

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSGRADUADOS

**INFLUENCIA DE LOS INCENTIVOS ECONOMICOS EN LA REDUCCION
DE CONTAMINANTES DE LOS BENEFICIOS DE CAFE EN LA
CUENCA DEL RIO FRIO, HONDURAS**

POR

JOSE MANUEL GONZALEZ LOPEZ

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2000

- DIC 2000

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

**INFLUENCIA DE LOS INCENTIVOS ECONÓMICOS EN LA REDUCCIÓN DE
CONTAMINANTES DE LOS BENEFICIOS DE CAFÉ EN LA CUENCA DEL RÍO
FRÍO, HONDURAS**

**Tesis sometida a la consideración de la escuela de postgrado, programa de
educación para el desarrollo y la conservación del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y enseñanza, como requisito parcial para optar el grado de:**

Magíster Scientiae

Por
José Manuel González López

Turrialba, Costa Rica
2000

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

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



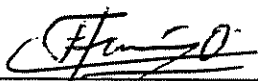
Robert Hearne, Ph.D.

Consejero Principal



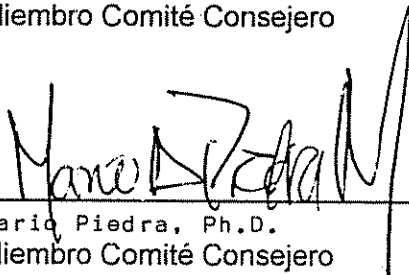
Bruno Barbier, Ph.D.

Miembro Comité Consejero




Francisco Jiménez, Ph.D.

Miembro Comité Consejero



Mario Piedra, Ph.D.

Miembro Comité Consejero



Gilberto Páez, Ph.D.

Director y Decano de la Escuela de Posgraduados



José Manuel González

Candidato

DEDICATORIA

Este trabajo, lo dedico a los verdaderos héroes de la economía nacional, los productores de café de Honduras, a quienes debo buena parte de mi.

A la memoria de mi madre Q.D.D.G. a quien debo el enorme deseo de superación que me acompaña cada día.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a las personas e instituciones, que hicieron posible la culminación de este trabajo. Especialmente a:

A Robert Heame, Ph. D. por su, interés, dedicación y apoyo ilimitado, al guiarme para alcanzar la meta.

A Gilberto Paez, Ph.D. por la sabiduría, paciencia y apoyo decidido.

A Bruno Barbier, Ph.D. por su colaboración, motivación y exigencia.

A Francisco Jiménez, Ph.D. por sus consejos y aportes.

A Mario Piedra Ph.D. por su buena voluntad y disposición para compartir sus conocimientos.

A Neddy Zamora, representante de la oficina regional del DAAD, por el apoyo ilimitado durante la carrera.

Al Licenciado Fernando Daniel Montes, por su determinación al apoyarme, desde su posición como gerente del IHCAFE en 1998.

A la administración general del IHCAFE, al personal de la división administrativa que siempre tuvieron a bien apoyarme.

A los Ingenieros Mario Palma, Mario Ordoñez, Julio San Martín, Celso Reyes, Carlos Pineda, Guillermo Suazo por tomar parte de su tiempo para apoyar el proyecto.

A los Técnicos de la Agencia IHCAFE de San Nicolás, Ingenieros Reinaldo, Felipe y Wilman, gracias.

A la unidad de comercialización por su buena voluntad y disposición.

Al personal de la oficina del CIAT, en Honduras por sus consideraciones y apoyo.

CONTENIDO

	PAGINA
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Caracterización del problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 El objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Las hipótesis	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Beneficiado del café	4
2.1.1 Procesamiento húmedo	4
2.2 Situación del beneficiado húmedo en Honduras	5
2.2.1 Beneficiado en centrales de acopio	6
2.2.2 Beneficiado en las fincas	6
2.3 Efectos ambientales del beneficiado del café	7
2.3.1 Efecto sobre la calidad ambiental	7
2.3.2 Efectos sobre las condiciones de vida	9
2.3.3 Efectos sobre la calidad del grano producido	11
2.3.4 Efectos por el consumo de energía en el beneficiado	11
2.3.5 Efectos sobre las condiciones de la cuenca hidrográfica	11
2.4 Posibles alternativas de solución	12
2.4.1 beneficiado amigable con el medio (BAM)	12
2.5 Cadena de comercialización	14
2.6 Rentabilidad de la actividad cafetera	15
2.7 Experiencias en la aplicación de políticas económicas de control de contaminación en punto	16
2.7.1 Políticas de aguas en Honduras	18
2.7.2 Situación del sector agua en honduras	19
2.7.3 La ecuación general del balance hídrico	21

2.8	Teoría económica que se aplicarán	23
2.8.1	Optimalidad Paretiana	23
2.8.2	Maximización de ganancia con un insumo y un producto	23
2.8.3	Costos retornos y ganancias desde la perspectiva del producto	24
2.8.4	Soluciones de mercado: el enfoque de Coase	24
2.8.5	Estrategias basadas en incentivos: permisos negociables de descarga	26
2.8.5.1	Sistema de estándares	26
2.9	Programación lineal	27
2.9.1	Requerimientos para construir un modelo de programación lineal	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1	Descripción del área de estudio	28
3.2	Descripción de la cuenca del río Frío, en el municipio de San Nicolás departamento de Santa Bárbara.	28
3.3	Descripción del problema de beneficiado en el Municipio de San Nicolás	29
3.4	Material experimental	33
3.4.1	Descripción de la población en estudio	33
3.4.2	Fuentes de la información utilizadas	33
3.4.3	Información secundaria empleada	34
3.4.4	Organización de la información	34
3.5	Modelo a utilizado para analizar	36
3.6	Análisis de la información	38
3.7	Construcción del modelo lineal en GAMS	39
3.8	Mapas elaborados con SIG	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1	Condiciones actuales e ideales para realizar un beneficiado amigable al medio	40
4.2	Análisis de calidad del agua	41
4.3	Producción de café en la cuenca	45
4.4	Estimación del día pico de cosecha	45
4.5	Disponibilidad de agua en la cuenca del río Frío	45

4.6	Optimización de la función	50
4.6.1	Determinación de costos variables de beneficiado y transporte	50
4.6.2	Costo de flete por Kilómetro por saco de café	51
4.6.3	Aplicación del modelo matemático	52
4.6.4	Soluciones óptimas para los siguientes términos de intercambio	52
4.6.5	Un estándar externo del 70% de descargas con diferentes montos de inversión	52
4.6.6	Un monto óptimo de inversión aplicado a diferentes estándares externos desde cero control hasta 70%	54
4.6.7	Monto óptimo aplicado a diferentes controles a nivel de planta, iniciando con cero control hasta 70%	54
4.6.8	Ubicación y número de plantas en el punto de solución óptima	55
4.6.9	Solución con una reducción a la mitad de disponibilidad del agua	59
4.6.10	Solución si se duplica la producción en la cuenca	60
4.7	Costos rentabilidad e incentivo económico	61
4.7.1	Incentivo bajo el principio de la optimalidad de Pareto	61
4.7.2	Costos y rentabilidad del productor	61
4.7.3	Ganancia del exportador	63
4.7.4	Estimación del incentivo	65
4.7.5	Café de Marcala	66
4.7.6	Condiciones actuales del mercado del café	66
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1	Conclusiones	69
5.2	Recomendaciones	70
VI.	LITERATURA CITADA	71
VII.	ANEXOS	75

González López, José. 2000. Economic Incentives Influence in The reduction of contaminants in coffee processing plants in the basin of The Rio Frio River, Honduras. Thesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. 92 p

Key words: coffee production, coffee processing, linear programming, water pollution, Honduras.

SUMARY

Coffee production is one of the most important sources of income in rural Honduras.

This study addresses two important problems in Honduras' coffee production:

1) the contamination of rivers and streams due to uncontrolled traditional processing practices; and 2) a reduced export price due to a penalty imposed on Honduran coffee due to lack of centralized processing plants, which would guarantee product quality control. A system of centralized processing plants, which would guarantee product quality as well as reduce water pollution in proposed.

A linear programming model was developed to determine a minimum cost processing strategy in Rio Frio basin in the municipality of San Nicolas, in western Honduras. This basin, which covers 86 Km² sustains 1137 producers whit a total output of 40736 46 kg sacks of coffee. Coffee production is the predominant economic activity in this area.

Fixed and variable cost of processing and transportation cost where minimized subject to transportation restrictions, water needs, and capacity requirements.

Secondary data was obtained from The Honduran Coffee Institute (IHCAFE) and from a Geographic Information System maintained by CIAT. Five low- Pollution processing technologies, approved by IHCAFE, were considered. After consultation whit local growers and extension agents, over forty different plant locations, whit sufficient water flows, were proposed and imputed into the optimization model. Using the program GAMS, an optimal solution was obtained which determined the quantity and type of centralized processing facility, the plants locations, as well as required investment.

With an initial investment of US\$ 667,000 a solution with 15 processing plants, utilizing two of the proposed five technologies was encountered. A sensitive analyses was performed to demonstrate how this solution changes with increased investment, decreased water availability, and increased production. Given water and transport requirements it was show that certain streams would not support a duplication of production in the basin.

The plan presupposes that coffee farmers, who currently process their own yield, would be willing to forego decentralized processing and sell unprocessed beans to processing plants. In order to guarantee that coffee producers' profit would not be reduced by the imposition of centralized processing, a financial incentive, which compensate farmers for the loss of their processing activities, was calculated. Since the penalty imposed on Honduras' export price the study concludes that the proposed plan is a Pareto superior solution.

González López, José. 2000. Influencia de los incentivos económicos en la reducción de contaminantes de los beneficios de café en la cuenca del Río Frio, Honduras. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. 92 p.

Palabras Claves: solución óptima, minimización, Pareto superior, optimalidad Paretiana, beneficiado del café, función de ganancia.

RESUMEN

El presente es un trabajo que trata dos problemas presentes en la caficultura. El primero es estudiar la reducción de la contaminación en el proceso de beneficiado, proponiendo una reducción en el número de plantas que realizan esta operación. El segundo problema a resolver es la eliminación de la penalización que paga la caficultura que no tiene un proceso a escala, que produzca un café de calidad, entre más dispersas sean las actividades de beneficiado en una región menos uniformidad tendrá el grano producido.

El estudio se llevó a cabo en el municipio de San Nicolás, en el Occidente de Honduras, se trabajo en la cuenca del río frío, donde se realizó un censo de todos los Productores de la zona, encontrándose 1137 en una cueca de 86 Km² con una producción de 407361 sacos de café, procesados en igual número de fincas en plantas de beneficiado, siendo la caficultura la actividad principal de los habitantes del lugar.

Para lograr eliminar el beneficiado que realizan los pequeños productores se tendrá que pagar un incentivo económico que cubra la ganancia marginal que tiene el productor al realizar todo el proceso.

Se elaboró un modelo de programación lineal para minimizar el costo de transporte sujeto a seis restricciones; la producción de café en el periodo pico que deberá ser menor a la capacidad instalada de procesamiento, la distancia máxima al beneficio más cercano, al agua disponible por beneficio para todo beneficio, la tasa de conversión aplicada en las transacciones comerciales, a la suma de los contaminantes generados y al monto total invertido en el proyecto.

Se utilizo el programa GAMS para obtener la solución optima, que determine el número óptimo de plantas que deben operar en una cuenca, tipo de beneficios, ubicación óptima, control de contaminantes, cantidad de agua utilizada en el proceso, distribución del café de las fincas por los distintos beneficios que se abrirán y el costo de la función objetivo por año.

En la solución optima se encontró que el monto de inversión es de 667 mil dólares, el costo de la función objetivo es de 138 mil dólares por año, el numero de plantas que debe operar en la cuenca es de 14.67, de las cuales 7.67 deben ser del modelo 5 o tipo central, complementado con 7 modelo 2, si se redujera la disponibilidad del agua a la mitad, cambiaría la ubicación de las planta hacia el punto donde haya disponibilidad del recurso, si se duplicara la producción de café en la cuenca, existe la posibilidad que una de las secciones del río se seque. La contaminación generada puede cambiar del actual 100% a un 30%.

Para mantener las condiciones del productor, se estimó el valor del incentivo a pagar fijado en US\$ 5.75 por saco. Es probable que las condiciones del productor con el proyecto mejoren con el tiempo, porque si se logra crear una imagen y un producto de calidad es posible eliminar el castigo, y una vez establecida esta condición poder aspirar a obtener el premio por la calidad.

LISTA DE CUADROS

	PAGINA	
Cuadro 1	Distribución porcentual de los componentes del café	7
Cuadro 2	Componentes de la pulpa de café	7
Cuadro 3	Elementos minerales presentes en la pulpa y mucílago del café	8
Cuadro 4	Características bioquímicas de aguas descargadas por diferentes fuentes	10
Cuadro 5	comparación entre los promedios de contaminantes presentes en la pulpa y el máximo permitido	10
Cuadro 6	Descripción de los modelos de beneficios de café propuestos por el IHCAFE	13
Cuadro 7	Condiciones de la distribución del agua en Honduras	20
Cuadro 8	Condiciones actuales del beneficiado y sus instalaciones	40
Cuadro 9	Condiciones ideales del beneficiado según el modelo diseñado	41
Cuadro 10	análisis físico, químico y biológico en el río Frío, Santa Bárbara, Honduras	42
Cuadro 11	Caudales mensuales en l/s, de los afluentes de la cuenca del Río Frío, Santa Bárbara, Honduras	46
Cuadro 12	Caudales mensuales ajustados en l/s con el consumo doméstico y consumo por beneficiado del café, de los afluentes de la cuenca del Río Frío, Santa Bárbara, Honduras	46
Cuadro 13	Costos de beneficiado y transporte del productor en US \$	51
Cuadro 14	Costo por kilómetro por quintal cereza y pergamino seco en US \$	52
Cuadro 15	Diferentes niveles de inversión versus un nivel de contaminación estándar de 70% establecido externamente.	53
Cuadro 16	Capital base aplicado a diferentes tipos externos de estándar con cero control, 50 y 70%.	54
Cuadro 17	Resultados de aplicar diferentes nivel de control a nivel de planta	55
Cuadro 18	Numero de plantas en el punto de solución óptima con Diferentes montos de inversión	55

Cuadro 19	Ubicación óptima de las plantas de procesamiento por río y Beneficio seleccionado	57
Cuadro 20	Ubicación óptima de las plantas de procesamiento en el caso que el agua escaseara a la mitad	59
Cuadro 21	Resultado de la duplicación de la producción en la zona de estudio	60
Cuadro 22	Costos de procesamiento del productor con y sin el proyecto	61
Cuadro 23	Rentabilidad del productor con y sin el proyecto sin castigo internacional, con un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 Kg	62
Cuadro 24	Rentabilidad del productor con y sin el proyecto con castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 kg. Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 kg	63
Cuadro 25	Rentabilidad del Exportador con y sin el proyecto con castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 kg. Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 kg, durante los primeros 10 años del proyecto.	64
Cuadro 26	Rentabilidad del Exportador con y sin el proyecto sin castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 Kg Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 Kg durante el período de pago de la infraestructura.	64
Cuadro 27	Rentabilidad del Exportador con y sin el proyecto sin castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 kg. Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 kg después del período de pago de la infraestructura.	65

LISTA DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1	Procesamiento básico del café, sin hacer consideraciones ambientales realizado por el productor de café	5
Figura 2	Procesamiento del café incluyendo consideraciones ambientales	14
Figura 3	Diagrama de la comercialización en Honduras	14
Figura 4	Costo físico total, valor del producto total, y ganancias	24
Figura 5	Reparación de la externalidad por medio de la negociación	25
Figura 6	DQO encontrado y permitido en la cuenca del río Frío	43
Figura 7	DBO encontrado y permitido en la cuenca del río Frío	43
Figura 8	Coliformes totales encontrado y permitido en la cuenca del río Frío	43
Figura 9	Disponibilidad diaria de agua en la cuenca del Río Frío, durante el período octubre 1997 a mayo de 1998.	47
Figura 10	Caudal total disponible en la cuenca del Río Frío durante el período octubre 1997 a mayo de 1998	48
Figura 11	División de la cuenca del Río Frío en secciones o áreas para la medición de caudales	49
Figura 12	Niveles de inversión versus un nivel de control estándar de descargas del 70% establecido externamente	53
Figura 13	Ubicación de los Beneficios propuestos al modelo para optimización en la cuenca	56
Figura 14	Beneficios seleccionados en la solución óptima por el modelo con un monto de inversión de 534 mil dólares	58
Figura 15	Beneficios seleccionados en la solución óptima por el modelo con un monto de inversión de 667 mil dólares	58
Figura 16	Escenario con una reducción de la disponibilidad del agua a la mitad	59
Figura 17	escenario con una duplicación del café en la cuenca.	60
Figura 18	Condiciones actuales del mercado del café	67

Figura 19	Comportamiento del mercado internacional para café de calidad	68
Anexo 1	Modelo GAMS, elaborado para optimizarla función objetivo	76

I INTRODUCCIÓN

1.1 Caracterización del problema

El cultivo del café es el principal rubro de exportación en la república de Honduras y una de las actividades agrícolas de mayor importancia, Ya que esta se lleva a cabo en 15 de los 18 departamentos del País. Se cultivan alrededor de 250 000 hectáreas en 85 000 explotaciones en su mayoría de pequeños productores, en las cuales el 92% de los propietarios son productores con superficies menores de 7 hectáreas (Pineda, 1997).

En Honduras en cada cosecha de café se producen aproximadamente 272 000 toneladas de pulpa fresca y 136 000 toneladas de mucílago (Pineda,1997) Estos residuos sin procesamiento alguno se convierten en contaminantes del ambiente. El efecto de esta contaminación es acumulativo en el tiempo y más grave en el caso de acuíferos, lagos y lagunas ya que estas tienen un poder autodepurativo menor que las aguas fluyentes. En estos casos parte del oxígeno que se encuentra disuelto, se consume al oxidar la materia orgánica. Cuando existe un exceso de esta materia en el agua, el oxígeno puede agotarse totalmente provocando la muerte de los organismos aeróbicos (peces, insectos, plantas). Además, el remanente de materia orgánica produce malos olores, proliferación de moscas y otros insectos molestos (González, *et al*, 1994). Según Jacquet (1993) el problema de la contaminación tiene relación directa con el número de beneficios de café y el nivel de diseño técnico de los mismos, ya que para cada tipo de planta hay un nivel de descargas predeterminado inherente al diseño.

El beneficiado en Honduras es una actividad más empírica que técnica, donde cada productor es beneficiador de su propia producción, generando así mayor dispersión de la contaminación. El productor de café hondureño realiza el beneficiado de su café en la propia finca.

Esto tiene efectos negativos tanto en la calidad del café como también en el ambiente por la deposición de los residuos en las cuencas hidrográficas, cargándolas en época de cosecha, de residuos contaminantes perjudiciales para la salud del hombre (Osorio,1997).

El presente trabajo tiene como propósito plantear una estrategia que contribuya a reducir el número de beneficios para tener un mejor control de las descargas que cada beneficio emite. De igual manera pretende desde el punto de vista del manejo integral de cuencas presentar una opción técnica que conlleve a la preservación y buen manejo de los recursos disponibles.

1.2 Justificación

La caficultura en Honduras, ha tenido un considerable incremento tanto en área sembrada como en la producción del país. Un aumento que no ha tenido ningún control, ni ha obedecido a una política cafetalera definida. Si bien es cierto es una actividad que beneficia a muchas familias, requiere de un mejor manejo de las actividades del cultivo, en el que se incluyan las consideraciones ambientales, que permitan la sostenibilidad de la misma en el largo plazo. El principal problema que se genera es la contaminación del agua.

Siendo la causa principal del problema, el procesamiento del café. Que se realiza en forma individual por mas de 44 mil familias, de forma rudimentaria y sin control alguno. Para reducir la contaminación es necesario un sistema de beneficios centrales, a fin de concentrar el producto para tener mayor control de calidad en el grano y mejorar el manejo de los residuos.

