103.23	0	-103.23	-103.45
14	11	40446	102.49	22.36	245	733	305.3	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	735.17	-52.51	0	-52.51	-52.72
15	12	62507	158.39	34.60	378	1109	461.9	0.00	1257.50	1699.33	1.326	0.051	7.43	7.43	1.98	51	54	0	1	339.51	13.61	1116.11	-81.64	60	-21.42	-21.72
16	13	66184	167.71	36.65	400	1511	629.7	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1518.62	-66.90	0	-66.90	-67.31
17	14	84569	214.30	46.78	512	2025	844.0	141.82	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2032.93	-218.85	0	-218.85	-219.41
18	15	80892	204.98	44.77	489	1752	729.9	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1759.25	-75.02	0	-75.02	-75.50
19	16	62507	158.39	34.60	378	2132	888.3	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2139.39	-64.84	0	-64.84	-65.43
20	17	55154	139.76	30.53	334	2467	1028.1	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2474.82	-60.78	0	-60.78	-61.46
21	18	47800	121.13	26.47	289	2758	1149.2	193.12	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2765.52	-249.84	0	-249.84	-250.59
22	19	33092	83.86	18.30	200	1917	798.7	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1924.22	-48.55	0	-48.55	-49.08
23	20	18385	46.59	10.18	111	2011	838.0	0.00	1831.10	5086.39	5.486	0.150	22.25	22.25	5.93	153	153	0	0	992.41	39.77	2033.38	-91.09	174	82.58	82.02
24	21	14708	37.27	8.12	89	2101	875.2	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2122.83	-38.67	0	-38.67	-39.25
25	22	7354	18.63	4.06	44	2145	893.9	150.21	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2167.55	-184.82	0	-184.82	-185.41
26	23	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-30.55	0	-30.55	-30.92
27	24	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-30.55	0	-30.55	-30.92
28	25	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-30.55	0	-30.55	-30.92
29	26	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	93.43	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-123.98	0	-123.98	-124.35
30	27	0	0.00	0.00	0	921	383.6	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	942.97	-30.55	0	-30.55	-30.81
31	28	0	0.00	0.00	0	868	361.8	0.00	5485.95	15238.75	16.486	0.449	66.65	66.65	17.78	459	459	0	0	2970.45	119.04	935.08	-182.30	520	337.53	337.27
32	29	0	0.00	0.00	0	868	361.8	0	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	935.08	-31.44	0	-31.44	-31.70
33	30	0	0.00	0.00	0	868	361.8	60.81	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	935.08	-92.25	0	-92.25	-92.50
34	31	0	0.00	0.00	0	826	344.3	0.00	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-31.44	0	-31.44	-31.69
35	32	0	0.00	0.00	0	826	344.3	0.00	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-31.44	0	-31.44	-31.69
36	33	0	0.00	0.00	0	826	344.3	0.00	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-31.44	0	-31.44	-31.69
37	34	0	0.00	0.00	0	826	344.3	57.86	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-89.30	0	-89.30	-89.55
38	35	0	0.00	0.00	0	797	332.2	0	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	863.93	-31.44	0	-31.44	-31.68
39	36	0	0.00	0.00	0	640	266.8	0	16465.20	45736.68	49.474	1.344	200.05	200.05	53.35	1378	1377	9	0	8899.43	356.65	840.36	-495.01	1557	1062.39	1062.16
40	37	0	0.00	0.00	0	640	266.8	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	840.36	-34.13	0	-34.13	-34.36
41	38					640	266.8	44.83	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	840.36	-78.97	0	-78.97	-79.20
42	39					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
43	40					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
44	41					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
45	42					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
46	43					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
47	44					0	0.0	0	49388.26	137189.61	148.407	4.035	600.07	600.07	160.02	4134	4134	0	0	26710.22	1070.42	600.10	-1427.89	4674	3246.40	3246.23
48	45					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
49	46					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
50	47					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
51	48					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
52	49					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
53	50					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
54	51					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
55	52					0	0.0	0					0	0.00	0.00	0	12402	0	3361	80118.73	3210.77	0.00	-3675.38	17382	13706.34	13706.34
56														0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	-30.10	0	-30.10	-30.10
57	Suma	735382	1863		4450	42482	17701	834	74858	205532	222	133	899	7192	240	6193	18579	171	3362	120031	4810	49671	-9034	24367		
58		Kg de pulpa																							15333.42	15319.83
59		fresca/cosecha.																							Diferencia	13.60
60													Area máx:	600	m^2			Area máxima total:		2766	m^2		R B/C=	1.686		
61				Cada celda de estas estima el valor de cada parámetro por quintal oro procesado										0.08	m^2/qqoro					0.39	m^2/qq_{oro}				Si se toma	
62																									globalmente	
63					Demanda	máx. de M.O. en semana 52		1326.77	jornales-sem																el C.O.T.=	15294
64																										
65		45.360	0.262	0.057	0.626	5.974	2.489	0.117	10.528	28.905	0.031	0.019	0.126	1.011	0.034	0.871	2.613	0.024	0.473	16.881	0.676	6.986	-1.270	3.427	2.156	2.155

Cuadro A.3.4.: Simulación del proceso de lombricompostaje en seis etapas para la pulpa de 448 qq oro/cosecha. Considerando el precio de las lombrices producidas igual al del alimento para aves.

Sem. #	Pulpa generada (kg)	Volumen de pulpa fresca generada (m^3)	Costo de M.O. Transp.carret. P.f.	A (m^2) sem.desco mp. Pulpa	Area (m^2) acumulada para descom.	Volumen (m^3) acumulado de pulpa en descomposición	Costo M. de O. de volteo	Kg de p.s.d. O p.d.l producida	Kg de pulpa semidescomp. preparada (H = 80%)	Costo Transp. P.s.d y preparación de lechos	Costo M.O. De 2 riegos por semana	Area (m^2) sem. Adic. para lombric.	Area (m^2) acumulada para lombric.	Volumen inic.(m^3) lecho de lombrices	Kg de lombrices inoculadas	Kg de lombrices cosechados	Inversión en lizzes ($)	Ingresos venta de lizzes $	Kg de lombricomp. Cosechados	Mano de obra cosecha ($)	Area total empleada en el proceso	Gastos totales ($)	Ingresos totales	Balance semanal ($) (I -G)	Consid. C. O. De la tierra
1	46	0.12	0.04	0	0	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	-30.15	0	-30.15	-30.15
2	232	0.59	0.13	1	2	0.6	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.52	-30.34	0	-30.34	-30.34
3	465	1.18	0.26	3	4	1.6	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.77	-30.36	0	-30.36	-30.36
4	465	1.18	0.26	3	7	2.7	0.46	27.19	36.74	0.020	0	0.16	0.16	0.04	1	0	9	0	0	0	6.67	-39.84	0	-39.84	-39.84
5	697	1.77	0.39	4	8	3.5	0.00	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	8.45	-30.49	0	-30.49	-30.50
6	1162	2.94	0.66	7	15	6.4	0.00	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	15.52	-30.76	0	-30.76	-30.76
7	1580	4.00	0.87	10	25	10.4	1.75	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	25.13	-32.72	0	-32.72	-32.73
8	1627	4.12	0.92	10	25	10.6	0.00	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	25.58	-31.02	0	-31.02	-31.03
9	1859	4.71	1.05	11	37	15.3	0.00	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	36.89	-31.15	0	-31.15	-31.16
10	2092	5.30	1.14	13	49	20.6	3.46	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	49.61	-34.70	0	-34.70	-34.71
11	2556	6.48	1.40	15	46	19.3	0.00	0	0	0.000	0.003	0	0.16	0.00	0	0	0	0	0	0	46.46	-31.50	0	-31.50	-31.51
12	3951	10.01	2.18	24	70	29.2	0.00	79.48	107.40	0.103	0.003	0.47	0.47	0.13	3	3	0	0	21.46	0.86	70.54	-33.49	4	-29.74	-29.76
13	4183	10.60	2.32	25	96	39.8	0.00	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	95.98	-32.42	0	-32.42	-32.45
14	5345	13.54	2.97	32	128	53.3	8.96	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	128.49	-42.04	0	-42.04	-42.08
15	5113	12.96	2.84	31	111	46.1	0.00	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	111.19	-32.95	0	-32.95	-32.98
16	3951	10.01	2.18	24	135	56.1	0.00	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	135.21	-32.29	0	-32.29	-32.33
17	3486	8.83	1.92	21	156	65.0	0.00	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	156.41	-32.03	0	-32.03	-32.07
18	3021	7.66	1.66	18	174	72.6	12.21	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	174.79	-43.97	0	-43.97	-44.02
19	2092	5.30	1.14	13	121	50.5	0.00	0	0	0.000	0.009	0	0.47	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	121.61	-31.24	0	-31.24	-31.28
20	1162	2.94	0.66	7	127	53.0	0.00	115.73	321.47	0.335	0.009	1.41	1.41	0.37	10	9	9	0	62.72	2.51	128.51	-43.10	11	-32.13	-32.16
21	930	2.36	0.52	6	133	55.3	0.00	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	134.17	-30.65	0	-30.65	-30.69
22	465	1.18	0.26	3	136	56.5	9.49	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	136.99	-39.88	0	-39.88	-39.92
23	0	0.00	0.00	0	84	35.1	0.00	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	85.74	-30.13	0	-30.13	-30.15
24	0	0.00	0.00	0	84	35.1	0.00	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	85.74	-30.13	0	-30.13	-30.15
25	0	0.00	0.00	0	84	35.1	0.00	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	85.74	-30.13	0	-30.13	-30.15
26	0	0.00	0.00	0	84	35.1	5.91	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	85.74	-36.03	0	-36.03	-36.06
27	0	0.00	0.00	0	58	24.2	0.00	0	0	0.000	0.028	0	1.41	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	59.60	-30.13	0	-30.13	-30.14
28	0	0.00	0.00	0	55	22.9	0.00	346.72	963.12	1.047	0.028	4.21	4.21	1.12	29	30	0	0	187.74	7.52	59.10	-39.93	33	-6.80	-6.82
29	0	0.00	0.00	0	55	22.9	0	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	59.10	-30.18	0	-30.18	-30.20
30	0	0.00	0.00	0	55	22.9	3.84	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	59.10	-34.03	0	-34.03	-34.04
31	0	0.00	0.00	0	52	21.8	0.00	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	56.44	-30.18	0	-30.18	-30.20
32	0	0.00	0.00	0	52	21.8	0.00	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	56.44	-30.18	0	-30.18	-30.20
33	0	0.00	0.00	0	52	21.8	0.00	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	56.44	-30.18	0	-30.18	-30.20
34	0	0.00	0.00	0	52	21.8	3.66	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	56.44	-33.84	0	-33.84	-33.86
35	0	0.00	0.00	0	50	21.0	0	0	0	0.000	0.085	0	4.21	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	54.60	-30.18	0	-30.18	-30.20
36	0	0.00	0.00	0	40	16.9	0	1040.64	2890.66	3.141	0.085	12.64	12.64	3.37	87	87	0	0	562.46	22.54	53.11	-59.06	98	39.37	39.35
37	0	0.00	0.00	0	40	16.9	0	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	53.11	-30.35	0	-30.35	-30.37
38					40	16.9	2.83	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	53.11	-33.19	0	-33.19	-33.20
39					28	11.6	0	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	40.57	-30.35	0	-30.35	-30.36
40					28	11.6	0	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	40.57	-30.35	0	-30.35	-30.36
41					28	11.6	0	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	40.57	-30.35	0	-30.35	-30.36
42					28	11.6	0	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	40.57	-30.35	0	-30.35	-30.36
43					28	11.6	0	0	0	0.000	0.255	0	12.64	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	40.57	-30.35	0	-30.35	-30.36
44					0	0.0	0	3121.45	8670.69	9.380	0.255	37.93	37.93	10.11	261	261	0	0	1688.15	67.65	37.93	-116.73	295	178.70	178.69
45					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
46					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
47					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
48					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
49					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
50					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
51					0	0.0	0	0	0	0.000	0.765	0	37.93	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	37.93	-30.86	0	-30.86	-30.87
52					0	0.0	0				0		0.00	0.00	0	783	0	212	5063.68	202.93	0.00	-260.57	1098	837.77	837.77
Suma	46478	118	26	281	2685	1119	53	4731	12990	14	8	57	455	15	391	1173	18	212	7586	304	3139	-2030	1540	-490.01	-490.87
	Kg de pulpa fresca/cosecha.																							Diferencia	0.86
												Area máx.	38	m^2			Area máxima total		175	m^2		R B/C=	-0.242		
			Cada celda de estas estima el valor de cada parámetro por quintal oro procesado										0.08	m^2/qqoro					0.39	m^2/qq_{oro}				Si se toma	
				Demanda máx. de M.O. en semana 5			83.85	jornales-sem																globalmente	
																								el C.O.T.=	-493
	45.360	0.262	0.057	0.626	5.974	2.489	0.117	10.528	28.905	0.031	0.019	0.126	1.011	0.034	0.870	2.610	0.040	0.473	16.881	0.676	6.986	-4.517	3.427	-1.090	-1.092