Esta investigación esta orientada a analizar el número de beneficios de café que debería tener una zona productiva, minimizando el costo de inversión, cuando hay una política de tratamiento de aguas residuales, que restringen la operación.

Así como restricciones de tiempo, costos de transporte, agua disponible en la cuenca y capital de inversión limitado. En tal sentido se eligió la cuenca del Río Frío porque reúne las características principales del problema, ofreciendo la posibilidad de realizar un estudio completo, que sirva como un modelo a seguir en el manejo de políticas de expansión del cultivo del café, y como una metodología a seguir en el manejo y tratamiento de los residuos de las cosechas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

El objetivo general de este estudio es:

Diseñar una estrategia de beneficiado centralizado, para que aporten información para el mejoramiento de la calidad del café y la reducción de contaminantes.

1.3.2 objetivos específicos:

este estudio tiene los siguientes objetivos específicos:

- 1- Describir el proceso de beneficiado húmedo realizado por los productores de café, detallando cualitativa y cuantitativamente el tipo de contaminantes que emanan del procesamiento, caracterizando las repercusiones negativas que tiene el proceso de beneficiado desde la perspectiva del manejo de cuencas;
- 2- Determinar mediante programación lineal, ante varios escenarios planteados y utilizando datos provenientes de fuentes secundarios, el número óptimo de beneficios de café que deberán operar con un costo total mínimo, en la zona de estudio; y
- 3- Estimar el valor económico del incentivo que será aplicado a los productores que se integren en el nuevo proceso de beneficiado centralizado.

1.4 Hipótesis:

Ete estudio intenta probar las siguientes hipótesis:

- 1- El cambio del sistema tradicional de beneficiado al centralizado esta en función del incentivo;
- 2- El valor del incentivo mencionado es menor que el premio que recibe el café de las cooperativas en el ámbito internacional;
- 3- El proceso de beneficiado es dependiente de la disponibilidad total del agua en la cuenca aun con una duplicación de la producción del café;
- 4- Es posible realizar el beneficiado con una duplicación en de la producción en la cuenca;
- 5- El proyecto será factible solamente con un monto óptimo; y
- 6- El mejoramiento del ambiente es dependiente del cambio en el sistema de beneficiado.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Beneficiado del café

El beneficiado del café, es el proceso mediante el cual se logra separar la pulpa o epicarpio del mucilago o mesocarpio del grano o semilla. Este se puede realizar por dos vías: la vía completamente seca y la húmeda (Cleves,1995). La primera como su nombre lo indica es un procesamiento en seco donde luego de secar la fruta entera se retira con trilladoras especiales el grano del resto de la fruta. Es muy utilizada en Brasil y la mayoría de países africanos que producen café de tipo fuerte, mientras que la segunda es un proceso que requiere agua para hacer la separación de las partes del fruto y se utiliza en los países y regiones como México, Colombia, América Central y el Caribe, los que se ubican en la región productora denominada otros suaves (IHCAFE,1995). En el primero de los casos se trata de café robusta del género *Coffea canephora*, cuyas características degustativas son fuertes (Oseguera *et al.*,1997); mientras que las variedades de café cultivadas en América Latina, son en su mayoría del genero *Coffea arabica* y en consecuencia son genéticamente de sabor suave (Oseguera *etal.*,1997). Lo que se persigue al realizar un beneficiado húmedo es mantener la calidad intrínseca a la especie cultivada, porque si se optara por un beneficiado seco, se tendría un sabor de taza vinoso por el exceso de fermentación de las cerezas (Cleves,1995) lo que trae como consecuencia un castigo en el precio pagado en el mercado internacional (OCI, 1998),

2.1.1 Procesamiento húmedo

Dicho proceso se realiza en diferentes etapas: recolección de las cerezas, acopio en la tolva sin agua, despulpado, fermentado, lavado, secado. Figura 1.

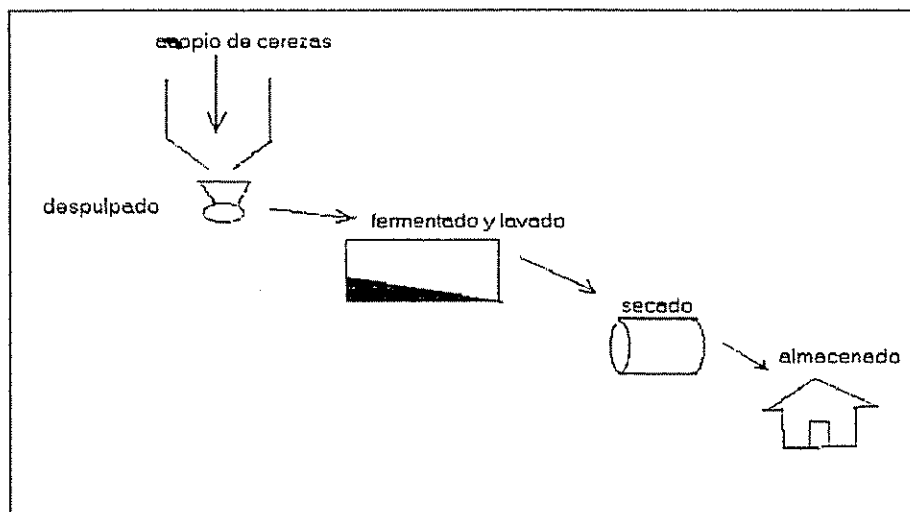


Figura 1. Esquema del procesamiento básico del café, sin hacer consideraciones ambientales realizado por el productor de café (Jacquet,1993).

Lo anterior es un diagrama del proceso húmedo sin consideraciones ambientales, únicamente para ilustrar el camino que sigue este tipo de beneficiado para obtener el producto final, el grano de café.

Jaquet (1993) admite que el uso del método húmedo lleva a un tipo de café oro que cumple con todos los requisitos de calidad, pero conlleva a la dificultad de remover la pulpa de frutos inmaduros. Además de que las cerezas inmaduras provocan sabores indeseables, el lavado de los granos después de la fermentación es generalmente concomitante a la clasificación por flotación, lo que completa la separación de los granos de calidad inferior. El contacto de los granos con el agua origina una disminución de la amargura y aumento de la acidez, lo que se revierte en un buen sabor del café en las evaluaciones que realizan los catadores del mismo.

2.2 Situación del beneficiado húmedo en Honduras

el beneficiado del café es una actividad, que se realiza mediante dos sistemas metodológicos: por medio de centrales de acopio y en la finca del productor. En la finca del productor es donde se realiza la mayor parte del beneficiado nacional.

El productor termina su trabajo dejando el café en pergamino húmedo o secándolo. Esta es la primera etapa donde el productor entrega el grano al exportador en pergamino seco a un 30% de humedad, seguido de una segunda etapa de preparación final para la exportación conocido en Honduras como beneficiado seco, que es una tarea de secado, clasificado y pulido de los granos que realizan las casas exportadoras. Palma. *Etal.*,(1997)

2.2.1 Beneficiado en centrales de acopio

En la década de los años setenta, el IHCAFE construyó 13 centrales de beneficiado con capacidad de procesamiento de 2000 quintales de cereza. En 8 de lo 15 departamentos que producen café en el país, de las cuales en la actualidad solo funcionan tres. El fracaso del proyecto fue que para su implementación no se consultó con los productores, sino que se inició como un mandato institucional y esto condujo a un proceso sistemático de

Desinformación, que llevó al mal manejo y consecuente fracaso del mismo. En la actualidad productores individuales han construido 20 pequeñas centrales que manejan un 10% del la producción nacional (Pineda, 1998).

2.2.2 Beneficiado en las fincas

Esta es una práctica generalizada en todo el país, procesándose de esta manera tres millones de sacos (90%) de la producción nacional. Existen alrededor de 44 mil beneficios, mayoritariamente pequeños, tienen una estructura básica que consta de una pila de fermentación y lavado del café y una despulpadora No. 2. Los medianos y grandes productores tienen una estructura más completa, con algún grado de mecanización al utilizar motores de combustión para realizar las tareas. La estratificación de los productores se hizo basándose en el registro nacional de productores del IHCAFE. El que toma como base de la clasificación, la producción de cada uno; es así como se ubican un 93 % de los productores con cosechas menores a 100 quintales, 6.5% producen entre 101 a 500 quintales y el 0.5% restante produce arriba de 500 quintales (Pineda, 1998).

2.3 Efectos ambientales del beneficiado del café

2.3.1 Efecto sobre la calidad ambiental

El efecto principal de la calidad ambiental, es la contaminación de carácter orgánico, el cual es generado por los desechos o partes no comerciales de la fruta, los cuales son vertidos en las corrientes de aguas donde se encuentran las pequeñas plantas de procesamiento de los productores. Para una mejor idea se describen a continuación la composición del grano de café en porcentaje.

Cuadro 1 Distribución porcentual de los componentes del café

Material	Contenido en %
Pulpa	40
Mucilago	22
Café oro	20
Cascarilla	18

Fuente: Orozco *et al.*, 1992.

De las partes anteriores la pulpa y el mucilago son los que producen la contaminación. Juntos constituyen el 62% del peso del producto. Jaquet. (1993) describe la pulpa como un subproducto abundante, sólido y húmedo que contiene alrededor de 86% de agua. La preparación de una tonelada de café oro requiere la separación de 2.5 toneladas de pulpa húmeda. Los principales compuestos presentes en la pulpa son los siguientes:

Cuadro 2. Componentes de la pulpa de café

COMPONENTE	CONTENIDO
Hemicelulosa	11.2%
Celulosa	18.6%
Lignina	17.1%
Proteínas totales	10.6%
Azúcares totales	19.9%
Taninos	
Ácidos clorogénicos	3.4%
Cafeína	1.2%

Fuente: Jaquet, 1993

Para realizar el procesamiento de separación de la semilla del resto de la fruta Bailly *et al.* (1992) estimaron que se consumían 40 litros de agua por kilo de café oro, las que al retomar al cauce se mezclan con el agua de las fuentes, por lo que se considera esta actividad como una de las agroindustrias más sucias.

Tanto la pulpa como el mucílago son voluminosas y perecibles. Tienen un alto contenido de azúcares (19.9%) y agua (86%) originando rápidos procesos de fermentación con olores ofensivos y proliferación de moscas. El recurso de algunos beneficiadores de lanzarla a los ríos, es letal para las formas de vida en el propio cuerpo receptor y nocivo para el entorno. Echeverría *et al.* (1998). Pineda, (1997) encontró los siguientes niveles de presencia de elementos en la pulpa y mucílago.

Cuadro 3. Elementos minerales presentes en la pulpa y mucílago del café

Descripción	Unidad	Pulpa	Mucílago
pH		4.4	4.9
Materia orgánica	%	17.2	6
Fósforo	ppm	82	162
Potasio	meq/100gr	6.8	4.0
Calcio	meq/100gr	15.7	10.75
Magnesio	meq/100gr	8.2	2.7
Aluminio	meq/100gr	0.1	0.14
Hierro	ppm	203	263
Cobre	ppm	2	7
Zinc	ppm	9	7
Manganeso	ppm	198	138

Fuente: Pineda, 1997.

Luego que se vierten la pulpa y mucílago a las corrientes de agua estos alteran la composición de la misma así como las condiciones de vida de los organismos que viven en ella.

Por otra parte, González. (1996) encontró que la pulpa almacenada a temperatura ambiente de 28 °C alcanzó en promedio 70 °C producto de la fermentación

anaeróbica del substrato, haciendo que emanen del medio, gases con olorés desagradables, posteriormente cuando la temperatura se estabiliza a 34 ° C es invadido por moscas las que ponen sus huevos aprovechando el de alto contenido de proteínas 10.6% , (Jaquet 1993), que le brindan un lugar seguro para alimentar la crías. esto representa una amenaza para la salud del productor, su familia y los vecinos. González, (1996).

Cleves, (1995) menciona que el poder contaminante de la pulpa aumenta cuando ésta se transporta y separa por vía húmeda, esto retarda su descomposición, dificulta el manejo y prolonga el problema por todo el tiempo que le tome descomponerse.

Se estima que el despulpado 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. El agua de lavado es considerada menos contaminante que el agua de despulpado es rica en pectinas, azúcares, ácidos grasos volátiles. Tiene cierta concentración de polifenoles, que le dan 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 (Molina. 1999).

2.3.2 Efectos sobre las condiciones de vida

La fuerte competencia entre las necesidades para beneficiar y para el uso doméstico repercute negativamente en la reducción de agua para el consumo humano durante la época de cosecha. (Bailly *et al.*, 1992).

En aquellas comunidades donde se abastecen de una fuente superficial única de agua, el problema es más notorio debido a la fuerte demanda del líquido en la época de recolección. Lo que ha conducido a las autoridades civiles de las comunidades a regular el uso del agua en la época de recolección y restringirlo únicamente para el consumo doméstico (González, 1996)

Cuadro 4 Características bioquímicas de aguas descargadas por diferentes fuentes

parámetro	Fuente de descargas		
	Agua potable	Aguas negras (mg/L)	Aguas mieles (mg/L)
pH	7	6.5	3.7
Acidez	0	60	3000
Demanda Química O ₂	2	500	15000
Demanda Biológica O ₂	1	250	9000
Nitrógeno amoniacal	0	25	40
Sólidos totales	500	800	12000
Coliformes totales nm/100 ml	0	50x10 ⁶	0
Oxígeno disuelto	65	0	0
Sólidos Solubles Total	0	500	3600

Fuente: SERNA, 1995

Como se aprecia en el Cuadro 4, el agua miel proveniente del beneficiado del café es doblemente más ácida que las aguas servidas, posee gran concentración de contaminantes exceptuando la concentración de coliformes totales que son mayoritarias en las aguas servidas.

El estudio estima que un habitante genera 67 g./día de DQO. Mientras un Kilogramo de pulpa y mucílago genera 114,8/día de DQO. Es decir, este último genera un 70% más de contaminantes que habitante promedio.

Honduras tiene una población de seis millones de habitantes, pero adicional a la contaminación que la población genera, se tiene por causa de residuos del café, una contaminación adicional equivalente a una población de 21 millones de habitantes.

El nivel de contaminantes contenidos en las aguas presentados por Echeverría *et al.* (1995) contrastan con los niveles máximos permitidos presentados por Pineda (1998).

Cuadro 5 comparación entre los promedios de contaminantes presentes en la pulpa y el máximo permitido.

Parámetro	Promedios mg/l	Máximo permisible mg/l
DQO	450 a 11,710	200
Sólidos suspendidos	70 a 850	1
Sólidos totales	2687	100

Fuente: Echeverría *et al.*, (1995) Pineda, (1998)

Los niveles analizados del agua de despulpado presentado por Echeverría *et al.* (1995) superan sustancialmente los niveles máximos permisibles que presenta Pineda (1998), lo que deja muy claro el poder contaminante de los subproductos del café.

2.3.3 Efectos sobre la calidad del grano producido

La escasez de agua que conduce a restringir la utilización para consumo doméstico, obliga a los productores a instalar sus beneficios a lo largo de los ríos y riachuelos; los que se ubican río abajo, procesan su café con agua contaminada, repercutiendo en la mala calidad del grano que se obtiene al fin del proceso. (Bailly *et al.*, 1992).

2.3.4 Efectos por el consumo de energía en el beneficiado

En el beneficiado de café, una de las áreas críticas en cuanto al consumo de combustibles biomásicos, fósiles y electricidad es el secado. En general, los hornos de las plantas beneficiadoras centroamericanas consumen entre 100 y 1000 Kw durante el funcionamiento del sistema, según la capacidad de secado (quintal /hora). En el caso de combustibles biomásicos se ha estimado un rango de 7 a 10 kg de leña o cascarilla / quintal de 46 kg de café en oro producido. Mientras que en hornos más modernos y eficientes, es posible lograr consumos de 4 a 5 kilos. El sector cafetalero consume entre el 10 y 15 % de la leña que se emplea en la región haciendo que su precio experimente aumentos en alrededor del 25% (Blanco *et al.*, 1999). Mientras que el consumo de combustibles representa aproximadamente el 10.6% de los costos de procesamiento (OIC, 1995).

2.3.5 Efectos sobre las condiciones de la cuenca hidrográfica

Pese a que el café bajo sombra en Honduras ha sido, en su fase productiva, amigable con el ambiente por el uso de árboles de diversas especies como sombra lo que ha contribuido a la conservación de los ecosistemas, pero esta fase de sostenibilidad se contraponen a los efectos negativos que tradicionalmente han estado asociados al proceso de beneficiado. Este queda evidenciado en las siguientes situaciones:

- Contaminación de cuerpos de agua por vertido de pulpa y aguas residuales
- Contaminación del suelo por ácidos orgánicos que lo acidifican y ocasionan la quema de plantas reduciendo su capacidad productiva Blanco *et al.*, (1999), Salas *et al.* (1983), encontraron que al utilizar agua contaminada para irrigar tomate (*Lycopersicon esculentum*) se redujo la producción en un 20%, mientras que en frijol (*Phaseolus vulgaris*) se redujo la producción en un 47% y la germinación en un 33%.

- Efecto negativo sobre las comunidades vecinas, en términos de actividades agrícolas, pesca y recreación. (Blanco *et al.*, 1999).
- Competencia por agua con centros de población.
- Deterioro estético del ambiente, por la apariencia del agua contaminada y las acumulaciones de pulpa.
- Contaminación del aire por causa de olores desagradables provenientes de la descomposición de la pulpa.
- Deforestación generada por la creciente demanda de leña para el secado del grano (Blanco *et al.*, 1999).
- Traslado de sedimentos entre mayor es la cantidad de sedimentos arrastrados por los ríos, mayor es el gasto en que tiene que incurrir. En algunas oportunidades estos costos son aún mayores, pues la cantidad de elementos arrastrados por las aguas no solamente incrementan los costos operativos, sino que pueden dañar las plantas de tratamiento en el caso de represas, tomas de agua potable o de riego (Alfaro *et al.*, (1988). Por otro lado, es necesario estudiar los cambios que pueden provocar la alta presencia de este material de desecho en la calidad del agua, ya que pueden ser necesarios para la resolución de ciertos problemas específicos, Por ejemplo, investigaciones sobre la pérdida del poder fertilizante, o estudios sobre la calidad del agua natural de los iones Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , sedimentación y temperatura del agua (Toebe *et al.*, 1970).

2.4 Posibles alternativas de solución

2.4.1 beneficiado amigable con el medio (BAM)

Se define como beneficiado ecológico del café, al conjunto de operaciones que se realizan para transformar el café cereza en café pergamino seco utilizando para ello volúmenes de agua adecuados, estrictamente necesarios. Haciendo un uso racional de los subproductos resultantes, (Urive *et al.*, 1997).

El beneficiado amigable al medio incluye transformaciones en la recepción de las cerezas, recirculación del agua, modificación en la técnica del despulpado, técnicas para acelerar la fermentación de la pulpa, encontrar otros usos a los subproductos que se generen del beneficiado, (Jaquet, 1993), con el fin de reducir el consumo de agua, producir menor volumen de agua residual, mínimo consumo de energía, minimizar el impacto de la contaminación ambiental (Barrios, 1995). Una mejor presentación del mismo se ilustra en la Figura 2, en donde el proceso reduce el uso

del agua en el beneficio: eliminando el agua como medio de traslado de subproductos y del grano, reutilizando las aguas provenientes del lavado del grano, tratamiento de los desechos sólidos y líquidos que provenientes del beneficio, acumulando en sitios especiales la pulpa. para hacerle un tratamiento y transformarla en abono orgánico, depositando las aguas residuales en lagunas de tratamiento para sedimentar las mieles y luego aprovecharlas. El IHCAFE, ha evaluado cinco modelos de beneficios, tipo 1,2,3,4 y 5, los que se detallan a continuación, (Pineda, 1997).