Cuadro A.3.5.: Simulación del proceso de lombricompostaje en seis etapas para la pulpa de 22985 qq oro/cosecha. Considerando el precio de las lombrices producidas igual al de alimento para aves..

Sem. #	Pulpa generada (kg)	Volumen de pulpa fresca generada (m^3)	Costo de M.O. Transp.carret. P.f.	A (m^2) sem.desco mp. Pulpa	Area (m^2) acumulada para descom.	Volumen (m^3) acumulado de pulpa en descomposición	Costo M. de O. de volteo	Kg de p.s.d. O p.d.l producida	Kg de pulpa semidescomp. preparada (H = 80%)	Costo Transp. P.s.d y preparación de lechos	Costo M.O. De 2 riegos por semana	Area (m^2) sem. Adic. para lombric.	Area (m^2) acumulada. para lombric.	Volumen inic.(m^3) lecho de lombrices	Kg de lombrices inoculadas	Kg de lombrices cosechados	Inversión en lizes ($)	Ingresos venta de lizes $	Kg de lombricomp. Cosechados	Mano de obra cosecha ($)	Area total empleada en el proceso	Gastos totales ($)	Ingresos totales	Balance semanal ($) (I-G)	Consid. C. O. De la tierra
1	2374	6.02	1.31	14	9	3.7	0.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.98	-32.04	0	-32.04	-32.04
2	11870	30.08	6.55	72	78	32.4	5.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77.77	-42.10	0	-42.10	-42.12
3	23740	60.16	13.15	144	193	80.3	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192.75	-43.25	0	-43.25	-43.30
4	23740	60.16	13.15	144	333	138.6	23.29	1388.78	1876.73	1.423	0	8.21	8.21	2.19	57	0	513	0	0	0	340.82	-580.96	0	-580.96	-581.05
5	35610	90.24	19.70	215	423	176.4	0.00	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	431.66	-49.96	0	-49.96	-50.08
6	59350	150.39	32.85	359	784	326.8	0.00	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	792.60	-63.11	0	-63.11	-63.33
7	80715	204.53	44.69	488	1275	531.4	89.29	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	1283.48	-164.24	0	-164.24	-164.59
8	83089	210.55	46.00	503	1299	541.1	0.00	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	1306.74	-76.26	0	-76.26	-76.62
9	94959	240.63	52.55	575	1876	781.7	0.00	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	1884.25	-82.81	0	-82.81	-83.33
10	106829	270.71	59.14	646	2526	1052.4	176.85	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	2533.94	-266.26	0	-266.26	-266.95
11	130569	330.86	72.25	790	2365	985.4	0.00	0	0	0.000	0.166	0	8.21	0.00	0	0	0	0	0	0	2373.29	-102.51	0	-102.51	-103.16
12	201789	511.33	111.69	1221	3579	1491.3	0.00	4059.51	5485.82	4.234	0.166	24.00	24.00	6.40	165	171	0	2	1096.01	43.92	3603.06	-196.26	193	-2.83	-3.82
13	213658	541.41	118.24	1293	4878	2032.7	0.00	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	4902.44	-148.83	0	-148.83	-150.17
14	273008	691.80	151.09	1652	6539	2724.5	457.84	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	6562.77	-639.51	0	-639.51	-641.31
15	261138	661.73	144.54	1580	5655	2356.4	0.00	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	5679.26	-175.12	0	-175.12	-176.68
16	201789	511.33	111.69	1221	6882	2867.7	0.00	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	6906.46	-142.27	0	-142.27	-144.16
17	178049	451.18	98.54	1077	7965	3318.9	0.00	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	7989.28	-129.13	0	-129.13	-131.31
18	154309	391.02	85.40	934	8904	3709.9	623.43	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	8927.73	-739.41	0	-739.41	-741.85
19	106829	270.71	59.14	646	6188	2578.3	0.00	0	0	0.000	0.484	0	24.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	6211.81	-89.73	0	-89.73	-91.43
20	59350	150.39	32.85	359	6492	2705.2	0.00	5911.22	16420.05	17.745	0.484	71.82	71.82	19.15	495	495	0	0	3203.72	128.39	6564.22	-227.02	561	333.63	331.83
21	47480	120.31	26.30	287	6781	2825.5	0.00	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	6852.98	-57.84	0	-57.84	-59.72
22	23740	60.16	13.15	144	6926	2885.6	484.92	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	6997.35	-529.61	0	-529.61	-531.53
23	0	0.00	0.00	0	4308	1794.9	0.00	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	4379.50	-31.55	0	-31.55	-32.75
24	0	0.00	0.00	0	4308	1794.9	0.00	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	4379.50	-31.55	0	-31.55	-32.75