Cuadro 6 Descripción de los modelos de beneficios de café propuestos por el IHCAFE

Beneficio Modelo	Descripción del beneficio	Capacidad de Procesamiento en sacos 46 kg	Consumo de agua en litros /qq
1	Máquina despulpadora No 2 Pila de madera para Fermentación Movimiento manual de la despulpadora Transporte manual de la pulpa	Hasta 25	507
2	Máquina despulpadora No 2 o 3 Pila de cemento para fermentar Movimiento de la maquina con motor Transporte manual de la pulpa	100	501
3	Máquina despulpadora No 2 o 3 Pila de cemento para fermentar Movimiento de despulpadora con motor Transporte hidráulico de la pulpa	500	300
4	Sifón recibidor Pila de cemento para fermentar Movimiento de máquina con motor Transporte hidráulico de pulpa Transporte hidráulico de café Canal de clasificado	1000	300
5	Una represa 1 o 2 tolvas de recibo Proceso mecanizado de despulpado Tornillo helicoidal Seis pilas para fermentar café 200 m ² de patio para secado Secadora tipo cilindro	5000	300

Fuente: Pineda, 1997

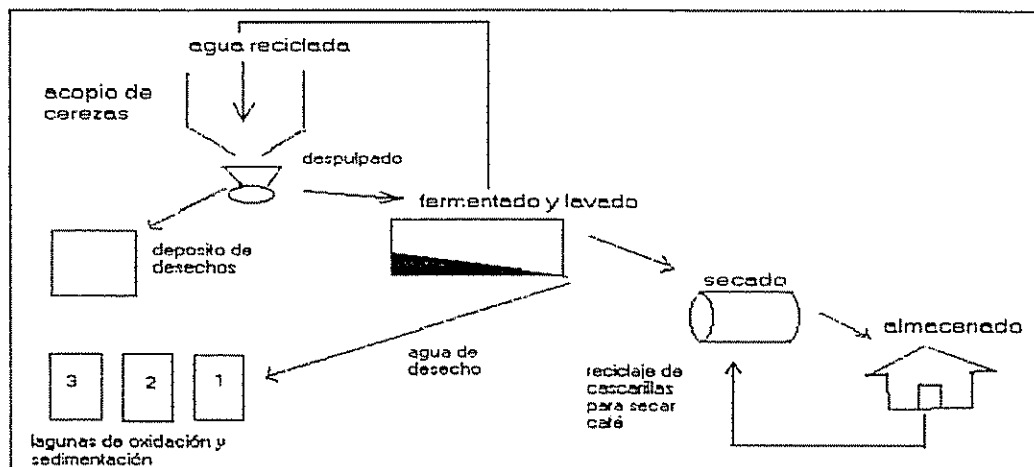


Figura 2. Procesamiento del café incluyendo consideraciones ambientales (Jaquet,1993)

2.5 Cadena de comercialización

En la Figura 3 se muestra el flujo que sigue la comercialización del café en Honduras, Palma *et al.*,(1997)

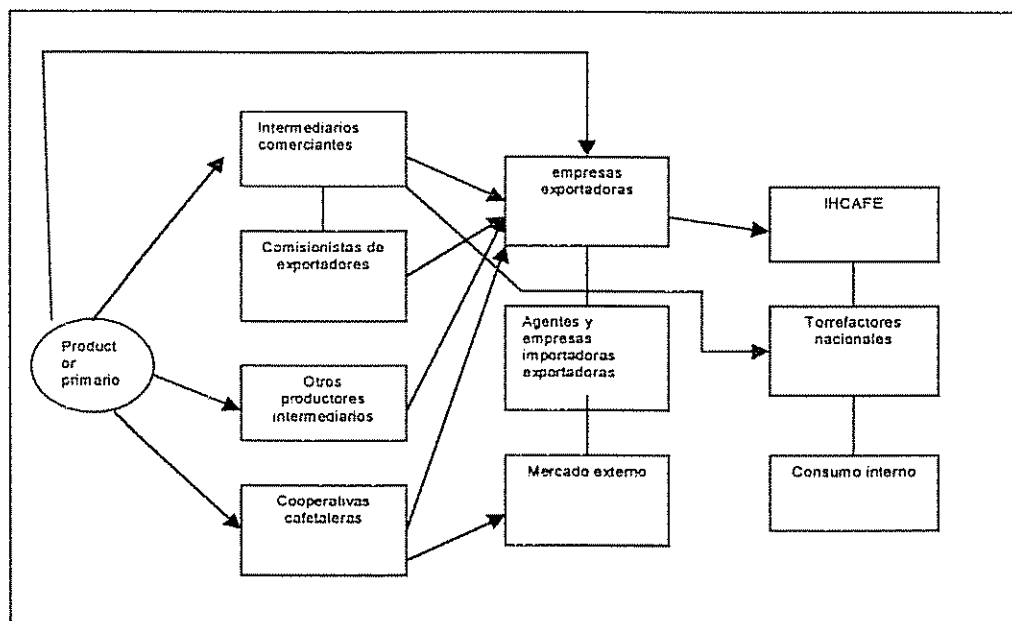


Figura 3. Diagrama de la comercialización del café en Honduras

En Honduras la mayor parte del café se comercializa por medio de intermediarios, que por lo general, son agentes de los exportadores, quienes le financian las compras. Según datos del censo nacional de 1991, los intermediarios compraron el 81% del total, las compras directas de los exportadores fueron el 9% las cooperativas compraron el 10 % de la producción de ese año.

Las exportadoras realizan sus transacciones con los agentes compradores del exterior y entregan un 8% de la cosecha al IHCAFE para el consumo interno ya que es entregado a los torrefactores nacionales.

Existe una medida estándar para realizar las compras y ventas de los productores es una medida volumétrica con capacidad entre 19.5 a 21 litros (30- 32 libras) (Palma *et al.*, 1997).

2.6 Rentabilidad de la actividad cafetera

En 1995 el IHCAFE realizó una encuesta para conocer la rentabilidad del cultivo, encontrando que está muy relacionado con el estado en que venda el grano. Si vende el grano en forma de cereza, sin ningún proceso, obtiene una rentabilidad del 54 al 56% mientras que si vende en pergamino seco la rentabilidad pasa al 70%, pero el costo de las instalaciones más el costo de procesamiento puede llegar hasta un 26% lo que deja a los productores una rentabilidad entre 44 y 46 % . Por otro lado los productores reciben un trato injusto de parte de los compradores al momento de realizar las transacciones, ya que les piden mayores cantidades de café que las necesarias, si venden en cereza tienen que entregar 286.36 Kg. cuando lo que necesitan son 245.45 Kg., si venden en pergamino húmedo entregan 109.1 Kg. cuando lo que debería ser son 95.45kgs. En ambos casos ellos pierden buena parte de la cosecha, convirtiéndose en el principal motivo por el que los productores deciden procesar ellos mismos, el café, con el fin de no perder en la conversión (IHCAFE, 1995).

En el caso de los precios. la unidad de comercialización del mismo IHCAFE, reporta en el último informe de 1999 que un 3% de la cosecha se destino para café corriente que sumado al 8% del café de consumo interno suman un 11% del total producido.

Este es el café de tercera calidad que el productor procesa y que vende en fechas posteriores a la cosecha, lo que significa un ingreso adicional que maximiza su función de ganancias, esto justifica en parte el costo asumido por los productores de construir y procesar personalmente el café, en detrimento de la calidad del mismo en el país ya que no se procesa uniformemente y no tiene clasificación definida en el mercado internacional. Debido a esta restricción reciben un castigo de US\$ 12 por quintal, adicional a los US\$ 6 que pagan para el mantenimiento de las organizaciones gremiales cafeteras, por lo que reciben 26 dólares menos del precio asignado en el mercado internacional (IHCAFE, 1999)

2.7 Experiencias en la aplicación de políticas económicas de control de contaminación en punto

Leek (1995) en su artículo " Charges as instruments for water pollution control: the experience in Netherlands" tiene dos secciones que justifican las cargas tributarias o impositivas para control de la contaminación,

La primera explica que las cargas o impuestos por contaminar tienen como propósito financiar la política de control de contaminantes; considera que esta es la forma más eficiente para que la política tenga buenos resultados.

En la segunda parte, los cobros por descargas se orientaron como un incentivo para reducir la contaminación de punto o de la fuente así se haría un cobro directo al que contamina; esto fue introducido en 1970 haciendo uso del concepto de Pigou, el que contamina paga.

Considera el autor que esto es una alternativa ante el serio problema que representan las fuentes de contaminación en aquel país debido al uso intensivo de fertilizantes, y pesticidas.

Una experiencia interesante es la presentada por Lowgren y Karlsson (1986) acerca de la "efectividad del tratamiento terciario en el río Basin en Suecia" un estudio realizado con datos desde 1960. En este río existía el problema de

contaminación por descargas que provenían de fuentes diferentes unas eran hogares otros fábricas y agricultura. Pero también encontraron 38 tipos específicos de contaminación y con el fin de evitar un problema en aire y agua que afectara a la

población se realizaron tratamientos de aguas de tipo mecánico o primario, biológico o secundario y plantas de tratamiento como un tratamiento terciario.

Lo primero que realizaron fue delimitar el área con el problema, tratando de ubicar las fuentes de contaminación específicas para hacer un tratamiento acorde con las causas del problema, basadas en los estudios limnológicos definieron las emisiones provocaban eutroficación y que las descargas en punto fueron consideradas como la meta para conectar un 90% de los puntos a un sistema de tratamiento, hicieron una clasificación de tres etapas o segmentos, en el segmento I se ubicó una serie de numerosos lagos ubicados en la parte alta con una vegetación boscosa predominante, en el segmento II una zona de transición con áreas agrícolas y zonas cubiertas de bosque, en el segmento III tierra ocupada mayormente por agricultura.

En el análisis de los resultados se observó como la población de los segmentos creció marcándose el incremento en el segmento tres que paso de un 50% de la población urbana a un 86% mientras que los segmentos restantes crecieron un 12% entre el periodo de 1960 a 1980, durante este periodo también se vieron buenos resultados donde la población adoptó por conectarse inmediatamente a los sistemas de tratamiento de agua. Esto se observo mas a partir de 1970 y curiosamente fue en el segmento más forestado donde se adoptó más rápido estos tratamiento; muy poco se adoptó en el segmento tres, el sistema estaba diseñado para reducir las concentraciones de fósforo, considerado como el factor critico de la eutroficación, las autoridades municipales consideraron que esto se debía a la alta concentración química de los detergentes se estimó que en promedio cada persona emitía 4 gramos de fósforo por día, después de negociaciones con los fabricantes, estos cambiaron la composición química de los productos.

Para el periodo de 1968 a 1972 el uso de fosfatos decreció en un 32% y los niveles de emisión por persona bajaron a 3.2 y 3.3 gramos.

Con el tratamiento terciario se logró remover un 90% del fósforo contenido en las aguas servidas. Este proyecto tuvo un costo de 80 millones de coronas suecas. En 1970 un 98 % de la población urbana tenía tratamientos primario y secundario; 10 años después, un 100% de la población recibía un tratamiento terciario en las plantas. La efectividad de remover la contaminación en el punto de emisión fue eficiente principalmente para reducir el efecto de eutroficación.

2.7.1 Políticas de aguas en Honduras

Honduras es país firmante de la norma de calidad de agua de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y cuenta en su legislación con leyes y normas que respaldan los requerimientos de la norma internacional. Entre ellas existen algunas que incentivan la protección del recurso, tales como las que se encuentran en la ley de incentivos a la forestación, reforestación, y protección del bosque.

Que en su artículo 15 establece la promoción y el estímulo para que la ciudadanía proteja las cuencas hidrográficas a fin de asegurar el adecuado suministro de agua a las respectivas poblaciones. Se establece la elaboración y asistencia técnica gratuita para áreas no menores a cinco hectáreas, permitiéndoles cosechar libremente bienes y servicios del bosque de forma comercial según plan de manejo, y libre para consumo propio, salvo áreas de amortiguamiento de zonas protegidas, esto se logra mediante la suscripción de un contrato a largo plazo con la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (Vallejo, *etal.*, 1997)

El artículo 16 de la misma ley establece que las inversiones hechas por personas jurídicas en la protección de cuencas será deducible del impuesto sobre la renta, hasta por un monto de 100000 Lempiras anuales unos US\$ 6667.00 (Vallejo *et al.*, 1997).

La ley general del ambiente en su artículo número 108, indica que las instalaciones industriales o cualquier otra actividad ya establecida que en alguna forma contamine el ambiente y decida trasladarse a otra zona, o adquiera equipo para reducir contaminación será favorecida con una exención de pagos de impuestos de introducción, así como la deducción del monto total de la inversión del impuesto sobre la renta a cinco años plazo.

Aunque existen vacíos, aun no se han emitido los reglamentos y mecanismos administrativos económicos para su aplicación.

De forma indirecta, la ley para la modernización y desarrollo del sector agrícola establece la disminución de contaminantes que son vertidos al recurso hídrico por agroquímicos no autorizados. Vallejo *et al.*, (1997). Pero las normas existentes que

regulan la importación de agroquímicos y otros afines no está actualizada ni adecuada a los requerimientos establecidos en la ley general del ambiente ni a las normas internacionales, por lo que permite la introducción de productos que en otros países ya han sido prohibidos por su alto grado de contaminación a la salud humana, los recursos naturales y al ambiente Vallejo *et al*, (1997).

En el capítulo VII de la ley sobre el régimen de los usos especiales, en su artículo 86 se establecen ocho categorías para el uso del agua.

- Consumo humano
- Uso agrícola y pecuario
- Uso energético
- Uso industrial
- Usos mineros
- Uso medicinal e industrial
- Uso piscícola
- Uso recreativo

Para el agua de consumo humano se establecen como límites máximos, un DBO de 3, un DQO 10, coliformes totales 500, coliformes fecales 100. En tanto para el agua de uso agrícola pecuario se fijan restricciones para coliformes totales de 5000 y para fecales de 1000.

2.7.2 Situación del sector agua en Honduras

La situación del sector agua en Honduras se midió en la encuesta nacional de hogares ejecutada en 1995, la evaluación se basó en la medida de dos variables; agua para saneamiento básico y agua para consumo humano. Cifras sobre coberturas se han conformado al modelo estándar de la Organización Panamericana de la Salud OPS y la Organización Mundial de la Salud OMS, que considera dos niveles de servicio, Agua de consumo y agua de saneamiento. Estas, a su vez, se dividen por conexión y por facilidad de acceso. Mientras que por el lado del saneamiento por conexión domiciliaria y por otros medios.

Los datos de la encuesta nacional, brinda los siguientes resultados tal como aparece en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Condiciones de la distribución del agua en Honduras

NIVELES DE SERVICIO Y AREAS 1)AGUA POTABLE	COVERTURAS	NIVELES DE SERVICIO Y AREAS	COVERTURAS	NIVELES DE SERVICIO Y AREAS	COVERTURAS
a)AREA URBANA		c) PAIS		b) AREA RURAL	
Por conexión domiciliaria	82.9	Por conexión domiciliaria	59.4	Por conexión domiciliaria	4.9
Por fácil acceso	7.5	Por fácil acceso	10.7	Por otros medios	39.9
Total con sistema	90.4	Total con sistema	70.1	Total con sistema	44.8
Sin sistema	9.6	Sin sistema	29.9	Sin sistema	55.2
b) AREA RURAL		2) SANEAMIENTO		c) PAIS	
Por conexión domiciliaria	40.2	a) AREA URBANA		Por conexión domiciliaria	25.1
Por fácil acceso	13.3	Por conexión domiciliaria	49.5	Por otros medios	39.3
Total con sistema	53.5	Por otros medios	41.4	Total con sistema	64.4
Sin sistema	46.5	Total con sistema	90.9	Sin sistema	35.6
		Sin sistema	9.1		

FUENTE: Ordóñez, 1993

Los resultados de la encuesta de 1995 muestran que en la zona rural de Honduras, solamente el 40 % de los hogares poseen conexión domiciliaria de agua potable, un total de 46% no poseen servicio de agua, por lo que tienen que depender de fuentes naturales agua; tales como quebradas, riachuelos, ríos, vertientes o manantiales.

Para saneamiento básico, solamente el 4.9% poseen conexión al sistema, un 39.9% obtienen el líquido por otros medios, llegando a cubrir solamente un 44.8 % del total de la población rural.

El análisis nacional mostró que solamente el 25,1% poseen conexión domiciliaria, un 39.3% obtienen el agua por otros medios, el 64.4% de la población tienen sistema de agua, quedando un 35.6% sin ninguna conexión al sistema (Ordóñez, 1993).

De los hogares considerados con servicios de agua, la modalidad con llave fuera de la vivienda pero dentro de la propiedad, es la que predomina tanto a nivel urbano como a rural, con cifras que oscilan entre 30 y 70% (respecto al total de cobertura), excepto en Tegucigalpa.

Con respecto al saneamiento básico, las condiciones son más precarias, ya que el déficit a nivel nacional es de 25%, con cifras de 36% a nivel rural y 9% a nivel urbano, en área rural sobresalen las zonas sur con un déficit de 55%, seguida de la zona rural occidental con 42%, hay que agregar a ello, que la deposición de excretas se hace mayoritariamente en letrinas, alrededor del 61%, quedando 39% sin un sitio definido. Además, la zona rural carece del servicio de recolección de basura, al que tienen acceso solo el 0.2 % de la población lo que empeora las condiciones sanitarias de los habitantes del campo (GOB, 1995).

2.7.3 La ecuación general del balance hídrico

El estudio del balance hídrico se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier periodo de tiempo, las diferencias entre las entradas y salidas estarán condicionadas por la variación del volumen de agua almacenada. Así, de la totalidad de agua aportada mediante la precipitación (PRE) o mediante el riego (RIE), no se pierde nada; el agua puede:

- a) Ser evaporada desde el suelo o desde el dosel (agua interceptada), o ser transpirada por la planta. En este caso, juntando y sumando estas cantidades, se habla de evapotranspiración (ET).
 - b) Infiltrarse hacia las capas profundas del suelo, fuera del alcance de las raíces de las plantas cultivadas; en este caso se habla de percolación o drenaje (DRE).
 - c) Escurrir sobre la superficie del suelo hasta fuera del área agrícola, alimentando los flujos de agua naturales como los ríos o artificiales como embalses. En este caso se habla de escurrimiento (ESC).
 - d) Ser almacenada por el suelo, y recargar la reserva de agua (RES) del mismo.
- Jiménez, (1986)

Entre dos fechas (1) y (2), se puede escribir la ecuación de balance hídrico en los términos siguientes:

$$PRE + RIE = ET + DRE + ESC + [RES(2) - RES(1)]$$

Por sencilla que sea esta ecuación, permite establecer algunas conclusiones y especulaciones:

- a) No toda el agua que precipita es aprovechada por la planta; de hecho, tanto si se infiltra hacia las profundidades, si se queda retenida en el dosel, como si escurre fuera del área de cultivo, el agua no puede de ser aprovechada por las plantas cultivadas. Esto significa que no se puede hacer una estimación correcta del agua disponible para las plantas, únicamente a través del total de agua recolectada en un pluviómetro.
- b) El suelo, por medio de la reserva de agua, juega un papel muy importante, ya que por ejemplo, si los suelos son arenosos, van a tener poca capacidad de retener agua. Esto implica que de las lluvias fuertes, solamente una pequeña parte va a poder ser almacenada, y posteriormente aprovechada por los cultivos. En cambio, los suelos arcillosos o con altos contenidos de materia orgánica tienen generalmente elevada capacidad de retención de agua.
- c) Si bien es cierto que el factor fundamental del balance hídrico (la precipitación) obedece a leyes de tipo estadístico, los otros términos obedecen principalmente a leyes de tipo biofísico y se pueden analizar por separado mediante experimentos y calibraciones específicas. Son entonces simplificables a través de modelos físicos o matemáticos.
- d) Debido a que la ecuación de balance hídrico tiene un carácter absoluto, permite que los términos desconocidos y que no son posibles de medir directamente, puedan ser estimados por diferencia, a partir de los otros componentes de la ecuación.

Los balances hídricos se pueden contabilizar para períodos diarios, semanales, mensuales, etc, de acuerdo a las necesidades del caso. Para fines de investigación se recomienda utilizar los balances diarios. Jiménez, (1986)

2.8 Teoría económica que se aplicarán

2.8.1 Optimalidad Paretiana

Pareto considera que un cambio es socialmente deseable si mejora el bienestar de todos los miembros de la sociedad, o al menos mejora el de algunos miembros, no empeorando el bienestar de ninguno. De otra forma una asignación Pareto óptimo es factible y no se puede hacer una reasignación de los recursos disponibles para mejorar el bienestar de uno sin empeorar el de otro.

Suponiendo que X^* y X' son factibles. Una asignación X^* es superior en el sentido de Pareto o Pareto superior a X' si \forall individuo $j = 1, 2, \dots, m$, $U^j(X^*) \geq U^j(X')$ y por lo menos un individuo j $U^j(X^*) > U^j(X')$.

Una asignación es Pareto superior a otra asignación si se puede hacer una reasignación de recursos disponibles para mejorar el bienestar de una sin empeorar la de otros (Romero, 1997)

2.8.2 Maximización de ganancia con un insumo y un producto

El valor del producto marginal y el costo marginal de los factores es igual al punto de máxima ganancia. Las ganancias son normalmente máximas cuando el valor implícito del último dólar gastado en un insumo es igual a un dólar.

En el modelo de maximización sencilla, no se incluía ninguna restricción y la única restricción era la tecnología, pero en la actualidad si se incluye el costo del valor del impacto ambiental [V] $\pi = P^0 y - V^0 x - [V]$

Donde $p^0 y$ es medido en unidades de escala mientras que $v^0 x$ es medido en unidades monetarias. (Debertin, 1986).

Maximizando la diferencia entre ingreso y costo $\pi = VPT - CFT$

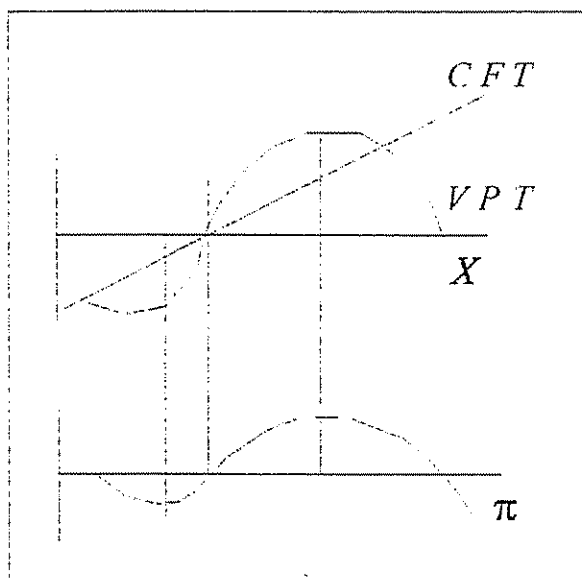


Figura 4. Costo físico total, valor del producto total, y ganancias. (Debertin, 1986)

2.8.3 Costos retornos y ganancias desde la perspectiva del producto

El costo de producción es definido en términos de la producción explicada, básicamente como costos totales (CT), los que resultan de la suma de los costos fijos (CF) más los costos variables (CV) $CT = CF + CV$

Costos fijos (CF): son los costos en que incurre la firma o el productor sin que haya producción; los costos variables (CV): son aquellos que varían con el nivel de producto producido; Costo promedio (CP): es el costo medio al producir cada unidad y

se puede estimar por dos vías, la primera $CP = \frac{CT}{y}$, la segunda es obtenida así:

$$CP = \frac{CV}{y} + \frac{CF}{y} \quad (\text{Debertin, 1986})$$

Otra definición es la de costo marginal (CM), definida por Samuelson *et al.*, (1998)

como el costo adicional de producir una unidad más: $CM = \frac{\delta CT}{y} = \frac{\delta C}{y}$

2.8.4 Soluciones de mercado: el enfoque de Coase

Para conseguir alcanzar el óptimo social o externalidad óptima, el punto de arranque del análisis es el famoso artículo de Ronald Coase "The problem of social cost", publicado en El Journal Of Law And Economics en 1960. La idea básica de Coase consiste en demostrar que si se cumplen determinadas condiciones, no resulta

necesario, ni tal vez conveniente, ningún tipo de intervención para alcanzar la externalidad óptima. Basta una correcta definición de los derechos de propiedad (*property rights*) para que la libre negociación entre el agente que genera la contaminación y el agente que la sufre, conduzca al óptimo social.

El significado del término derecho de propiedad va más allá de sus puras connotaciones jurídicas. Las condiciones de Coase viene a ser las siguientes:

cada parte, es decir el agente que genera la contaminación y el agente que la sufre, tiene perfectamente definidos sus derechos de propiedad o derechos de uso; es decir, está perfectamente estipulado el derecho a contaminar o no el ambiente.

La estructura de mercado para los productos que obtiene la empresa contaminante es competitiva. Posteriormente, las ideas de Coase se han extendido a mercados imperfectos.

c) Los costos transaccionales, o costos derivados de la realización de la negociación entre las dos partes son muy bajos. Concretamente estos costos tienen que ser menores que las ganancias que, como resultado de la negociación, obtiene el agente que tiene que cubrir los mencionados costos transaccionales.

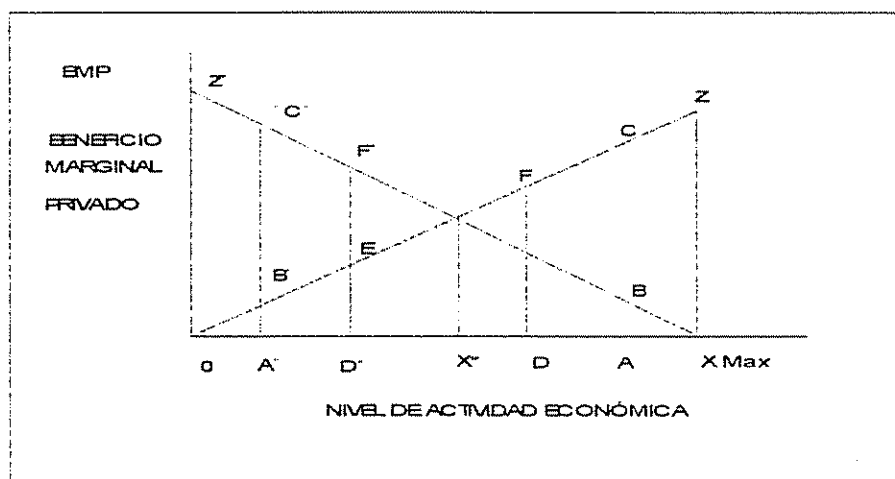


Figura 5. Reparación de la externalidad por medio de la negociación (enfoque de Coase)

La idea fundamental del argumento coasiano es que, independientemente de quien posea los derechos de propiedad o de uso del ambiente, existe una especie de tendencia autónoma que lleva el volumen de producción de una manera automática al óptimo social. En base a ello, tanto Coase como sus seguidores sostienen que no es

necesario, ni inconveniente, ningún tipo de intervención para regular o reparar la externalidad, los mecanismos de mercado se encargarán de realizar esta tarea de una manera automática (Romero, 1997).

2.8.5 Estrategias basadas en incentivos: permisos negociables de descarga

Un impuesto a los efluentes exige que una autoridad pública central establezca una tasa tributaria, monitoree el desempeño de cada contaminador y luego recaude las liquidaciones tributarias. Esencialmente es una interacción entre los contaminadores y las autoridades públicas en la cual se podría esperar el mismo tipo de relación antagónica de cualquier sistema tributario. En este capítulo se dará una mirada a un enfoque político en el cual, aunque se incorporan incentivos económicos, se diseña para que funcione de manera más descentralizada. En vez de dejar todo a una entidad pública centralizada, esta política funciona mediante las interacciones descentralizadas del mercado de los mismos contaminadores. Esto se conoce como el sistema de permisos negociables de descargas.

En un sistema de permisos negociables de descargas (PND) se crea un nuevo tipo de derechos de propiedad que consiste en un permiso para emitir contaminantes. Cada permiso le da facultad a su portador de emitir una unidad (libra, tonelada o cualquier calibración del permiso) del material de desecho especificado en el derecho. Los portadores de derechos, por lo general, tendrían varios de estos permisos en cualquier momento.

Son negociables o transferibles; éstos pueden ser comprados y vendidos entre quienes participen en el mercado correspondiente, a un precio acordado por los mismos participantes. Con el fin de satisfacer eventualmente el principio equimarginal en este caso, obviamente, es necesario que todos los compradores y vendedores de permisos negocien al mismo precio. Esto exige entonces un solo mercado general de permisos donde los oferentes y quienes demandan puedan interactuar abiertamente y donde haya información públicamente disponible sobre los precios de las transacciones para todos los participantes. (Field, 1995).

2.8.5.1 Sistema de estándares

es una regulación directa y control, en políticas públicas, es aquel, en el que con el fin de generar un comportamiento deseable, las autoridades públicas simplemente lo

decretan por ley. En el caso de políticas ambientales el enfoque de la regulación directa y control consiste en depender de diversos tipos de estándares para generar mejoramientos en la calidad ambiental, en general el estándar es un nivel decretado de desempeño que se hace aplicar por ley. (Field, 1995).

2.9 Programación lineal

El fin que tiene la programación lineal es permitir a los investigadores y agentes de desarrollo tomar decisiones a partir del análisis, planteamiento y desarrollo de un modelo matemático proveniente de un sistema de producción específico. Dicho modelo permite el planteamiento de problemas que se caracterizan por la necesidad de asignar recursos limitados al sistema (tierra, mano de obra, capital, recursos naturales) y obtener, mediante su desarrollo, soluciones óptimas de acuerdo con un objetivo propuesto (Estrada et al., 1999).

La programación lineal, en sentido matemático, estudia la optimización de una función lineal sujeta a desigualdades lineales y es la aplicación del álgebra de matrices a la solución de ecuaciones mediante la utilización de algunas reglas que aseguran que la solución satisface todas las restricciones y permite obtener los mejores resultados frente al objetivo propuesto. Uno de los principios básicos del análisis de sistemas consiste en que éste se debe realizar con la colaboración de las personas que conocen a fondo las particularidades del sistema (Estrada et al., 1999).

2.9.1 Requerimientos para construir un modelo de programación lineal

Requerimiento 1. Función objetivo. Debe haber un objetivo (o meta) que la firma desea alcanzar. Por ejemplo, maximizar las utilidades en dólares, minimizar el potencial de clientes esperados, minimizar el tiempo total, etc.

Requerimiento 2. Restricciones y decisiones. Debe haber cursos alternativos de acción o decisiones, uno de los cuales permite alcanzar el objetivo.

Requerimiento 3. La función objetivo y las restricciones no lineales. Debemos estar en capacidad de expresar las decisiones del problema, incorporándolas a la función objetivo y a las restricciones sobre decisiones, usando solamente ecuaciones lineales o desigualdades lineales. Es decir, debemos estar en capacidad de formular el problema como un modelo de programación lineal (Beneke. et al., 1984)

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

el presente estudio se realizó en el departamento de Santa Bárbara, específicamente en el municipio de San Nicolás, el que se encuentra entre las coordenadas siguientes 14° 50' a 15°00' Latitud Norte. y 88° 15' a 88° 30' Longitud Oeste, en la Republica de Honduras. Tradicionalmente ha sido un pueblo cuya actividad económica principal es el cultivo del café. Se consideró importante para el estudio porque los efectos de las externalidades negativas han sido impactantes en la vida de los habitantes del lugar. Debido a que toda la comunidad es atravesada por el Río Frío el que nace en la parte alta de la montaña, donde precisamente se ubican las plantaciones de café y los beneficios que vierten sus efluentes casi por completo, lo que ha deteriorado la calidad de vida en la zona.

3.2 Descripción de la cuenca del río Frío, en el municipio de San Nicolás departamento de Santa Bárbara.

La cuenca del río Frío, está ubicada en el municipio de San Nicolás, y una pequeña parte corresponde al municipio de la Unión departamento de Lempira. Cubre un área de 86 Km², sus principales afluentes son el Río Frío, el río de Enmedio y el río Resumidero que son de poco caudal con un ancho promedio de 3.5 a 4 m. El punto mas alto tiene 1600 msnm y el más bajo 550 msnm. El rango de temperaturas sta entre 18°C y 26°C. La humedad relativa oscila entre 86 a 94%, la precipitación es de aproximadamente 2300 a 2700 mm, con un promedio anual de días con lluvia de 120 a 160 días. La topografía es de tipo montañosa, con pendientes promedios de 40 a 50%, los suelos son de texturas franco arcillosas, con un alto contenido de materia orgánica.

Según la zonas de vida de Holdridge se clasifica como Bosque Subhúmedo Tropical. La actividad agrícola predominante es el cultivo del café y en menos escala la ganadería, caña de azúcar, hortalizas, granos básicos maíz y frijol y algunos frutales.

El suelo está cubierto mayoritariamente por bosque conífero en los primeros 1000 metros de altitud seguido de bosque secundario. Existen grandes áreas que han sido deforestadas para realizar el cultivo del café. La población es de

aproximadamente 1137 familias, quienes en su mayoría se dedican a la caficultura, y se establecen por completo en la cuenca durante los meses de diciembre hasta mediados de abril. El resto del año permanecen únicamente 569 familias.

La capacidad de uso del suelo a partir de los 1000 msnm es apto para la explotación agroforestal, siempre y cuando se hagan las consideraciones para la conservación de áreas de captación de agua.

Las actividades de carácter económico y comercial las realizan en el centro urbano del municipio, donde llevan el producto o venden a personas que provienen del lugar. Por las facilidades de comunicación, acceso de carretera asfaltada y un poco de seguridad civil, los intermediarios de café se han instalado en el centro urbano.

La cuenca esta conformada por las aldeas siguientes:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. Las Cañas | 11. El Pacayal |
| 2. Santa Cruz | 12. Plan Del Higo |
| 3. Las Vegas | 13. El Joconal |
| 4. El Descansadero | 14. El Porvenir |
| 5. Las Flores | 15. Joconal |
| 6. El Naranja | 16. Río Frío |
| 7. Cruz Grande | 17. San Bartolo (en el municipio de La Unión, |
| 8. San Manuel Del Triunfo | departamento de Lempira) |
| 9. El Resumidero | 18. Los Guzmán |
| 10. Choloma | 19. La Displayada |

3.3 Descripción del problema de beneficiado en el Municipio de San Nicolás

Son varias las causas del problema del beneficiado; las más importantes surgieron mediante el reconocimiento general de la zona en estudio, la entrevista con productores de la misma, así como opiniones de los técnicos del rubro que laboran en ella.

- a) Precio final por quintal de café vendido que recibe el productor de café.
- b) Distancia a los centros de acopio desde la finca del productor, al comprador.

- c) Normalmente se ubica en el centro urbano del municipio.
- d) Falta de un ente supervisor de la calidad de exportación.
- e) Falta de estándares de calidad en el proceso de beneficiado del café.
- f) Problemas de abastecimiento de agua durante el beneficiado ya que coincide con la época seca del país.
- g) Problema de distribución de café por cada subcuenca.
- h) Falta de control de contaminantes en proceso de beneficiado en las plantas del productor.

a) Precio final por quintal que recibe el productor de café

El precio final que recibe el productor es el principal factor para el descuido en la calidad del café, ya que el comprador no discrimina la preparación que el productor hace en el proceso de beneficiado, pagando el mismo precio por café de primera como de segunda. Palma. *Etal.*,(1997) menciona este aspecto como una de las mayores limitantes para mejorar el beneficiado del café en la zona.

b) Distancia a los centros de acopio desde la finca del productor, al comprador que normalmente se ubica en el centro urbano del municipio.

La distancia de las fincas a los centros de compra es un problema para el productor de café, porque tiene que incluir dentro de sus costos de producción, el costo de trasladar el producto al centro de acopio, o más bien, donde el comprador intermediario de café. Esto representa un costo de aproximadamente 15% del costo de procesamiento del grano.

c) Falta de un ente supervisor de la calidad de exportación.

En la actualidad no hay un ente que supervise la calidad del proceso de beneficiado, existe un instituto del café que brinda soporte técnico, pero no tiene

la autoridad para exigir que el proceso de beneficiado reúna los requisitos de calidad tanto de producción como de ambiente. También existe la fiscalía del ambiente que

entre sus leyes tipifica el delito por contaminación ambiental, pero no tiene el personal suficiente para hacer las inspecciones.

d) *No hay estándares de calidad en el proceso de beneficiado del café*

Aun en Honduras no se cuenta con la clasificación de zonas cafeteras(se encuentra en estudio) esto impide saber que tipo de café se produce en las diferentes regiones del país, sumado a ello como antes se había mencionado cada productor procesa el grano a su propio estilo, eso nos impide competir por calidad a nivel internacional, difícilmente el país podrá convencer a los compradores finales de que su café es de una misma calidad si no hay en el mismo centros de procesamiento que garanticen uniformidad en el procesamiento.

e) *Problemas de abastecimiento de agua durante el beneficiado ya que coincide con la época seca del país.*

La falta de agua durante la recolección incrementa el problema de la contaminación de los cauces de la cuenca. Es notable la concentración de los desechos en el lecho de los ríos poco caudalosos casi secos aumentando la incidencia de olores desagradables en el ambiente, reduce el caudal y la calidad del agua disponible para usuarios que se encuentran en la parte baja de la cuenca. Lo que crea una competencia directa por el recurso entre los productores y los que usan el agua para saneamiento básico de las viviendas. Coincidiendo con Bailly. *Etal.*,(1992)

f) *Problema de distribución de café por cada microcuenca*

- **Microcuenca del Río frío;** tiene como afluentes las quebradas la Displayada, río Frío y dos causes de invierno. que permanecen secos el resto del año. Está integrada por las siguientes aldeas; El Porvenir, San Bartolo, Los Guzmán, El Joconal, Plan del Higo, parte de la aldea de Choloma, El Consumidero y Las Marías del municipio de la Unión Lempira.

- **Microcuenca del Río De En Medio;** tiene como afluentes a la quebrada del Pacayal y la Pacaya, lo conforman las aldeas de El Pacayal, Choloma y Loma de la Pava.

- **Microcuenca del Río El Resumidero;** este río lo forman la Quebrada de los Leivas, Quebrada de las Flores y la Quebrada de los Castellones que unidas forman al Río Resumidero. Esta formada por las aldea de Lomas de Ocotál, Zapotillos, El Resumidero, las flores y El Naranjo.

El primer problema que se plantea es cómo hacer una eficiente distribución de los beneficios en una cuenca, teniendo en cuenta la minimización del costo de beneficiado, teniendo las restricciones de agua disponible, las distancias entre una finca otra, el costo de transporte, el costo operacional por beneficio y por modelo seleccionado.

Para resolverlo es necesario:

- Distribuir el agua entre las diferentes plantas procesadoras que se abran para que puedan operar sin perjudicar a las demás, en la época de mayor demanda del agua.
 - Ubicar los beneficios de tal manera que se reduzca considerablemente el costo de transporte o costo de flete del café de las fincas al beneficio, y a su vez, del comprador final. Para tal efecto es importante conocer las distancias a que se encuentran una finca de otra para ubicar el beneficio a una distancia óptima, así como conocer dónde están mayoritariamente concentradas las fincas.
 - Conocer la cantidad máxima de café que se produce por cada cuenca y que puede ser ofrecida al beneficio, porque esto determinará el número y modelo de beneficio que se deben construir así como la suma de los costos de inversión.
- g) Falta de control de contaminantes en proceso de beneficiado en las plantas del productor.