25	0	0.00	0.00	0	4308	1794.9	0.00	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	4379.50	-31.55	0	-31.55	-32.75
26	0	0.00	0.00	0	4308	1794.9	301.62	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	4379.50	-333.16	0	-333.16	-334.36
27	0	0.00	0.00	0	2972	1238.5	0.00	0	0	0.000	1.449	0	71.82	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	3044.12	-31.55	0	-31.55	-32.38
28	0	0.00	0.00	0	2803	1168.1	0.00	17709.91	49194.20	53.227	1.449	215.18	215.18	57.38	1482	1485	0	1	9589.31	384.29	3018.64	-521.20	1679	1157.74	1156.92
29	0	0.00	0.00	0	2803	1168.1	0	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	3018.64	-34.44	0	-34.44	-35.26
30	0	0.00	0.00	0	2803	1168.1	196.29	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	3018.64	-230.73	0	-230.73	-231.56
31	0	0.00	0.00	0	2668	1111.5	0.00	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2882.74	-34.44	0	-34.44	-35.23
32	0	0.00	0.00	0	2668	1111.5	0.00	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2882.74	-34.44	0	-34.44	-35.23
33	0	0.00	0.00	0	2668	1111.5	0.00	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2882.74	-34.44	0	-34.44	-35.23
34	0	0.00	0.00	0	2668	1111.5	186.78	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2882.74	-221.22	0	-221.22	-222.01
35	0	0.00	0.00	0	2574	1072.4	0	0	0	0.000	4.340	0	215.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2788.97	-34.44	0	-34.44	-35.20
36	0	0.00	0.00	0	2067	861.3	0	53153.47	147648.54	159.731	4.340	645.81	645.81	172.22	4449	4446	27	0	28729.41	1151.34	2712.88	-1558.50	5028	3469.14	3468.40
37	0	0.00	0.00	0	2067	861.3	0	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2712.88	-73.22	0	-73.22	-73.96
38					2067	861.3	144.73	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2712.88	-217.95	0	-217.95	-218.70
39					1426	594.3	0	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2072.09	-73.22	0	-73.22	-73.79
40					1426	594.3	0	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2072.09	-73.22	0	-73.22	-73.79
41					1426	594.3	0	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2072.09	-73.22	0	-73.22	-73.79
42					1426	594.3	0	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2072.09	-73.22	0	-73.22	-73.79
43					1426	594.3	0	0	0	0.000	13.025	0	645.81	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2072.09	-73.22	0	-73.22	-73.79
44					0	0.0	0	159436.68	442879.67	479.098	13.025	1937.16	1937.16	516.60	13345	13347	0	1	86226.75	3455.55	1937.26	-4535.53	15090	10554.70	10554.17
45					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
46					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
47					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
48					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
49					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
50					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
51					0	0.0	0	0	0	0.000	39.069	0	1937.16	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1937.29	-159.46	0	-159.46	-159.99
52					0	0.0	0				0		0.00	0.00	0	40035	0	10849	258641.73	10365.12	0.00	-11797.34	56112	44314.45	44314.45
Sume	2373983	6016		14365	137142	57142	2691	241660	663505	715	429	2902	23217	774	19993	59979	540	10852	387487	15529	160350	-25848	78663		
	Kg de pulpa fresca/cosecha.																							52814.87	52770.98
																								Diferencia	43.89
												Area máx:	1937	m^2			Area máxima total		8928	m^2		R B/C=	2.028		
			Cada celda de estas estima el valor de cada parámetro por quintal oro processado										0.08	m^2/qqoro					0.39	m^2/qq_{oro}				Si se toma	
				Demanda máx. de M.O. en semana 5			4283.11	jornales-sem																globalmente	
																								el C.O.T.=	52688
	45.360	0.262	0.057	0.626	5.974	2.489	0.117	10.528	28.905	0.031	0.019	0.126	1.011	0.034	0.871	2.613	0.024	0.473	16.881	0.676	6.986	-1.126	3.427	2.301	2.299

Cuadro A.3.6.: Simulación del proceso de lombricompostaje en seis etapas para la pulpa de 7120 qq oro/cosecha. Considerando el precio de las lombrices producidas igual a cero (E7, pág. 61).

Sem. #	Pulpa generada (kg)	Volumen de pulpa fresca generada (m^3)	Costo de M.O. Transp.carret. P.f.	A (m^2) sem.desco mp. Pulpa	Area (m^2) acumulada para descom.	Volumen (m^3) acumulado de pulpa en descomposición	Costo M. de O. de volteo	Kg de p.s.d. O p.d.l producida	Kg de pulpa semidescomp. preparada (H = 80%)	Costo Transp. P.s.d y preparación de lechos	Costo M.O. De 2 riegos por semana	Area (m^2) sem. Adic. para lombric.	Area (m^2) acumulada, para lombric.	Volumen inic.(m^3) lecho de lombrices	Kg de lombrices inoculadas	Kg de lombrices cosechados	Inversión en lizzes ($)	Ingresos venta de lizzes $	Kg de lombricomp. Cosechados	Mano de obra cosecha ($)	Area total empleada en el proceso	Gastos totales ($)	Ingresos totales	Balance semanal ($) (I -G)	Consid. C. O. De la tierra
1	735	1.86	0.39	4	3	1.2	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.78	-30.69	0	-30.69	-30.69
2	3677	9.32	2.05	22	24	10.0	1.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.09	-33.84	0	-33.84	-33.84
3	7354	18.63	4.06	44	60	24.9	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59.71	-34.16	0	-34.16	-34.18
4	7354	18.63	4.06	44	103	42.9	7.21	430.20	581.35	0.450	0	2.54	2.54	0.68	18	0	162	0	0	0	105.57	-203.82	0	-203.82	-203.85
5	11031	27.95	6.12	67	131	54.7	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	133.71	-36.26	0	-36.26	-36.30
6	18385	46.59	10.18	111	243	101.2	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	245.52	-40.33	0	-40.33	-40.39
7	25003	63.36	13.85	151	395	164.6	27.66	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	397.58	-71.66	0	-71.66	-71.77
8	25738	65.22	14.24	156	402	167.6	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	404.79	-44.39	0	-44.39	-44.50
9	29415	74.54	16.29	178	581	242.1	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	583.68	-46.44	0	-46.44	-46.60
10	33092	83.86	18.30	200	782	326.0	54.78	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	784.93	-103.23	0	-103.23	-103.45
11	40446	102.49	22.36	245	733	305.3	0.00	0	0	0.000	0.051	0	2.54	0.00	0	0	0	0	0	0	735.17	-52.51	0	-52.51	-52.72
12	62507	158.39	34.60	378	1109	461.9	0.00	1257.50	1699.33	1.326	0.051	7.43	7.43	1.98	51	54	0	0	339.51	13.61	1116.11	-81.64	59	-22.23	-22.54
13	66184	167.71	36.65	400	1511	629.7	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1518.62	-66.90	0	-66.90	-67.31
14	84569	214.30	46.78	512	2025	844.0	141.82	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2032.93	-218.85	0	-218.85	-219.41
15	80892	204.98	44.77	489	1752	729.9	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1759.25	-75.02	0	-75.02	-75.50
16	62507	158.39	34.60	378	2132	888.3	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2139.39	-64.84	0	-64.84	-65.43
17	55154	139.76	30.53	334	2467	1028.1	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2474.82	-60.78	0	-60.78	-61.46
18	47800	121.13	26.47	289	2758	1149.2	193.12	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2765.52	-249.84	0	-249.84	-250.59
19	33092	83.86	18.30	200	1917	798.7	0.00	0	0	0.000	0.150	0	7.43	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1924.22	-48.55	0	-48.55	-49.08
20	18385	46.59	10.18	111	2011	838.0	0.00	1831.10	5086.39	5.486	0.150	22.25	22.25	5.93	153	153	0	0	992.41	39.77	2033.38	-91.09	174	82.58	82.02
21	14708	37.27	8.12	89	2101	875.2	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2122.83	-38.67	0	-38.67	-39.25
22	7354	18.63	4.06	44	2145	893.9	150.21	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	2167.55	-184.82	0	-184.82	-185.41
23	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-30.55	0	-30.55	-30.92
24	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-30.55	0	-30.55	-30.92
25	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-30.55	0	-30.55	-30.92
26	0	0.00	0.00	0	1334	556.0	93.43	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	1356.63	-123.98	0	-123.98	-124.35
27	0	0.00	0.00	0	921	383.6	0.00	0	0	0.000	0.449	0	22.25	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	942.97	-30.55	0	-30.55	-30.81
28	0	0.00	0.00	0	868	361.8	0.00	5485.95	15238.75	16.486	0.449	66.65	66.65	17.78	459	459	0	0	2970.45	119.04	935.08	-182.30	520	337.53	337.27
29	0	0.00	0.00	0	868	361.8	0	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	935.08	-31.44	0	-31.44	-31.70
30	0	0.00	0.00	0	868	361.8	60.81	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	935.08	-92.25	0	-92.25	-92.50
31	0	0.00	0.00	0	826	344.3	0.00	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-31.44	0	-31.44	-31.69
32	0	0.00	0.00	0	826	344.3	0.00	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-31.44	0	-31.44	-31.69
33	0	0.00	0.00	0	826	344.3	0.00	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-31.44	0	-31.44	-31.69
34	0	0.00	0.00	0	826	344.3	57.86	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	892.98	-89.30	0	-89.30	-89.55
35	0	0.00	0.00	0	797	332.2	0	0	0	0.000	1.344	0	66.65	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	863.93	-31.44	0	-31.44	-31.68
36	0	0.00	0.00	0	640	266.8	0	16465.20	45736.68	49.474	1.344	200.05	200.05	53.35	1378	1377	9	0	8899.43	356.65	840.36	-495.01	1557	1062.39	1062.16
37	0	0.00	0.00	0	640	266.8	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	840.36	-34.13	0	-34.13	-34.36
38					640	266.8	44.83	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	840.36	-78.97	0	-78.97	-79.20
39					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
40					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
41					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
42					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
43					442	184.1	0	0	0	0.000	4.035	0	200.05	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	641.87	-34.13	0	-34.13	-34.31
44					0	0.0	0	49388.26	137189.61	148.407	4.035	600.07	600.07	160.02	4134	4134	0	0	26710.22	1070.42	600.10	-1427.89	4674	3246.40	3246.23
45					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
46					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
47					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
48					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
49					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
50					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
51					0	0.0	0	0	0	0.000	12.102	0	600.07	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	600.11	-72.30	0	-72.30	-72.46
52					0	0.0	0				0		0.00	0.00	0	12402	0	0	80118.73	3210.77	0.00	-3675.38	14021	10345.40	10345.40
Suma	735382	1863		4450	42482	17701	834	74858	205532	222	133	899	7192	240	6193	18579	171	0	120031	4810	49671	-9034	21005		
	Kg de pulpa fresca/cosecha.																							11971.67	11958.07
																								Diferencia	13.60
												Area máx:	600	m^2			Area máxima total		2766	m^2		R B/C=	1.315		
			Cada celda de estas estima el valor de cada parámetro por quintal oro procesado										0.08	m^2/qqoro					0.39	m^2/qq_{oro}				Si se toma	
				Demanda máx. de M.O. en semana 5		1326.77	jornales-sem																	globalmente	
																								el C.O.T.=	11932
	45.360	0.262	0.057	0.626	5.974	2.489	0.117	10.528	28.905	0.031	0.019	0.126	1.011	0.034	0.871	2.613	0.024	0.000	16.881	0.676	6.986	-1.270	2.954	1.684	1.682