Entender, el impacto ambiental que provocan los desechos de café que se vierten directamente en el río. El 100% de los productores vierten aproximadamente un 68% de los desechos producidos, retienen apenas un 32% en los alrededores de la planta de procesamiento sin darle ningún tratamiento, lo que genera malos olores, mosquitos, larvas de moscas etc. confirmando lo descrito por varios autores (Jacket 1993); (González 1996); (Pineda 1997); (Echeverría 1998).

3.4 Material experimental

3.4.1 Descripción de la población en estudio

Se trabajó con los productores ubicados en la cuenca del río Frío, primero se elaboró un listado de los productores, área cultivada con café, producción de café, número de beneficios existentes en la zona, cantidad de café procesada por beneficio, costo variable por quintal procesado, costo fijo de procesamiento.

También se consideraron otras variables como: distancia de la finca al beneficio central, distancia del beneficio al punto de partida al exportador, agua disponible en las vertientes de la cuenca, contaminación vertida por modelo de planta, consumo de agua por modelo por planta, costo financiero por modelo, capital a invertir total en la construcción del proyecto.

3.4.2 Fuentes de la información utilizadas

Se tuvieron varias fuentes de información tales como:

- El Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Aquí se obtuvo la siguiente información: censo nacional de los productores del café, producción actualizada al año 2000, información completa de las condiciones del río Frío en términos de contaminación y lecturas de caudales antes durante y después de una época de recolección del grano (período 1997-1998), modelos de beneficios por capacidad de procesamiento, volúmenes de café exportado precios por saco de 46 kg.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN); la información de ubicación cartográfica de aldeas, caseríos, carreteras, caminos, ríos, cauces y elevaciones.
- Instituto de Estadísticas y Censo, el censo nacional agropecuario de 1993
- Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR): mapa de cuencas hidrográficas de Honduras.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ayuda experta en manejo de Sistema de Información Geográfica, Atlas de Honduras.
- Intermediarios y exportadores de la zona en estudio
- Bancos ubicados en la zona; montos de interés y plazos para créditos a largo plazo.

3.4.3 Información secundaria empleada

Se trabajó completamente con información secundaria, procedente de las fuentes antes mencionadas, con datos recientes en su mayoría, con excepción de los datos del Instituto Geográfico Nacional que se tuvieron que corregir en el campo, debido a que no se han actualizado los últimos tramos y aperturas de carreteras en la zona de estudio. Otro dato que se corrigió fue el de agua disponible en la cuenca, al que se le sumó el consumo de agua para uso doméstico y para beneficiado.

3.4.4 Organización de la información

a) El primer paso fue hacer una gira de reconocimiento en la zona de estudio donde se procedió a conocer el impacto del problema. Con el apoyo de los técnicos del Ihcafe se pudo tener una mejor inspección; los habitantes de la cuenca manifestaron su preocupación por el vertido de los desechos en el río.

Con el apoyo de los mismos técnicos se visitaron las áreas productivas, las aldeas, caseríos dentro de la cuenca se localizaron las estructuras de beneficiado.

b) Luego se elaboró un listado de productores por aldea, con toda la información que el estudio requirió, área cultivada, producción, contaminación generada, agua requerida, costo variable por quintal procesado, costo fijo por quintal procesado.

c) Con los intermediarios y exportadores se procedió a conocer el costo por saco de 46 kg por kilómetro transportado, de la finca al beneficio central más cercano, y el mismo costo pero al centro de exportación del país.

d) Con los técnicos de la zona se localizaron los puntos de control del estudio de contaminantes realizado en 1997-1998, ocho en total, pero por estar fuera de la cuenca se eliminó uno de ellos. De aquí se obtuvieron los caudales de agua por punto, con los que se establecería la disponibilidad de agua para el río.

También las lecturas de DQO, DBO, oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos, coliformes totales, pH, recuento total de bacterias, alcalinidad.

Se contó con lecturas tomadas cada mes en la época de recolección del período 1997-1998.

- e) De la unidad de exportación del IHCAFE se obtuvieron los precios promedios anuales por ventas del café de los últimos cinco años. También se obtuvo la estimación del precio final que se le da al productor de café, así como la cantidad de café retenido para consumo interno y el café corriente que también tiene el mismo destino, pero es vendido por el productor en una época diferente a la de recolección.
- f) La información que aparece en el mapa de San Nicolás hoja número, 2560 IV III edición del IGN de 1991, que es la última versión, se tuvo que corroborar en el campo y ubicar en el mapa las nuevas vías de comunicación que aun no se han incorporado. Se recorrió toda la zona midiendo las distancias en kilómetros, de las fincas a las diferentes aldeas, y posibles puntos donde se podrían ubicar las plantas de procesamiento.
- g) La información del censo de 1993 también se corroboró en el campo para verificar y comparar con el censo nacional de producción del IHCAFE de 1992, resultando solo una diferencia en cuanto a la ubicación de las fincas por aldea, en el censo del 93 se da una ubicación por municipio mientras que en el censo nacional del IHCAFE se detallan las fincas por aldea, con la salvedad de que el primero esta digitalizado y es posible ubicarlo con SIG, en tanto el segundo aún no se realiza.
- h) Para una mejor ubicación de la zona en estudio se utilizó la información del atlas de delimitación de cuencas de la COHDEFOR, con esta ayuda se logró definir totalmente la cuenca del río Frío.
- i) Con los intermediarios y exportadores se definió el costo de flete, por kilómetro por saco de 46 kg de la finca al beneficio y del beneficio al exportador.
- j) Con los bancos de la zona se consultaron las tasas de interés y los plazos que tendrían los inversionistas que deseen construir las instalaciones, para el respectivo análisis.

3.5 Modelo de optimización utilizado para iniciar el análisis

Para reducir la contaminación de los ríos y para evitar un castigo en el precio del café exportado sin alta inversión, la estrategia sería, minimizar los costos de transporte, costos fijos y costos variables del beneficiado en una cuenca. Bajo algunas restricciones planteados ante los cuales se debe encontrar una solución. El planificador quiere minimizar:

$$\sum_i N_i C_i^F + \sum_i N_i C_i^V \gamma + \sum_f C^{\tau} K_{fB} \gamma + \sum_B C^{t\phi} K_{BC} \phi \quad (1)$$

Donde:

- i = Tipo de beneficio 1,2,3,4,5 vea pagina 17;
- N = Numero de beneficios;
- C_i^F = Costos fijos por tipo de beneficio;
- C^{τ} = Costos de transporte (flete) por Quintal de café cereza;
- f = Fincas. (existen hasta el momento 1137 fincas en la cuenca);
- γ = Quintales café cereza;
- K_{fB} = Kilometros de la finca al beneficio;
- $C^{t\phi}$ = Costo de flete de cada quintal pergamino seco;
- K_{BC} = Kilometros de distancia del beneficio al comprador;
- ϕ = Quintales de café pergamino seco;
- C_i^V = Costo variable por tipo de beneficio;
- τ = total contaminantes;
- Co = Contaminacion vertida por beneficio; y
- ϕ = Monto total invertido.

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$1) \quad \sum_f \gamma \leq \sum_i N_i \Omega_i \quad \text{que la suma de los quintales de café producidos en el día}$$

pico deberá ser menor a la capacidad instalada de procesamiento;

$$2) \quad K_{fB} \leq \alpha \forall f \quad \text{con } B \text{ siendo el beneficio más cercano y } \alpha \text{ representa la}$$

distancia máxima de ubicación del beneficio, que puede ser cubierta en el tiempo máximo que la cereza puede estar fuera del beneficio sin dañarse, actualmente son 25 Km. y 5 horas es el tiempo máximo para procesar la cereza del café;

- 3) $\beta^i \leq b^B \forall \beta$ es el caudal de agua requerido por tipo de beneficio, el que deberá ser menor al caudal disponible por beneficio para todo beneficio en su punto de ubicación ;
- 4) $\phi = \gamma \delta$ los quintales de café pergamino seco son iguales a los quintales de café cereza multiplicados por el coeficiente de conversión 1.25:1;
- 5) $\sum_i \sum_B CoN_i \leq Co\tau$ la sumatoria de los contaminantes vertidos por cada Beneficio central por el numero de beneficios es menor que el máximo de contaminación vertida permitida; y
- 6) $\sum_i IN_i \leq I\phi$ el monto invertido (I) por el número (N) de beneficios por tipo beneficios (1,2,3,4,5) es menor que el monto total del financiamiento del proyecto;

Para asegurar su participación el productor, deberá permanecer igual teniendo que:

$$-C_B^c = P_\gamma^f \gamma - P_\phi^f \phi \quad (2)$$

el costo de beneficiar café en una central es igual a el precio por quintal de cereza pagado en la finca por los quintales de cereza producidos menos el precio por quintal pergamino seco en la finca por los quintales de pergamino seco producidos;

Donde;

P	=	precio;
Q	=	quintal de café(46 kg);
CT	=	costo de transporte;
F	=	finca;
FB	=	finca beneficio;
C	=	café cereza;
S	=	café seco;
I	=	incentivo; y
B	=	beneficio de café.

El costo de beneficiar el café en la finca deberá ser igual al precio por quintal cereza beneficiado en la finca menos el precio por quintal de secar el café

$$P_f^c = \frac{P_f^s Q^s - C_f^p}{Q^c} \quad (3)$$

cada beneficio cobra sus costos incluyendo costos de oportunidad

$$P_B^s Q_B^s = P_f^c Q^c + CT_{fB}^c + C_i^B Q^c \quad (4)$$

$$P_B^s = \frac{P_f^c Q^c + CT_{fb}^c + C_f^B Q^c}{Q_B^s} \forall Q^c \quad (5)$$

$$P_B^s = \frac{P_f^c + CT_{fb}^c + C_f^B Q^c}{Q_B^s} \forall_i \forall Q^c \quad (6)$$

por lo tanto para encontrar el valor del incentivo se tiene que:

$$P_B^s \geq \frac{P_f^F + C^{tr} K_{fby} + C^{i\phi} K_{RC\phi} + N_i C_i^{vr} + \frac{N_i C_i^f}{\phi}}{\phi} \forall_B \forall_i \quad (7)$$

$$I \geq P_B^s - P_f^s \quad (8)$$

El precio que recibe el exportador, deberá ser mayor o igual que el precio pagado por saco en la finca, por los sacos cereza producidos, más el costo por kilómetro de transportar café cereza de la finca al beneficio, más el costo por kilómetro de transportar café seco por la producción de café seco, más el costo variable de beneficiado por tipo de beneficio, más el factor de el costo de beneficiado por los quintales pergamino seco, todo dividido por los quintales secos producidos para todo beneficio para todo tipo.

3.6 Análisis de la información

El análisis de la información se realizó mediante programación lineal, con un modelo matemático lineal, el que se resolvió mediante el programa GAMS, para solución de problemas de optimización.

Los datos para el estudio se obtuvieron de la base de datos del IHCAFE actualizada al junio del 2000, con la que fue posible realizar un censo de todos los productores de la cuenca del Río Frío.

Con el propósito de encontrar un sistema de incentivos, en el que los agentes contaminadores en este caso los productores reciban una cantidad de dinero que complemente los ingresos con el fin de que las condiciones del productor queden igual, para que de esa forma los influencie, a fin de que se motiven a renunciar al beneficiado y dejen esa etapa del proceso al beneficio central.

Vale mencionar que el beneficiado es además una actividad tradicional, es parte importante en la cultura cafetera muy propia de la caficultura Hondureña.

Con los datos obtenidos de las variables del productor, como los precios de venta, costos de beneficiado, se estimó el valor del subsidio que se otorgará a cada uno de ellos para que evite realizar el beneficiado.

El valor del mismo es superior al valor del café residual (terceras calidades) que dejan los productores para el consumo familiar y ventas directas a torrefactores nacionales.

Con la aplicación de los incentivos para reducir contaminación los costos marginales de producción tendrán una reducción igual al costo de beneficiado sumado el costo de oportunidad de la mano de obra que podría ser empleada en otra actividad productiva de la misma finca. Lo que podría incrementar la producción al incentivar mayor inversión en el rubro que inicialmente podría ser igual al valor no gastado de mano de obra en beneficiado. De allí la importancia de estimar el valor del incentivo económico.

3.7 Construcción del modelo lineal en GAMS

Para la construcción del modelo lineal se utilizó el programa GAMS, en el que se hace un traslado de las ecuaciones matemáticas del modelo original establecido al lenguaje GAMS, en el se colocó toda la información colectada para proceder a correr el programa y obtener la información de la función objetivo propuesta en el anteproyecto. Anexo 1

3.8 Mapas elaborados con SIG

Utilizando el Sistema de Información Geográfica, se elaboraron los mapas para tener una mejor ubicación de los puntos donde se ubicaron las centrales de beneficiado. Además durante el proceso, fue necesario usar esta herramienta para verificar la información del campo en el terreno. Siempre con la finalidad de tener resultados consistentes.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en tres etapas; primero son los resultados del Análisis de calidad de agua, el segundo resultado corresponde a la optimización matemática y el tercero corresponde a los costos rentabilidad e incentivo a pagar.

Para comenzar se presentan las condiciones actuales del beneficiado que se encontraron en el sitio de estudio,

4.1 Condiciones actuales e ideales para realizar un beneficiado amigable al medio

En el Cuadro 8, aparecen las condiciones actuales del beneficiado, por instalación por modelo. Teniendo **Ma** como modelo actual.

Hay cinco tipos de beneficio analizados con capacidades que van de los 25 hasta 5000 sacos procesados por año. Se encontró que el consumo de agua anda en alrededor de 803 litros de agua por saco de café preparado unos 17.45 litros por kilo, para el modelo 1, 8.41lts./kg. Para modelo 2, 56.86 l/kg. En el modelo 3 y 199 l/kg. Para los modelos 4 y 5. Utilizando mas agua los últimos tres diseños, la infraestructura no cuenta con las condiciones adecuadas para realizar un BAM, porque todo el movimiento dentro de la instalación es hidráulico, con el propósito de reducir el costo de mano de obra, estas cantidades encontradas y reportadas por Pineda (1997) superan a las reportadas por Bailly *et al.*, (1992) que en su momento reporto 40 litros por kilo.

Los desechos vertidos al río se encontraron en promedio 570 Kg por saco preparado para exportación, considerando que se viertan en su totalidad al río, y desaten su poder contaminante como se pudo observar en la zona estudiada, coincidiendo con Echeverría *Et al.*, (1998).

En el Cuadro 9, aparecen las condiciones ideales que están implícitas en los nuevos diseños, teniendo **Mb** como beneficio propuesto, con un consumo de agua mínimo de 6.5 lts/kg y un máximo de 10.8 lts/ kg. Según datos proporcionados por IHCAFE (2000), en los modelos 4 y 5 1 al 3 respectivamente.

Un nivel de descargas controlado a un 70 por ciento, por lo que en el cuadro aparecen únicamente los kilos de desecho vertidos, 171 para los modelos del 1 al 3 y 150.6 para 5 y 6. El costo estimado por las autoridades del IHCAFE, se establece para un financiamiento a 7 y 10 años plazo a una tasa del 28 % con dos años de gracia, 5 y 8 años de pagos a capital.

Cuadro 8 Condiciones actuales del beneficiado y sus instalaciones.

Modelos actuales Ma	Capacidad sacos café oro /año	Consumo de agua lt/qg	Potencial contami- nante Kg/ año* 62%/saco	Costo US\$ de construcción a 7 y 10 años de financiamiento	Costos US\$ fijo por quintal a *7años - 10 años	Costo Variable US \$
Ma 1	25	803	14250	397	15.88*	3.18
Ma 2	100	387	57000	831	8.31*	3.18
Ma 3	500	2615	251000	5360	10.72*	2.34
Ma 4	1000	9168	502000	10310	10.31*	0.80
Ma 5	5000	9168	2510000	51150	10.23-	0.30

Cuadro 9 Condiciones ideales del beneficiado según el modelo propuesto.

Modelos Propuestos	Capacidad qq oro /año	Consumo de agua 0.3m3/qq	Potencial contaminante Kg/ año *62%/qq	Costo US\$ de construcción a 7 y 10 años de financiamiento	Costos US\$ fijo por quintal *7años-10años-	Costo US\$ Variable
Mb	25	0.500	171	547	21.88*	3.18
Mb	100	0.500	171	1231	12.31*	3.18
Mb	500	0.300	171	5472	10.94*	2.34
Mb	1100	0.300	150.6	12312	12.31*	0.99
Mb	5000	0.300	150.6	71135	14.23-	0.62

El costo fijo mas bajo lo presentó la opción 3 para 500 sacos por año, a un costo de 10.94 US\$ por saco, los modelos 2 y 4 presentaron resultados similares en sus costos, US\$ 12.31 por saco mientras el modelo tipo central aparece con un costo de 14.23 dólares, finalmente por su poca capacidad de procesamiento el modelo 1 representó la alternativa de mayor costo 21.88 dólares por saco procesado.

Contrario a esto y gracias a su capacidad de procesamiento a escala el modelo tipo central represento la mejor opción al tener el costo variable mas bajo de todos los diseños 0.61 dólar por saco. Seguido del modelo 4 a 0.99 dólares por saco, lo que en el largo plazo lo hace muy competitivo ante las demás opciones, sumado a ello, la capacidad de procesar uniformemente mayor volumen. Lo que al fin de cuentas es uno de los objetivos del estudio.

4.2 Análisis de calidad del agua

En el cuadro 10 se resumen los resultados de los contaminantes detectados por Pineda *et al.* (1998) durante las lecturas tomadas del período de octubre 1997 a mayo 1998. Para los parámetros químicos analizados pH, DBO, DQO y oxígeno disuelto se observó un aumento en los niveles de lectura treinta días después de iniciada la cosecha producto de los vertidos de residuos de cosecha en el río. En el caso del pH se observa una ligera estabilidad en las lecturas entre 8.04 y 8.17. Un nivel cercano al límite de tolerancia permitido para consumo humano que esta fijado en 8.5; esto se debió al incapacidad del río de poder absorber los contaminantes, el bajo caudal ocasionado por la sequía (del verano) y por el consumo elevado del agua en la parte alta de la cuenca lo que se refleja en una contaminación general del agua en el río, logrando observarse, a simple vista un aspecto viscoso del agua de un color oscuro, de la que emanan malos olores, que según Molina (1999), se debe a una alta concentración de polifenoles.

La alcalinidad tubo una tendencia similar al la del pH manteniéndose entre los 103.79 y 135 mg/l, producto de un aumento en la concentración de azúcares provenientes de la presencia de la pulpa y mieles del café.

La demanda química de oxígeno (DQO) Figura 6, se incrementó, producto del aumento en la concentración de sólidos que requieren del oxígeno para poder oxidar y mineralizar toda la materia orgánica vertida en el agua.

Cuadro 10. Resultado del análisis físico, químico y biológico del agua en el río Frío, Santa Bárbara, Honduras

Parámetro	unidad	Lecturas por mes							
		1997				1998			
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	abril	Mayo
PH		7.9	8.1	7.81	8.1	8.1	8.04	8.1	8.2
Alcalinidad	mg/lt	72.6	85.4	88.2	103.8	135	117.6	120.7	114
D.Q.O.	mg/lt	2	37.7	20	136.6	104.5	1.00	33.6	15.02
D.B.O.	mg/lt	2.0	3.0	-	61.9	-	-	1.1	1.2
Sólidos Totales	mg/lt	113	270	159	200	249	212	232	250
Sólidos suspendidos	mg/lt	5.5	133	2.3	14.28	3.6	8	4.61	33.5
Sólidos sedimentales	mg/lt	-	-	-	0.6	0.2	-	-	-
Sólidos disueltos	mg/lt	107.5	137	156.7	-	245.4	204	227.39	216.5
Oxígeno disuelto	mg/lt	-	13	13.6	12.4	6.4	12.8	8.5	8.6
Coli total	ufc/100ml	3470	1800	1700	500	-	18600	3200	4500
Coli fecal	ufc/100ml	-	1800	540	500	-	18000	3200	1085
R.T.B.	ufc/100ml	-	12000	308000	308000	310000	124000	93000	248000

Fuente: Pineda *et al.*, 1998

- sin información

Se encontró 136 mg/l, cuando el nivel permitido para consumo humano es de 10 sin tratar y 20 mg/lt para ser tratada.