Cuadro A.3.7: Algunos datos útiles adicionales.

Datos importantes pulpa y tipo de cambio	Valor	Unidades
1.-Densidad aparente pulpa fresca (ρ_m)	8.8	qq/m^3
1.1.-Det. Exp.,1999. HR= 84.7%	7.97	qq/m^3
1.2.-Gámez, Sergio, 1998	8	qq/m^3
1.3.-Guerrero, I.-Pérez, I., 1999.HR=78	10.46	qq/m^3
1.4.- Arango-Dávila, 1991. HR= 85%	5.96	qq/m^3
1.5.-Aranda, 1996 (pulpa escurrida)	13.23	qq/m^3
1.6.-ANACAFE, 1998 (recién ext.)	5.50	qq/m^3
1.7.-ANACAFE, 1998 (compacta pspp)	10.00	qq/m^3
2.- Densidad de pulpa en descomposición		
2.1.-6 sem.,HR=57%,Guerrero-Pérez	9.64	qq/m^3
2.2.-24 sem.Determ. Exp., HR=82%	21.12	qq/m^3
2.3.- 8 sem., Determ.exp. , HR= 45%	4.94	qq/m^3
2.4.- 4 sem., HR=80%, Siles C.	22.1	qq/m^3
2.5.-Determ. Exp., HR=15.3%	3.2	qq/m^3
3.-Densidad del café maduro (uva o cereza)		
3.1- ANACAFE, 1998 (13.5 -14 qq/m^3)	13.75	qq/m^3
4.-Densidad promedio lombricompost		
4.1 - Siles Calvo, promedio todos datos	5.26	qq/m^3
Tipo de cambio promedio, 1999	12.21	C/US$

Anexo 4: Resultado del programa lineal para selección del uso óptimo de la pulpa

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 9142.438

Estos son los valores respuesta propiamente, el valor de 9142.438 es la ganancia maximizada, dadas las restricciones impuestas al modelo.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
PC	360.984131	0.000000
PA	15873.015625	0.000000
PVA	0.000000	4.148307

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
CAPITAL)	245.867920	0.000000
PATIO)	1045.557983	0.000000
BODEGA)	109.523811	0.000000
TERRENO)	2645.047607	0.000000
PROD.)	0.000000	0.209900
MAX_DA)	0.000000	0.191164

NO. ITERATIONS= 1

Las variables de holgura indican porciones de recursos no aprovechados en su totalidad.

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
PC	0.209900	0.340439	INFINITY
PA	0.571200	INFINITY	0.314619
PVA	0.825400	4.148308	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
CAPITAL	3000	INFINITY	245.867920
PATIO	2000	INFINITY	1045.557983
BODEGA	300.	INFINITY	109.523811
TERRENO	7026	INFINITY	2645.047607
PROD.	16234.	395.445526	360.984131
MAX_DA	30000	682.260010	747.392029

Estos datos dan el análisis de sensibilidad del problema. Aquí se indica que si el coeficiente de la pulpa combustible creciera más allá de 0.3404, entonces la solución dada antes cambiaría y, en tal caso, dejaría de ser la producción de vermiabono la alternativa de uso óptima.

Anexo 5: Formatos de encuestas utilizados y resumen de resultados para la disposición a invertir en tecnologías limpias.

A.5.1. Encuesta inicial.

Cuestionario # 1 (Entrevista inicial a dueños y/ administradores de beneficios)

Parte A: Datos generales de identificación del beneficio

1.- Nombre del beneficio: _____
2.- Dirección del beneficio: _____
3.- Nombre del dueño: _____
4.- Nombre del administrador o encargado: _____
5.- El entrevistado es:
❑ Propietario del beneficio ❑ Administrador del beneficio
6.- Nivel académico del entrevistado:
❑ Enseñanza primaria básica ❑ Primaria completa ❑ Secundaria
❑ Universitario inconcluso ❑ Profesional ❑ _____

Parte B: Evaluación de la disposición al cambio tecnológico en pro de una reducción de la contaminación ambiental.

1.- Sabe Ud. que desde 1996 existe en Nicaragua una Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales que establece, entre muchas otras cosas, las conductas permitidas y prohibidas sobre manejo y disposición de desechos agroindustriales?
❑ Si (Indique el medio por el cual se enteró ❑ No

2.- Indique la frecuencia con que ha sido visitado para inspecciones relacionadas con el manejo de sus desechos durante los dos años recien pasados, por parte de cualquier entidad estatal, municipal o autónoma.

# de visitas	INAA	MARENA	Alcaldía	MINSA	INETER	OTRO*
Ninguna						
Una	a	b	c	d	e	
Dos o Tres						
Más de 3						

*Favor especificar que otras inspecciones ha recibido _____
Explique, en cada caso, la causa aparente de la inspección y sus consecuencias.
a) _____
b) _____
c) _____
d) _____

3.- Las políticas y leyes ambientales actuales se basan en el principio universal de que "el que contamina paga". Qué piensa Ud. al respecto?

4.- Sabe que el almacenamiento y reutilización de las aguas de recibo, despulpado y lavado es económica y tecnológicamente conveniente? Explique.

❑ si ❑ no

5.- Enumere los posibles usos que conoce para aprovechar la pulpa de café

❑ Abono orgánico ❑ Base para alimentación animal
❑ Sustrato para la crianza de lombrices ❑ Producción de biogás
❑ Medio de cultivo de hongos comestibles ❑ Combustible

6.- Enumere los tratamientos o medidas que conoce para reducir la carga contaminante de las aguas mieles del café

❑ Filtración ❑ Sedimentación y decantación ❑ Neutralización
❑ Infiltración Reactores controlados (❑ Aerobios ❑ Anaerobios)
Lagunas de estabilización (❑ Aerobias ❑ Anaerobias ❑ Con plantas depuradoras)

7.- Ha tomado medidas, en los dos últimos años, en el sentido de reducir los niveles de contaminación de su beneficio? Explique un poco.

8.- Aparte de los señalado en la pregunta anterior, ha realizado cambios en la maquinaria o sistemas empleados en su beneficio durante los dos últimos años? Explique sus motivaciones.

9.- Qué tan dispuesto se considera Ud. a implementar una transformación en su tecnología de beneficiado que le permita reducir el daño ambiental que genera? Considere la siguiente escala:

❑ Ninguna disposición ❑ Poca disposición
❑ Buena disposición ❑ Máxima disposición

10.- Situación de la propiedad del beneficio:

❑ Privado de un solo dueño ❑ Privado, de sociedad anónima
❑ Propiedad común (Cooperativa)
❑ Otro tipo de propiedad: _____

11.- Disponibilidad de capital para inversiones actuales o futuras:

❑ Ninguna ❑ Pequeña (Menos de $5000)
❑ Mediana (5000-10000$) ❑ Elevada (Más de 10000$)

12.- Enumere factores que considere limitantes serios sobre su disposición a una transformación del beneficiado en pro de proteger la calidad del ambiente.

A.5.2. ENCUESTA FINAL A BENEFICIADORES DE CAFÉ DE LA ZONA PACÍFICA CENTRAL DE NICARAGUA (BENEFICIOS INTEGRADOS)

Atención:

SR. XXXXXXXXXXX

BENEFICIO "k"

Estimado Sr. X:

En la etapa final del proceso de elaboración del trabajo de tesis titulado · GASTOS DEFENSIVOS PARA APROVECHAMIENTO/DISPOSICIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL BENEFICIADO DE CAFÉ EN ZONA PACÍFICA CENTRAL DE NICARAGUA, con el cual ud. muy amablemente ha colaborado, surge la necesidad de plantearle una última serie de preguntas relacionadas con el tema.

- En principio, se le pide corroborar la información básica de su proceso de beneficiado que se presenta en la tabla de la página siguiente. Como puede notar, cada beneficio se asoció con una letra y los nombres de los mismos no figurarán en el trabajo, pues así lo pidieron algunos de los entrevistados. **La letra correspondiente a su beneficio es la K.** Si hay alguna incongruencia o referencia incorrecta, favor indicarla.
    - La información está correcta.
- Seguidamente, se le ruega leer la Propuesta de Acuerdo entre el MARENA y el sector Cafetalero que se presenta en las 2 páginas siguientes al cuadro resumen de beneficios. Indicar si:
    - Ya la conocía
    - No la conocía

    Cualquiera sea su opción anterior, opine
    - Está de acuerdo
    - No está de acuerdo

    Por qué?

- Responda, por favor, el cuestionario final.

CUESTIONARIO FINAL SOBRE ADOPCIÓN DE USOS O TRATAMIENTOS DE LOS SUBPRODUCTOS DEL BENEFICIADO HÚMEDO

(Los espacios que aparecen en blanco, se llenaron con la información individual pertinente a cada beneficio)

I. Usos de la pulpa.

Se plantean alternativas de tres posibles usos de la pulpa que genera su beneficio. Estas alternativas se escogieron por ser las más difundidas en la zona y porque ofrecen las mejores perspectivas de rentabilidad.

Su beneficio ha generado en las tres últimas cosechas un promedio redondeado de_____qq de pulpa fresca. Considerando las propiedades de este material y su volumen ud. podría con esto:

A. Producir lombriabono (excretas de lombrices rojas californianas alimentadas con su pulpa de café).

B. Producir abono simple de pulpa descompuesta (En las condiciones climáticas de la zona se requieren 45 días aprox. Para alcanzar un buen grado de descomposición)

C. Producir combustible con la pulpa seca.

Puede perfectamente destinar toda su pulpa a uno solo, dos o los tres usos que se le proponen, pero lo que económicamente le resulte más conveniente, dependerá de la cantidad de terreno de que dispone, del capital que piense invertir, de la cantidad de mano de obra disponible en su localidad, entre otros.

1. Sabiendo que las tres alternativas de uso son rentables, es decir, que le retornan la inversión efectuada a un interés mayor que el que le pagaría un banco por su dinero, **indique, marcando con una "x" cuál de los criterios de selección seguiría si tuviera que inclinarse solamente por un uso:**

   - ☐ Escogería la alternativa que requiera la mínima inversión, independientemente de su rentabilidad.

Sigue...

- Escogería la alternativa de mínima inversión, pero con la mayor rentabilidad posible.
- Escogería la alternativa de mínima inversión y con menores costos de operación, es decir, la que demande menos mano de obra e insumos, aunque no sea la más rentable.
- Escogería la alternativa de máximas ganancias, independientemente del monto de la inversión inicial.
- Escogería la alternativa de menor riesgo.
- Prefiere regalar la pulpa y que otros trabajen con ella.