La demanda biológica de oxígeno (DBO), Figura 7, crece rápidamente en el mes pico de producción, debido a la gran actividad microbiana que se inicia con las descargas. El nivel de oxígeno disuelto sufre un descenso de un 50% por encontrarse este elemento retenido por microorganismos y materia orgánica en descomposición.

Se encontraron 62 mg/l muy por encima de los 2 y 3 mg/l permitido al consumo humano.

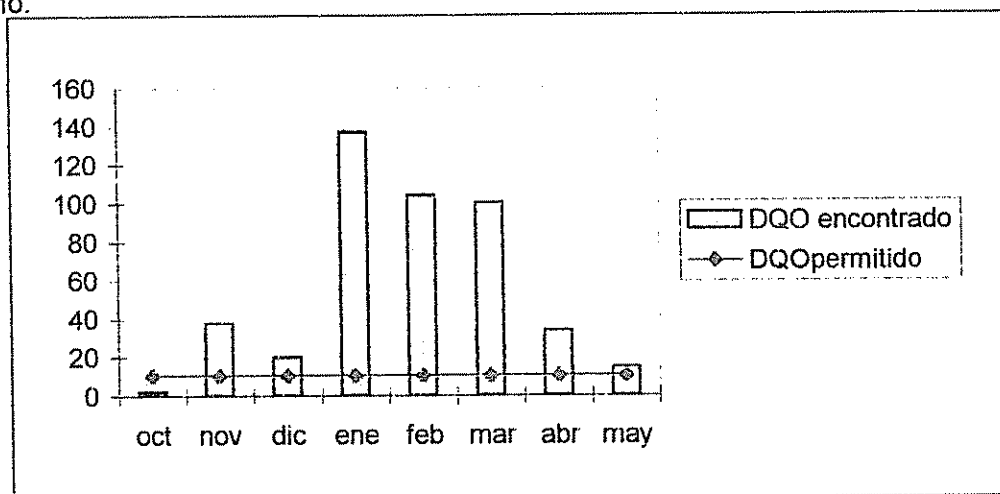


Figura 6. DQO encontrado y permitido en la cuenca del río Frío

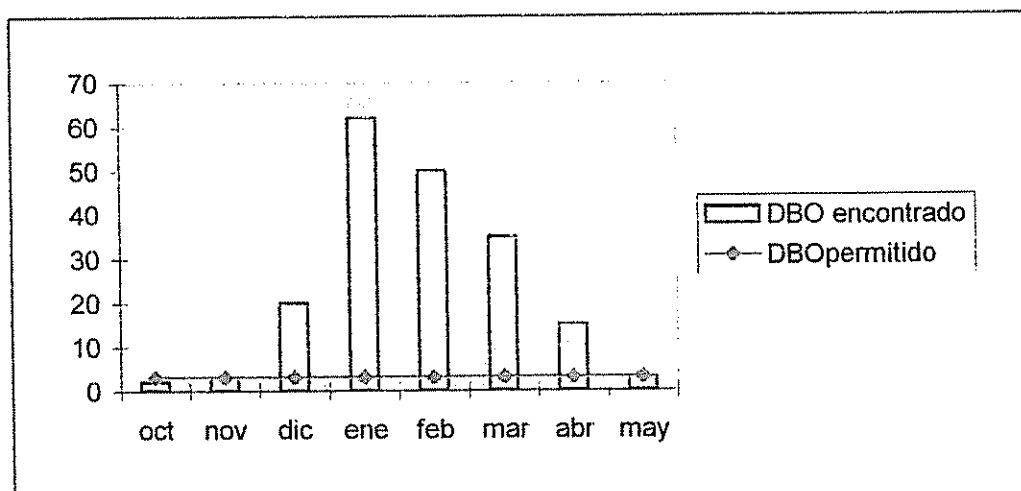


Figura 7. DBO encontrado y permitido en la cuenca del río Frío

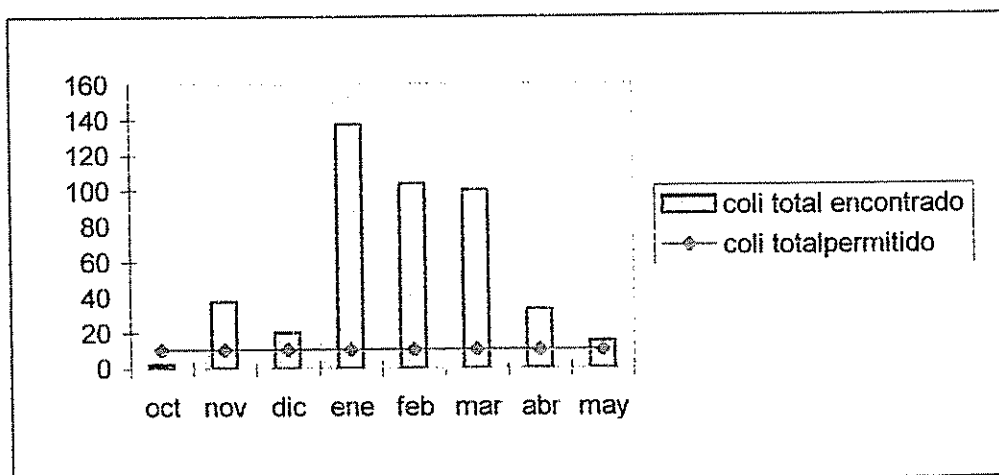


Figura 8. Coli total encontrado y permitido en la cuenca del río Frío

Los parámetros físicos analizados sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos sedimentales y sólidos suspendidos, tuvieron un comportamiento similar al los anteriormente analizados. La estabilidad en las lecturas demuestra la poca movilidad, que por el bajo caudal, mantiene el río, lo que lo hace más vulnerable a la contaminación, principalmente en los meses posteriores al mes pico de producción.

Los parámetros biológicos reflejados en la actividad microbiana, la que se mide por la presencia o no de coliformes en las lecturas de coliformes totales, Figura 8, se mostró un aumento desproporcionado, ya que pasó de 1700 en diciembre a 18000 en Marzo. Esto se debe al efecto combinado de la reducción del caudal de agua por el verano; el consumo y una acumulación de vertidos de café y aguas servidas, lo que explica también los aumentos de la actividad microbiana hasta en 180 % sobre el límite máximo permitido para uso de riego. Esto es causado principalmente por la migración de otros pobladores durante la época de recolección, quienes por falta de condiciones de higiene, defecan en o cerca de los ríos o vierten sus desechos al río más cercano.

Este aspecto deberá ser mejorado por autoridades municipales competentes, no por el proyecto.

También se midió con el recuento total de bacterias (RTB) que pasó de 12000 unidades/100ml, en Noviembre a 300000 en Diciembre, este aumento refleja los vertidos que se realizan durante la época de cosecha en los meses de diciembre enero y febrero. Igual comentario que el anterior merece el RTB.

Un aspecto a considerar es que esta contaminación se concentra en la parte alta de la cuenca, lo que empeora las condiciones de vida de los usuarios que viven en la parte baja de la misma. La falta de una política de control de contaminantes y una política cafetera que modifique las condiciones, hacen suponer que el nivel de contaminación se mantendrá en el futuro.

Honduras tiene una población de 6.5 millones de habitantes y genera una contaminación equivalente a una población de 21 millones de habitantes de acuerdo a los parámetros establecidos por las autoridades de la secretaría de ambiente del país. SERNA, (1995)

4.3 Producción de café en la cuenca

Existen 2527 hectáreas cultivadas con una producción de 40736 sacos de 46 Kilos café pergamino seco, con una producción media de 16 sacos por hectárea.

El 91% de los productores producen menos de 200 sacos de café, siendo responsables del 67% de la producción; el 9 % restante producen entre 500 y 1000 quintales, representando el 33% del total producido.

4.4 Estimación del período pico de cosecha

$$DiaP = \frac{X * 0.7}{30}$$

El período pico de cosecha es la estimación del máximo de cosecha producida en un día en una finca. Se estima de la siguiente forma: el 70% de la cosecha (X) se concentra en 30 días aproximadamente, y se toma como día pico el resultado promedio de los treinta días cosecha. Es de tomar en cuenta que durante este período todos los recursos de la zona incluyendo mano de obra y transporte están dedicados completamente a la cosecha. Para nuestro caso, el día pico estimado fue de 1381 qq. Este valor es muy sencillo de estimar, pero su significado es muy importante para hacer todas las estimaciones para procesamiento, presupuestos, tamaño de instalaciones, tipo y modelo de beneficio a construir, demanda de agua, que es uno de los elementos más decisivos para la apertura o no de una planta de procesamiento.

4.5 Disponibilidad de agua en la cuenca del río Frío

Un estudio sobre caudales y contaminantes del río Frío realizado por Pineda *et al.* (1998), mostró los resultados que se muestran en el Cuadro 9, tomando en cuenta lecturas que van desde octubre 1997 hasta mayo de 1998.

Se establecieron siete puntos de control distribuidos en la cuenca del río Frío en donde cada mes se tomaban las lecturas con un aparato aforador (molinete); al mismo tiempo se tomaba una muestra para su respectivo análisis físico, químico y biológico.

Al inicio de las lecturas en los meses de octubre y noviembre, (cuadro No.11) se observó un caudal de 2.5 m³; en los dos meses siguientes (diciembre y enero) bajó a 1.4 m³ Esta reducción se debe a que termina el período lluvioso, dando inicio al

período seco en el cual el caudal disminuye drásticamente hasta llegar a un nivel de 0.4 m^3 . haciendo que las aguas se estanquen y junto con los desechos vertidos por los beneficios adopte una apariencia viscosa.

Fue necesario hacer un ajuste en las lecturas, de acuerdo a lo descrito por Jimenez, (1986) acerca del balance hídrico, ya que durante el período no se consideró el consumo de agua familiar para uso doméstico y el agua para procesar el café, encontrándose que durante la etapa de máxima producción el consumo aumenta hasta un 19% en Enero, 28% en Febrero y 40% en Marzo , del total de agua captada en la cuenca.

En el Cuadro 12, se muestran los valores ajustados por ambos consumos. Otro ajuste que se tubo que hacer fue la estimación del café procesado en la cuenca, pero que no es vendido ni reportado en el país pero que al momento de producirlo impacta en las condiciones de la cuenca se encontró un total de 190 productores que en total producen 5700 quintales de café, cantidad suficiente para abrir una planta de modelo 5 y dos modelos 3.

Cuadro 11. Caudales mensuales en l/s, de los afluentes de la cuenca del Río Frio, Santa Bárbara, Honduras

Variable	Meses 1997			Meses 1998				
	oct	nov	dic	ene	feb	mar	Abr	may
suma lecturas	2317	2506	1438	1434	881	503	429	625

Fuente: Pineda *et al.*, 1998.

Cuadro 12. Caudales mensuales ajustados en l/s con el consumo doméstico y consumo por beneficiado del café, de los afluentes de la cuenca del Río Frio, Santa Bárbara, Honduras

Variable	Meses 1997			Meses 1998				
	oct	nov	dic	ene	feb	mar	Abr	may
Caudal medido	2317	2506	1438	1434	881	503	429	625
Consumo familiar	20	20	40	40	40	40	20	20
Consumo en beneficiado	0	0	307	307	307	307	200	0
Consumo total	20	20	347	347	347	347	220	20
Caudal total	2337	2526	1785	1781	1228	850	649	645

Fuente: Pineda *et al* (1998)

En la figura 9 se muestran los resultados de las lecturas de caudales tomadas antes, durante y después de la época de recolección, pero sin incluir el consumo familiar ya que no fue estimado para conocer el caudal real en la cuenca.

Según Pineda *et al.* (1998), la cuenca posee una disponibilidad de 20304 metros cúbicos por día, que en realidad viene a ser el agua que corre y que no es utilizada en la parte alta de la cuenca, pero si le agregamos el consumo de agua sin ningún control ambiental y teniendo un día pico de 1381 sacos por 8 metros cúbicos de agua, da como resultado un consumo de 11052 m³ por día, del cual un 25 % queda retenido en el grano del café y los residuos cosecha, más el consumo doméstico, el que se estima en 1.5 m³ por día, se tiene un consumo doméstico de 1412 m³ que sumado resulta en 12464 m³. En todo caso, la disponibilidad real de agua en la cuenca es de 37006 m.³

En la Figura 10 aparece el consumo real, las lecturas tomadas y el consumo estimado de agua. El rápido descenso en las lecturas a partir del mes de diciembre se debe al período de lluvioso que antecede al proceso de beneficiado, este como agravante se realiza en la época seca. Pero con el ajuste la disponibilidad de la cuenca se pone al máximo para hacer las estimaciones más cercanas a la realidad.

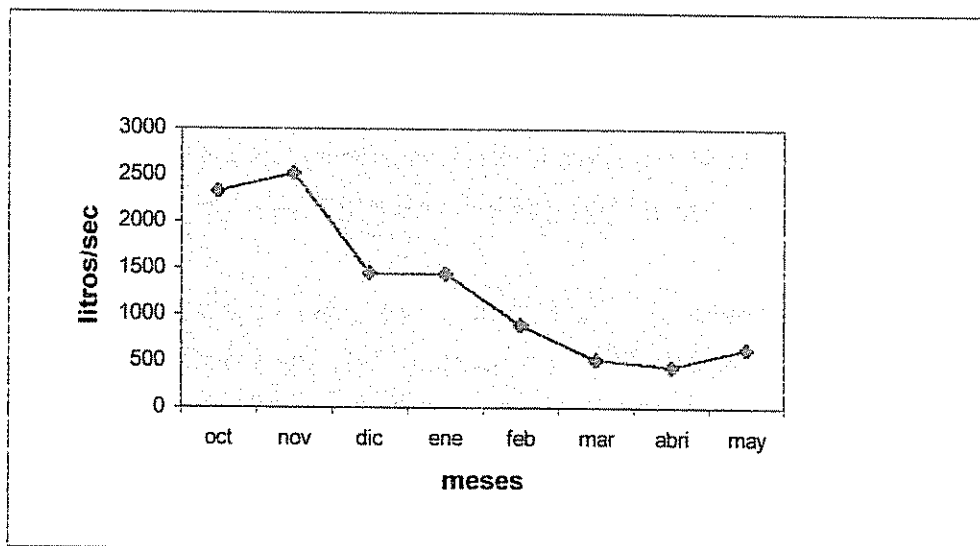


Figura 9. Disponibilidad diaria de agua en la cuenca del Rio Frio, durante el período octubre 1997 a mayo de 1998.

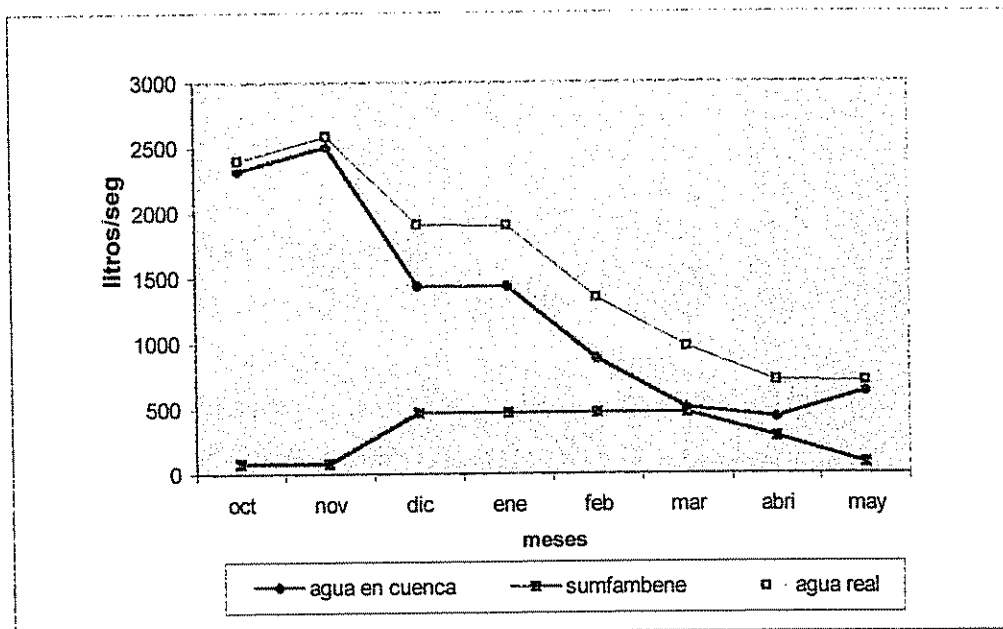


Figura 10 Caudal total disponible en la cuenca del Río Frío durante el período octubre 1997 a mayo de 1998

Para estimar los caudales de cada fuente se ubicaron las fincas por cada sección del río, mediante la información de las producciones obtenidas por productor de la encuesta nacional de productores de 1992 y actualizada anualmente por el IHCAFE. Se detalló el número de productores por sección y la cantidad de café cultivado, así como el número de sacos de café procesados por sección actualizado a mayo de 2000, consecuentemente se estableció el consumo de agua por sección para realizar el ajuste general de la disponibilidad de agua de la cuenca.

Luego se dividió en siete secciones de R1 a R7, la sección R1 corresponde a la microcuenca Displayada, R2 corresponde a la microcuenca del Río Frío, R3 a la microcuenca del Río de Enmedio, R4 a la microcuenca Río Resumidero, R5 a la unión de las Microcuencas R2 y R3.

R6 que corresponde a la intersección de las microcuencas R4 con R5, y R7 que es la sección final de la cuenca del Río Frío ubicado en San Manuel.

$R7 = R1+R2+R3+R4+R5+R6$; esto corresponde a la disponibilidad del agua sin el ajuste por el consumo familiar y para el beneficiado del café .

Para las lecturas ajustadas quedaría de la siguiente manera

$$r1 = R1 + b1 + f1$$

$$r2 = R2 + b2 + f2$$

$$r3 = R3 + b3 + f3$$

$$r4 = R4 + b4 + f4$$

$$r5 = R5 + b5 + f5$$

$$r6 = R6 + b6 + f6 + r1 + r2 + r3 + r4 + r5$$

$$r7 = R7 + b7 + f7 + r6$$

donde

r = lecturas ajustadas

b = agua utilizada en el beneficiado del café

f = agua utilizada para consumo familiar

R = lectura de caudales sin ajustar

Este ajuste fue necesario para tener un valor más cercano a la realidad, debido a que el proyecto asume la eliminación de los beneficios pequeños y establece un sistema de retención de contaminantes a nivel de planta según el esquema propuesto por (Pineda, 1997) y un supuesto de control externo de descargas a nivel de toda la cuenca.