II. **Tratamiento de las aguas mieles:**

Este puede resultar "rentable" sólo si se considera un monto efectivo de multas evitadas (que van de 1,000 hasta 50,000 córdobas, según la L.G.M.A. y R. N.) al disponer adecuadamente de los desechos sólidos y líquidos del beneficiado. Las alternativas de descontaminación de las aguas mieles que se plantean son tres, y pueden ser usadas en serie, es decir, aplicando un tratamiento seguido de otro, para alcanzar las máximas eficiencias.

La medida más simple y básica a aplicar se puede denominar "pretratamiento" y puede consistir ya sea en reducción física (tamizado o separación de sólidos por filtración o sedimentación) o química (adición de coagulantes o alcalinizantes) de la contaminación. La reducción fisico-química (que implica la unión de dos o más de las medidas señaladas) sería lo preferible, para ésta se conocen eficiencias de remoción de contaminantes hasta del orden de un 20%.

Seguidamente en orden de aplicación vendrían los tratamientos biológicos, en los que, dadas las características netamente orgánicas de las aguas mieles, implican la degradación de la materia orgánica mediante bacterias a las que se les favorece para su operación eficiente. El tratamiento propuesto en este caso, la digestión anaeróbica, se puede llevar de manera controlada y con altas eficiencias, en reactores de diferentes formas y tamaños. Los costos de éstos son, en general, elevados, además de que requieren de supervisión y control especializado.

Un tratamiento que también pertenece a la categoría anterior, pero que tiene menor eficiencia y requiere de menos control es el lagunaje clásico o lo que se ha denominado EEI (Estanques de evaporación e infiltración). Para éstos la inversión y los gastos son relativamente bajos, pero de todas formas demandan cierta atención para que puedan funcionar, cosa que no ocurre con los estanques de evaporación que se han observado en la zona.

Las alternativas que se le proponen a continuación representan una estimación preliminar (lo más realista posible) de lo que tendría que invertir para garantizarse operar su beneficio en los próximos 20 años sin que se lo cierren, ni le apliquen multas severas (4000$/año*20 años = U.S. $ 80,000 de gastos evitados! Sin contabilizar pérdidas en posibles cierres forzados) **Señale cuál o cuáles estaría dispuesto a seguir, en aras de cumplir con la propuesta de acuerdo con el MARENA que se le dio a leer.**

A. Pretratamientos:

- Tanque de separación de natas y precipitación de sólidos.
    a) Hacerlo nuevo podría costarle _____con capacidad para los _____ m^3 de agua miel que genera su beneficio en cada día de cosecha pico.
    b) También podría adaptar algunas pilas de fermento (pues ya no se ocupan todas por la baja producción). Esto podría en su caso tener un costo de _____.
- Igual al anterior pero con adición de cal a razón de 1kg/m^3 de agua miel (esto le puede costar unos _____)

B. Tratamiento principal:

a) Reactor FAFA

b) Reactor UASB

C. Tratamiento secundario

a) Estanques de evaporación (Lagunas revestidas en el fondo)

b) Estanques de evaporación e infiltración (Sin revestimiento)

c) Estanques de evaporación e infiltración con adición de cal.

III. Revisión de su disposición a invertir.

1. Ahora que dispone ud. de más información , ¿consideraría que su disposición a invertir para convertir su beneficio en un beneficio ecológico ha mejorado, desde la primera entrevista que se le hizo?

- ❑ Si
- ❑ No

2. ¿Ha notado a su alrededor, en el presente año, mayor preocupación por los temas de contaminación ambiental?

- ❑ Si
- ❑ No

3. Han mejorado sus perspectivas sobre la caficultura en Carazo, desde la última entrevista sostenida?

- ❑ Si
- ❑ No

4. ¿Está asociado directamente con alguna casa exportadora de café?

- ❑ Si
- ❑ No

5. ¿Piensa que lo anterior influye sobre sus perspectivas de desarrollar y mejorar su beneficio?

- ❑ Si
- ❑ No

MIL GRACIAS POR TODO SU APOYO Y COLABORACIÓN!!!!!!!!!!!!

A.5.3.: Distribución de respuestas de los entrevistados en primera etapa.

	Variable evaluada	Opciones de respuesta	A	B	C	D	E	G	H	I	J
1	Nivel Educativo	(Secundaria / U)		0	0				0		
		Profesional ó +	1			1	1	1		1	1
2	Conocimiento de ley amb. sanciones y regulaciones	Ninguno		0							0
		Alguno	1		1	1	1	1	1	1	
3	Influencia de actores externos y su insistencia sobre la contam.	Ninguna			0	0		0	0	0	0
		Alguna	1	1			1				
4	Convicción personal sobre su responsabilidad con el ambiente	Buena			1	1		1		1	1
		Dudosa	0	0			0		0		
5	Conocimiento de tecnologías limpias y equipos modernos	Ninguno					0				
		Alguno	1	1	1	1		1	1	1	1
6	Iniciativa propia hacia la modernización y mejoras	Ninguna	0								0
		Antigua					0.5		0.5	0.5	
		Reciente		1	1	1		1			
7	Problemas con la propiedad	Ninguno			1	1	1	1	1		
		Algunos	0	0						0	0
8	Disponibilidad de capital	muy poca ó 0	0	0					0	0	0
		med. (5-10mil$)			0.5	0.5		0.5			
		buena (>10mil$)					1				
9	Perspectivas de desarrollo caficultura en la zona	Negativas	0				0		0	0	0
		Positivas		1	1			1	1		
10	Autoevaluación de disposición a inversiones en Tecn. Limpias	Ninguna	0					0			0
		Mediana			0.5		0.5		0.5		
		Elevada		1		1				1	
		Suma simple	4	4	6.5	6.5	5.5	7.5	4.5	4.5	3