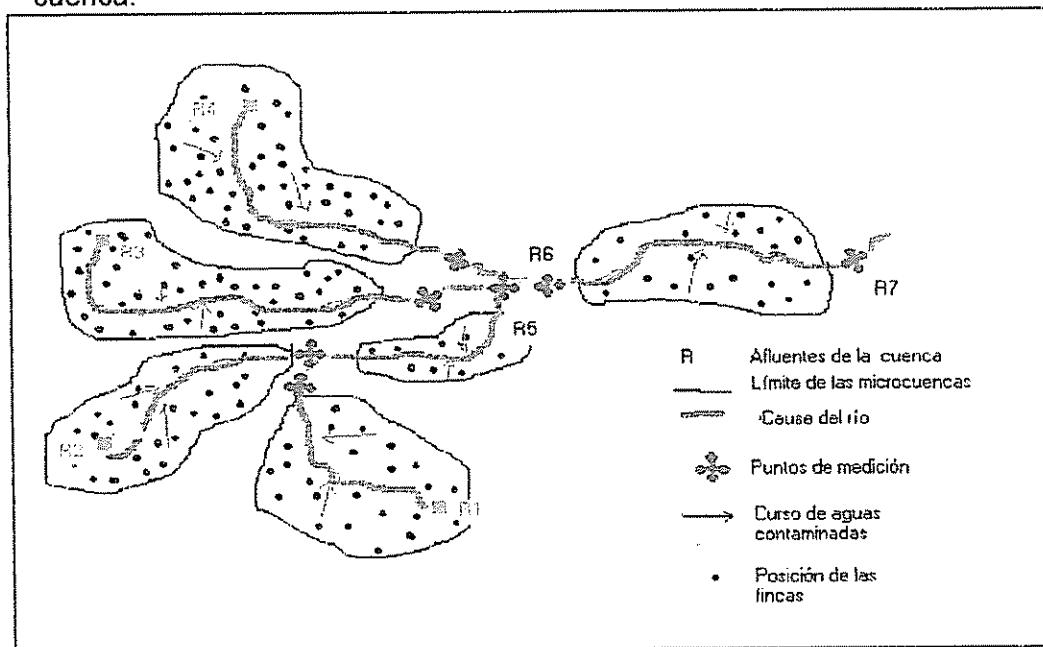


Figura 11. División de la cuenca del Río Frío en secciones o áreas para la medición de caudales

4.6 Optimización de la función

4.6.1 Determinación de costos variables de beneficiado y transporte

Se determinaron los costos variables actuales por cada saco preparado por el productor, por cada modelo de planta en estudio, así aparecen los costos variables y de transporte del productor en el Cuadro 13, se aprecia que a menor uso de tecnología el costo variable es mayor, y en sentido inverso lo opuesto, los modelos de mayor uso de tecnología ofrecen opciones de largo plazo mas bajas que los primeros tres modelos, la ventaja comparativa radica en que a pesar de que requieren mayor inversión inicial en la compra de equipo para despulpar, lavar y clasificar el café, el retorno es de corto plazo ya que se aprovecha la capacidad instalada de la planta, con volúmenes a escala que tiene un costo promedio mas bajo.

Se encontró que el precio por quintal oro recolectado fue de US\$ 11.49 por saco de 46 kg. También se consideró que el costo de recolección por su naturaleza es similar en fincas grandes y pequeñas aun y cuando se emplee mano de obra familiar, por eso aparece la misma cantidad par a todos los modelos estudiados. Igual consideración recibió el costo de traslado interno en las fincas. El costo de lavado con reciclaje de agua se realiza únicamente en los modelos de plantas 3 al 5, por tal razón no aparece en los modelo 1 y 2

Cuadro 13. Costos de beneficiado y transporte del productor en US \$

Cuadro de costos de beneficiado del productor					
actividad	Costo de beneficiado por quintal de café oro en US \$				
	Modelo1	M2	M3	M4	Central
Costo de corte	11.49	11.49	11.49	11.49	11.49
Costo de transporte interno en la finca	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
costo de transporte de la finca al Beneficio 25 Km	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sub total					
Costo de despulpado	0.20	0.23	0.13	0.23	0.15
Costo de lavado	0.79	0.79	0.58	0	0
Costo de lavado con reciclaje	0	0	0.84	0.17	0.03
Costo de secado	0.90	0.82	0.78	0.58	0.43
Sub total	3.18	3.18	2.34	0.99	0.62
Costo de transporte del beneficio al comprador exportador 70 km	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Costo total	13.83	14.04	14.53	13.18	12.11

4.6.2 Costo de flete por Kilómetro por saco de café

este valor se estimó en dos dimensiones de acuerdo a las condiciones que ofrece la infraestructura del país, 11 mil Kilómetros de caminos de terracería en las zonas cafeteras y 14 mil kilómetros de carreteras interdepartamentales pavimentados, que conducen a los centros de exportación, con el apoyo de productores, técnicos y compradores de café se estimó el costo de flete de la finca al beneficio central más cercano en US\$ 0.05 y del beneficio al exportador en US\$ 0.04 por Km. la diferencia la hacen las condiciones físicas de las primeras, Cuadro 14. Generalmente están en mal estado y demandan mayor uso de vehículos y repuestos, comparadas con las que si están asfaltadas.



Cuadro 14. Costo por kilómetro por quintal cereza y pergamino seco en US \$

Costos de transporte por kilómetro en US \$	
Flete de... a	Costo/qq
interno de finca a la calle Km/qq cereza	0.62
De finca al beneficio Km/qq café cereza Del beneficio al Comprador pergamino seco	0.05 0.04

4.6.3 Aplicación del modelo matemático

Para resolver el problema se utilizó el modelo matemático lineal, establecido en la metodología con una función objetivo y seis restricciones. Luego se trasladó al lenguaje del programa de optimización GAMS, con el que se obtuvieron los resultados previstos en el modelo del proyecto. Anexo 1.

4.6.4 Soluciones óptimas para los siguientes términos de intercambio

se plantearon 8 términos de intercambio para ser modelados.

- a) Número de plantas en el punto de solución óptima con diferentes montos de inversión.
- b) Un monto óptimo de inversión aplicado a diferentes estándares externos desde cero control hasta 70% de control.
- c) Monto óptimo aplicado a diferentes controles a nivel de planta, iniciando con cero control hasta 70%.
- d) Un estándar externo del 70 % de descargas con diferentes montos de inversión.
- e) Ubicación y número de plantas en el punto de solución óptima.
- f) Solución con una reducción a la mitad de disponibilidad del agua.
- g) Solución si se duplicara la producción.

4.6.5 Un estándar externo del 70% de descargas con diferentes montos de inversión

Considerando que cada planta tiene implícito en el diseño un sistema de control de descargas, pero bajo el supuesto que externamente se estableciera adicionalmente una serie de niveles estándar de descargas, se obtendrían los siguientes resultados

presentados en el Cuadro 15. El 50% de control o sea 310260 sacos retenidos y tratados en la planta se obtendría con un nivel de inversión de capital de 534 mil dólares, logrando hacer el 70% de control a un costo de 667 mil dólares, como se muestra en la Figura 12.

Cuadro15. Diferentes niveles de inversión versus un nivel de contaminación estándar de 70% establecido externamente.

Nivel de contaminación porcentual	Costo en miles de \$US.	Contaminación estándar en sacos de 46 kg de desecho
0	0	620520
12.5	134	542955
25	266	465390
37.5	400	387825
50	534	310260
70	667	186156
80	800	186156

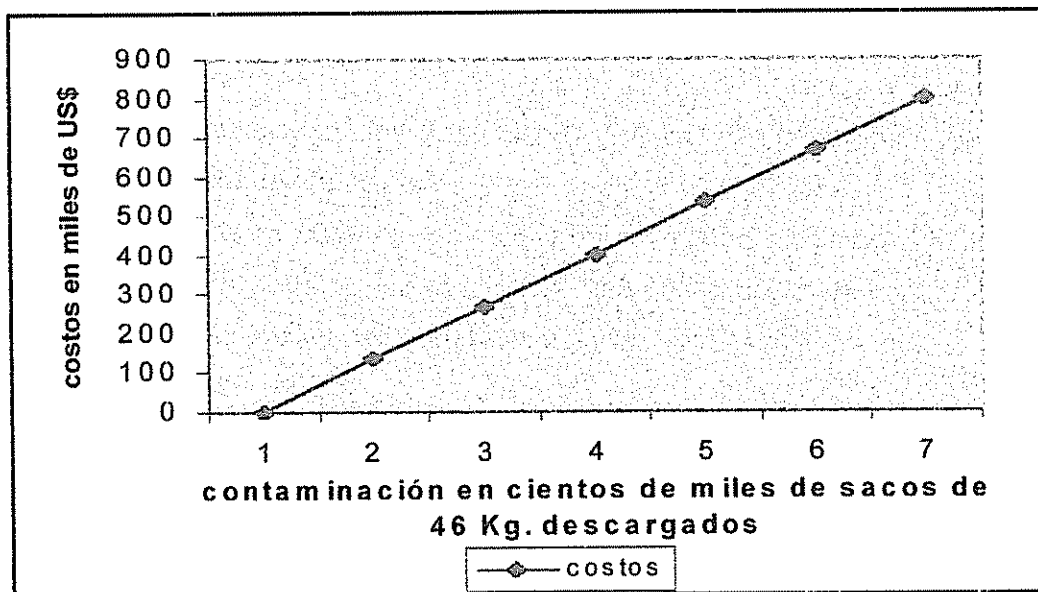


Figura 12. Niveles de inversión versus un nivel de control estándar de descargas del 70% establecido externamente.

4.6.6 Un monto óptimo de inversión aplicado a diferentes estándares externos desde cero control hasta 70% .

Con una inversión de 667 mil dólares, tal como se muestra en el cuadro 16, donde diferentes controles externos fueron evaluados, con un monto de inversión óptimo. Se encontraron iguales resultados para la función objetivo, en los tres estándares aplicados, con un valor de 138733 dólares. Pero como se está utilizando un mismo nivel de inversión, el programa optimiza los recursos, reteniendo la misma cantidad de desechos con 50 y 70 % de control.

4.6.7 Monto óptimo aplicado a diferentes controles a nivel de planta, iniciando con cero control hasta 70%

Se aplicó el monto óptimo encontrado en el primer término de intercambio (667 mil dólares) con tres opciones, (Cuadro 17): 1) una opción sin ningún tipo de control en la planta, 2) otra con un 50% de control en planta y 3) la última con un 70% de control en planta, si se aplicaran los controles a nivel de planta con igual cantidad de capital de inversión, pero sin ningún tipo de control en las descargas se vestirían 196690 sacos de desechos en la fuente de agua con un 50% se vestirían 98350 sacos y con un máximo control del 70%, 58780 sacos. Por lo que se observa el progreso que tendría en el control de vertidos el cual es inversamente proporcional al monto invertido, mayor cantidad de capital invertido menor cantidad de desechos vertidos a los ríos de la cuenca. Además con la inversión fija ya esta minimizado el costo de transporte

En el mismo cuadro se observa que se mantienen los mismos costos en la función objetivo de 138733 dólares por año. Esto indicó que el costo de transporte para distribuir en forma óptima el grano sería igual para todos los casos con los diferentes niveles de control.

Esto también implica que puede llegar a disminuir la contaminación con inversión y gasto igual.

Cuadro 16. Capital base aplicado a diferentes tipos externos de estándar con cero control, 50 y 70%.

Niveles de control externo	Contaminación producida (sacos de 46 Kg. de desecho)	Costo de transporte US\$
0 control	0	
50% de control	9835	138733
70% de control	9835	138733

Cuadro 17. Resultados de aplicar diferentes nivel de control a nivel de planta

Niveles de control a nivel de planta	Contaminación producida a nivel de planta (sacos 46kg)	Costo de transporte en miles de \$US.
0 control	19669	138733
50% de control	9835	138733
70% de control	5878	138733

4.6.8 Ubicación y número de plantas en el punto de solución óptima

En el Cuadro 18 aparecen los resultados del número de beneficios en el punto de la solución óptima. Primero se presentan la solución resultante al problema de optimización, luego se modelaron otras opciones frente a varios escenarios supuestos.

La Figura 13 muestra las diferentes opciones que se propusieron al modelo, sitios en los que potencialmente pueden ser ubicadas las instalaciones.

Cuadro 18. Número de plantas en el punto de solución óptima con diferentes montos de inversión.

Montos de inversión en miles de US\$	Tipo y número de beneficios		Capacidad instalada en sacos de 46 Kg de café oro
	Mb 2	Mb 5	
534	26	6	32600 (operando 2 horas +)
667	7	8	40700
800	7	8	40700

Para la primera solución el modelo ofrece como resultado la construcción de 26 plantas del modelo 2 para 100 quintales oro procesados por año y 6 plantas modelo 5. La Figura 15 presenta una mejor idea en la ubicación de las plantas.

Sin embargo, las plantas tendrían que operar dos horas mas por día de cosecha para lograr procesar todo el grano que se produce en el período cosecha.

Mientras que para la segunda y tercera opción, se deberían construir únicamente 8 plantas modelo 5 tipo central con capacidad para 5000 sacos oro procesados por período y 7 plantas modelo 2 para 100 sacos.

Por tanto la solución óptima se fija en 667 mil dólares con la que se construirían 8 plantas modelo 5 con una retención del 70% de los desechos para tratarla.

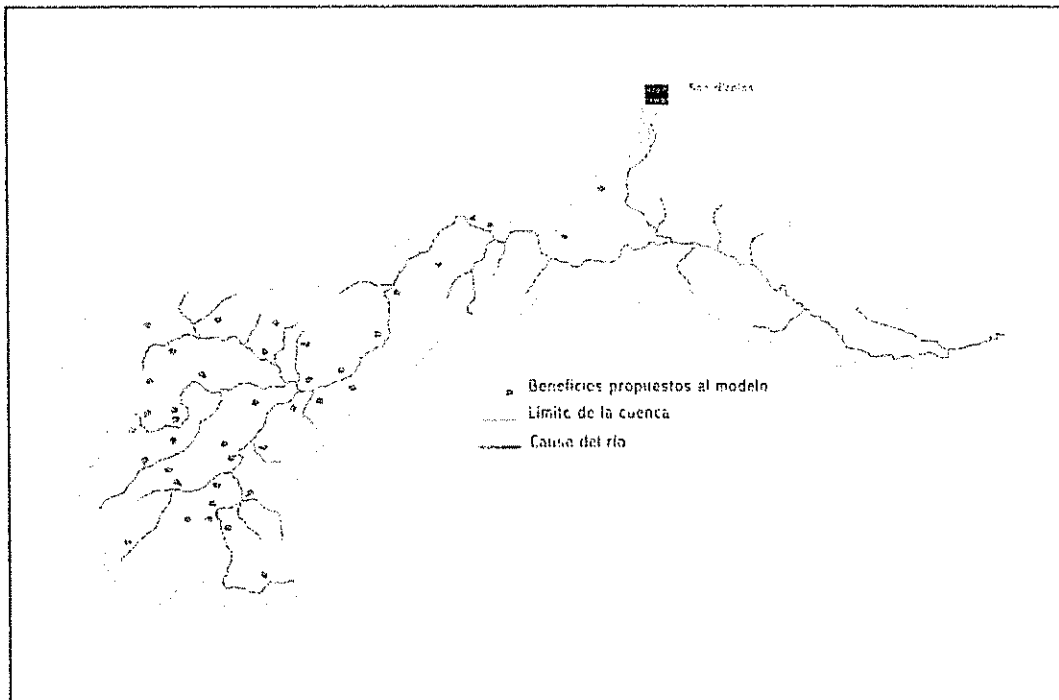


Figura 13. Ubicación de los Beneficios propuestos al modelo para optimización en la cuenca.

La ubicación óptima de las plantas aparece en el Cuadro 19. Donde el modelo realizó la distribución de acuerdo a los montos de inversión óptimos de la siguiente forma; con una inversión de 534 mil dólares se deberían construir 26 plantas modelo 2 y 5.3 modelo 5 tipo central, las que se ubicarían así; en el río 1, correspondiente a la subcuenca del río la displayada, es el punto óptimo para ubicar 4 plantas modelo 2 y 3 plantas modelo 5 tipo centrales.

La Figura 14 muestra la distribución resultante. En el río 7 correspondiente a la última sección de la cuenca ubicado en el poblado de San Manuel. En donde el modelo sugiere la construcción de 12 plantas modelo 2 y 1.3 plantas modelo 5. Los ríos 2 y 3 correspondientes al río frío y en medio, fueron seleccionados para la construcción de 10 plantas modelo 2.

Los ríos 4, 5, 6, no fueron seleccionados debido posiblemente a que por su ubicación dependen en gran medida del caudal remanente que sale de los ríos seleccionados que por su ubicación tienen mayor disponibilidad de agua, y también por la proximidad a las fincas. Lo que reduce el costo de transporte.

Cuadro 19. Ubicación óptima de las plantas de procesamiento por río y beneficio seleccionado.

Montos de inversión en miles de dólares	Tipo y número de beneficios			
	Río	beneficio	M2	M5
8	1	1	1	1
	1	2	1	1
	1	3	1	1
	1	4		
	1	5	1	
	2	1	1	1
	2	2	1	
	2	3	1	
	2	4	1	
	2	5	1	
	2	7	1	
	3	1	1	
	3	2	1	
	3	3	1	
	3	7	1	
		7	1	1
	7	3	9	
	7	4	1	
	7	5	1	
10 y 12	1	1	1	1
	1	2	1	1
	1	3	1	1
	2	1		1
	2	2		1
	2	4	1	
	2	5	1	
	2	6	1	
	2	7	1	
	3	1		1.67
7	7		1	

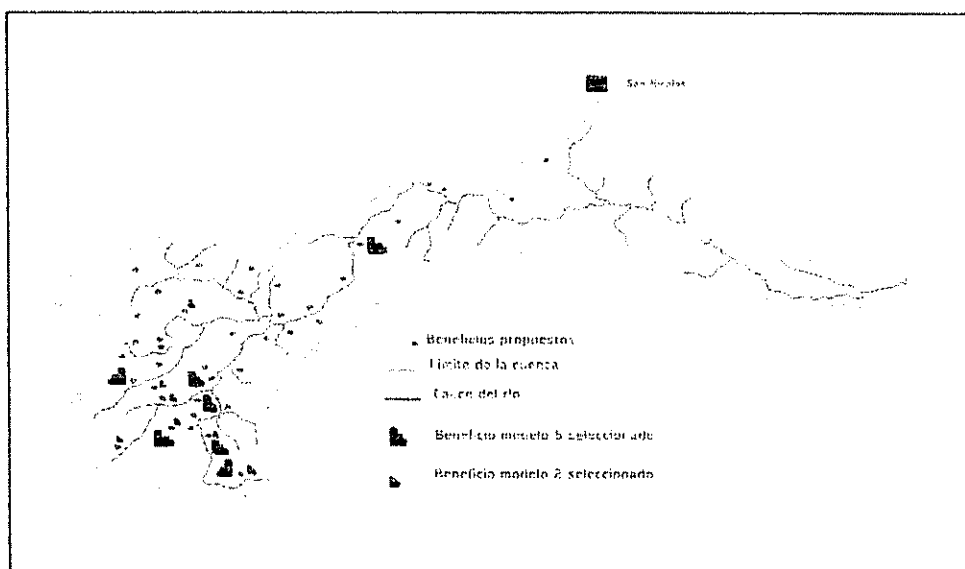


Figura 14. Beneficios seleccionados en la solución óptima por el modelo con un monto de inversión de 667 mil dólares.

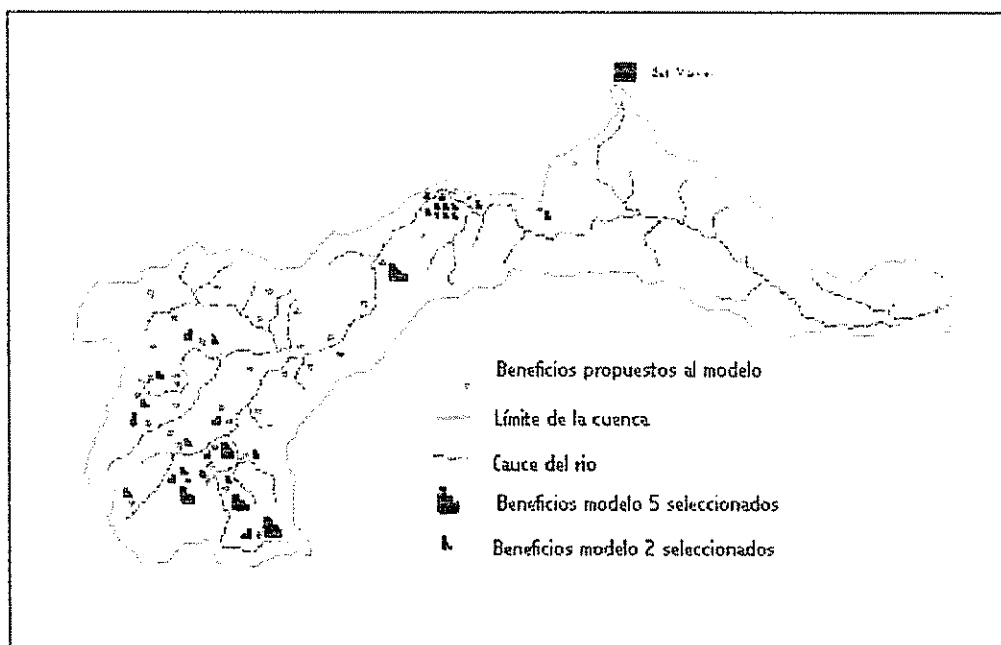


Figura 15. Beneficios seleccionados en la solución óptima por el modelo con un monto de inversión de 534 mil dólares.

4.6.9 Solución con una reducción a la mitad de disponibilidad del agua

En el caso de que se tuviera una escasez de agua en la cuenca, que redujera a la mitad el recurso, la propuesta modelada es la construcción de 4 plantas modelo 4 para procesar 1000 sacos por año y 7 plantas modelo 5, que son las opciones que requieren menos agua por quintal procesado, pero en este caso cambia la ubicación de las plantas, abriendo 6 plantas modelo 5 en el punto donde se cuente con mayor cantidad de agua, mostrando mayor preferencia por la ubicación del beneficio 7 entre los ríos 1,2,3, Tal como aparece en el cuadro 20. Y la Figura 16.

Cuadro 20. Ubicación óptima de las plantas de procesamiento en el caso que el agua escaseara a la mitad.

Inversión en miles de US\$	Río	Beneficio	Modelo 4	Modelo 5
667	Frío	1		1
667	Frío	7	1	1
667	Desplayada	7		1
667	Enmedio	7	1	1
667	Resumidero	7	1	1
667	Unión	7	1	1
667	Cause común	7		1

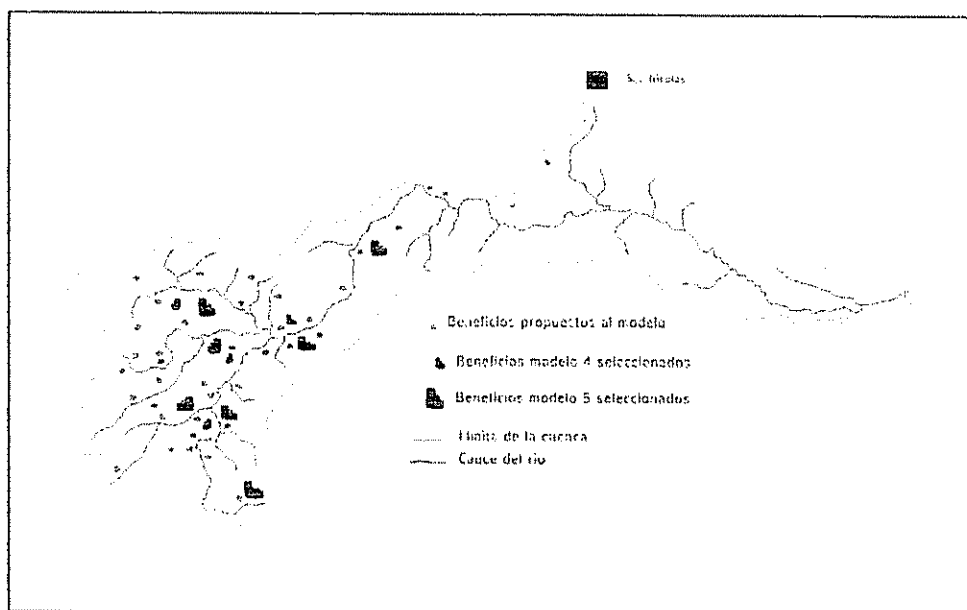


Figura 16. Escenario con una reducción de la disponibilidad del agua a la mitad.

4.6.10 Solución si se duplica la producción en la cuenca

Si se duplicara la producción se tendrían los resultados que aparecen en el Cuadro 21 asumiendo que se mantiene una inversión de 667 mil dólares con un control estándar del 70% y control en planta del 70%. Un costo de oportunidad de 0.32 US\$ por unidad invertida, un aumento en el agua utilizada, la posibilidad de que el uso del agua seque el río Frío como se ve en la Figura 17. El modelo sugiere la construcción de 112 plantas modelo 2 y 7.7 plantas modelo 5

Cuadro 21. Resultado de la duplicación de la producción en la zona de estudio

Monto invertido En miles de US\$.	Contaminación En sacos de 46 kg de desechos	Costo de oportunidad	Agua utilizada por día	Ríos que podrían secarse	Modelo 2	Modelo 5
667	13101	0.32	aumenta	R2	112	7.7

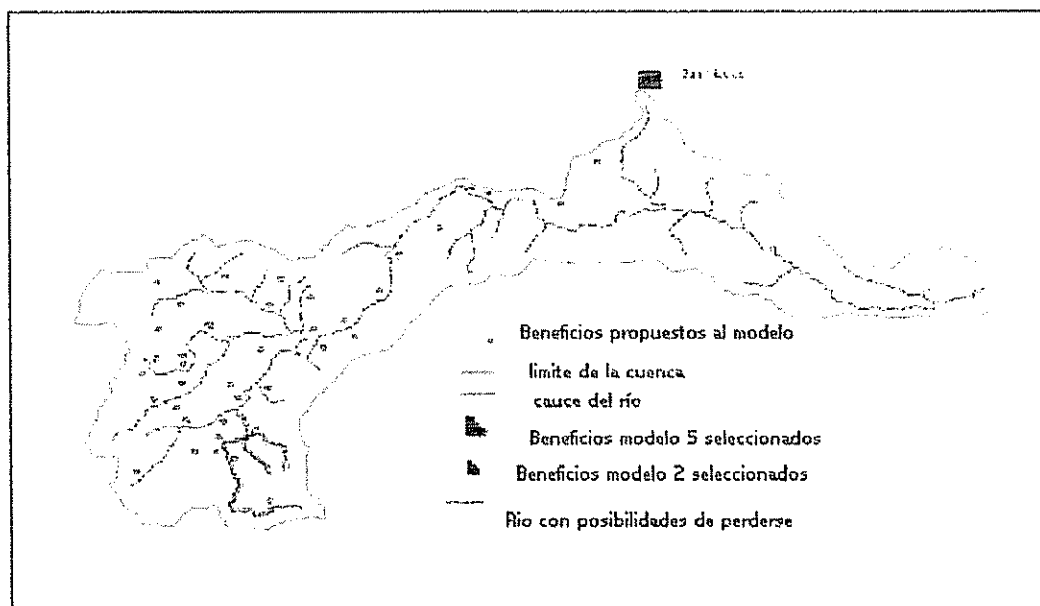


Figura 17. Escenario con una duplicación del café en la cuenca

4.7 Costos rentabilidad e incentivo económico

4.7.1 Incentivo bajo el principio de la optimalidad de Pareto

Bajo el principio de Pareto, se establecieron primero los costos de los involucrados directamente en la comercialización del café en Honduras; Productores y exportadores y gobierno u organismo que regule la política cafetera del país. A fin de que se pueda asegurar que nadie haya sido perjudicado, para mejorar el bienestar de uno sin empeorar el de otros.

4.7.2 Costos y rentabilidad del productor

Para el análisis de los costos y la rentabilidad del productor se hizo un comparativo con el proyecto y sin el proyecto, además se analizó otro factor externo, con el castigo internacional y sin el castigo de US\$ 12 por saco exportado, con un precio internacional de 75 dólares por saco

En el Cuadro 22 aparecen los resultados de los costos del productor por saco de café con y sin el proyecto de beneficiado, sin el proyecto el productor asume los costos fijos y variables del proceso, considerando que el costo de control ambiental no esta integrado en las instalaciones analizadas (Ma), por esa razón se muestran ligeramente bajos comparado con la tecnología final que se aplico en el estudio. Con el proyecto (Mb) el productor solo paga el costo de corte y transporte interno de US\$ 12.11 por saco.

Cuadro 22 Costos de procesamiento por saco del productor con y sin el proyecto

Modelo propuesto	Costos de procesamiento con proyecto		Costos de procesamiento sin proyecto			Diferencia= Costo de oportunidad
	Costo Fijo	Costo Variable	Modelo Actual	Costo Fijo	Costo Variable	
Mb1	0	12.11	Ma1	15.88	16.67	20.44
Mb2	0	12.11	Ma2	8.31	16.62	12.82
Mb3	0	12.11	Ma3	10.72	16.27	15.23
Mb4	0	12.11	Ma4	10.31	13.56	11.76
Mb5	0	12.11	Ma5	10.23	12.81	10.93

Mb modelo propuesto Ma modelo actual

Comparativamente, los costos de preparación reflejan un costo que va desde 10.93 dólares hasta 20.44 por saco procesado en cifras porcentuales sería 47 y 37 % del costo de operación. Mas adelante este valor servirá para definir el valor de la ganancia del productor al dejar de hacer la actividad.

La rentabilidad del productor aparece también bajo dos situaciones, una real que conlleva el pago de un castigo internacional y otra hipotética que se pretende alcanzar sin castigo, Cuadro 23.

Si se diera el caso de no enfrentar un castigo de 12 dólares por mala calidad sin el proyecto tendrían una rentabilidad entre 34.92 para modelo 1 hasta 44.42 dólares para el modelo 5.

Con el proyecto la rentabilidad sería nivelada para todos los modelos de 46.16 dólares. Considerando siempre que el productor se encarga solamente de la recolección.

Pero ante la realidad de pagar el castigo, Cuadro 24. la rentabilidad disminuye drásticamente, sin el proyecto la rentabilidad pasa de 34.92 a 24.12 dólares en el modelo Ma1, de 44.42 a 33.63 en el modelo Ma5.

Con el proyecto paso de 46.16 en el modelo Mb1 a 36.79 en el modelo Mb5, con este precio el valor del castigo se agiganta reduciendo los ingresos de las familias que dependen del cultivo.

Cuadro 23. Rentabilidad del productor con y sin el proyecto sin castigo internacional, con un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 Kg

Modelo propuesto	Con proyecto			Sin proyecto			
	Ingreso por Venta por saco de 46 kg US\$	Costos/saco en US\$	rentabilidad	Ingreso por venta por saco de 46 kg	Costos/saco en US\$	Rentabilidad	
				Modelo actual	US\$		
Mb1	58.22	12.11	46.16	Ma 1	67.46	32.55	34.92
Mb2	58.22	12.11	46.16	Ma 2	67.46	24.93	42.53
Mb3	58.22	12.11	46.16	Ma 3	67.46	27	40.47
Mb4	58.22	12.11	46.16	Ma 4	67.46	23.87	43.59
Mb5	58.22	12.11	46.16	Ma 5	67.46	23.04	44.42

Mb modelo propuesto Ma modelo actual

Cuadro 24. Rentabilidad del productor con y sin el proyecto con castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 kg. Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 kg

Modelo propuesto	Con proyecto			Sin proyecto			
	Ingreso por venta por saco de 46 kg menos castigo de 12 Dólares US\$	Costos/saco en US\$	Ganancia	Ingreso por venta por saco de 46 kg – menos castigo de 12 dólares Modelo actual	Costos/saco en US\$	Ganancia	
Mb1	48.90	12.11	36.79	Ma1	56.67	32.55	24.12
Mb2	48.90	12.11	36.79	Ma 2	56.67	24.93	31.74
Mb3	48.90	12.11	36.79	Ma 3	56.67	27	29.67
Mb4	48.90	12.11	36.79	Ma 4	56.67	23.87	32.8
Mb5	48.90	12.11	36.79	Ma 5	56.67	23.04	33.63

Mb modelo propuesto Ma modelo actual

4.7.3 Ganancia del exportador

En el cuadro No. 25 se muestra la rentabilidad del exportador con el castigo a pagar, pero antes se explicara la composición de la ganancia del exportador, básicamente se compone de la tasa de conversión que aplica al productor mas que del intercambio de precio que fije a nivel internacional, en el cuadro 23 y 24 aparece la cantidad de café que vende realmente el productor, 41.38 kg. Por saco son del productor y 4.62 kg por saco van como ganancia del exportador. en el caso de que no exista el proyecto que son las condiciones actuales (modelos Ma), en donde los productores realizan todo el proceso, pero si esa tarea se pasa a manos del exportador la tasa de cambio aumenta a 35.71 kg para el productor y 10.29 kg para el exportador, aquí se incluyen 1.38 kg que corresponden al café de tipo corriente aun así la rentabilidad del productor con el proyecto supera la situación actual sin proyecto.

Se consideró como ganancia solamente la fracción dejada en la transacción y se estimó el costo de esta sin el proyecto, el costo para el exportador es de 0.60 dólares y con el proyecto el costo asciende a 6.48 en le modelo 1 y 4.63 para el modelo 5. El castigo aparece en este cuadro 25, por lo que la ganancia por saco para el exportador es de 5.73 sin proyecto y 9.46 con el proyecto.

En el Cuadro 26, se muestran los resultados sin el pago del castigo la rentabilidad pasa de 5.73 a 6.93 dólares por saco, sin el proyecto y de 9.46 a 12.14 con el proyecto realizado, esto ocurre durante el período de pago de capital mas intereses del proyecto. Cuando halla finalizado el pago de la infraestructura se tendrían los resultados del Cuadro 27, la ganancia del exportador mejora con el proyecto pasa a 16.67 dólares mientras que sin proyecto la ganancia es de 6.93. Esto significa una rentabilidad del 22% 1uy superior a que si se mantuviera en el banco a una tasa del 5 o 6 %.

Cuadro 25. Rentabilidad del Exportador con y sin el proyecto con castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 kg. Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 kg, durante los primeros 10 años del proyecto.

Modelo propuesto	Con proyecto			Sin proyecto			
	Ingreso por saco vendido de 46 kg	Costos/ en US\$	Ganancia	Ingreso por saco vendido de 46 kg		Costos/ en US\$	Ganancia
	US\$/saco			Modelo actual	US\$ /saco		
Mb1	14.09	6.48	7.61	Ma 1	6.33	0.60	5.73
Mb2	14.09	4.83	5.46	Ma 2	6.3	0.6	5.73
Mb3	14.09	4.22	9.87	Ma 3	6.33	0.60	5.73
Mb4	14.09	3.29	10.8	Ma 4	6.33	0.60	5.73
Mb5	14.09	4.63	9.46	Ma 5	6.33	0.60	5.73

Mb modelo propuesto Ma modelo actual

Cuadro 26. Rentabilidad del Exportador con y sin el proyecto sin castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 Kg Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 Kg durante el período de pago de la infraestructura.

Modelo propuesto	Con proyecto			Sin proyecto			
	Ingreso por saco vendido de 46 kg	Costos/ saco en US\$	Ganancia	Ingreso por saco vendido de 46 kg		Costos/ saco en US\$	Ganancia
	US\$/saco			Modelo actual	US\$ /saco		
Mb1	16.77	6.48	10.29	Ma 1	7.53	0.60	6.93
Mb2	16.77	4.83	11.94	Ma 2	7.53	0.60	6.93
Mb3	16.77	4.22	12.55	Ma 3	7.53	0.60	6.93
Mb4	16.77	3.29	13.48	Ma 4	7.53	0.60	6.93
Mb5	16.77	4.63	12.14	Ma 5	7.53	0.60	6.93

Mb modelo propuesto Ma modelo actual

Cuadro 27. Rentabilidad del Exportador con y sin el proyecto sin castigo internacional de US\$ 12.00 por saco de 46 kg. Y un precio de US\$ 75.00 por saco de 46 kg después del período de pago de la infraestructura.

Modelo propuesto	Con proyecto			Sin proyecto			
	Ingreso por saco vendido de 46 kg	Costos/saco en US\$	ganancia	Ingreso por saco vendido de 46 kg	Costos/saco en US\$	ganancia	
	US\$/saco			Modelo Actual	US\$/saco		
Mb1	16.77	0.72	16.05	Ma 1	7.53	0.60	6.93
Mb2	16.77	0.72	16.05	Ma 2	7.53	0.60	6.93
Mb3	16.77	0.51	16.26	Ma 3	7.53	0.60	6.93
Mb4	16.77	0.20	16.57	Ma 4	7.53	0.60	6.93
Mb5	16.77	0.10	16.67	Ma 5	7.53	0.60	6.93

Mb modelo propuesto Ma modelo actual

4.7.4 Estimación del incentivo

Con el proyecto, es posible que el beneficiador mantenga su nivel de ganancia en el corto y mediano plazo mas un ingreso positivo adicional de 7.25 dólares por saco vendido, con el proyecto, bajo el siguiente calculo:

$$P_B^S \geq \frac{P_Y^F + C^{IY} K_{fBY} + C^{I\phi} K_{BC\phi} + N_i C_i^{VY} + \frac{N_i C_i^f}{\phi}}{\phi} \forall_B \forall_i$$

sustituyendo valores en la formula

$$P_B^S = 48.90 + 1.25 + 2.8 + 0.62 + 14.23 = 67.75/1$$

$$I \geq P_B^S - P_F^S$$

$$I \geq 75 - 67.75$$

$$I \geq 7.25 \text{ US\$}$$

Puede mejorar aun más en el largo plazo a 16.67 dólares, cuando se hayan cubierto los costos de inversión. Para que el productor permanezca igual, el incentivo deberá ser igual a 5.73 US\$, cantidad que dejaría de percibir por entregar el café sin prepararlo, y como se muestra en la solución donde I es igual a 7.25, justificando el aumento en la ganancia del exportador, los productores que aun no tengan ninguna

inversión en infraestructura se habrían ahorrado 10.93 dólares que cubre el costo de oportunidad de no hacer el proceso del beneficiado cuadro 22.

De esta forma el productor tendría \$16.66 de los cuales 5.73 dólares deberán ser pagados por el organismo regulador de la política cafetera del país, una parte puede provenir del excedente del exportador, y otra parte puede venir del fondo cafetero Nacional.

El incentivo deberá ser permanente, si el proyecto tiene éxito y se logra quitar el castigo de 12 dólares por saco, el fondo para el pago saldrá del ingreso obtenido.

4.7.5 Café de Marcala

El café producido en la zona de Marcala, tiene un sistema centralizado de comercialización del café, al igual que las ventas que realizan las diferentes cooperativas de café a través de la Central de Cooperativas Cafetaleras de Honduras. Tienen un trato diferente no reciben el castigo, y sí un premio de 5 dólares por saco exportado, lo que significa un ingreso de 17 dólares por saco por encima de lo que ganan el resto de los productores nacionales.

Con una política de centralización del café es posible tener mejores opciones para mejorar las condiciones de los productores sin perjudicar el bienestar de los demás.

4.7.6 Condiciones actuales del mercado del café

Según datos de la unidad de comercialización de IHCAFE, las actuales condiciones del mercado del café, que se muestran en la Figura 18, en este período se viene pagando en el mercado internacional, un valor de US\$ 75 por saco de 46 kg. En el mercado nacional se tiene que pagar un castigo promedio de US\$ 12.00 por saco de café exportado, por mala calidad del grano vendido. El exportador traslada el castigo al productor y adicionalmente le resta la ganancia por transacción, de 4.62 kg /saco. Lo que deja al productor un ingreso por ventas de 56.67 dólares, menos el costo de procesamiento 23.04 dólares lo que le deja una rentabilidad de 33.63 dólares antes de cubrir sus costos de mantenimiento y producción, que son de aproximadamente 18 dólares, mas el pago de una cuota de 6 dólares por saco exportado para el mantenimiento de carreteras y administración de las organizaciones gremiales. Dejándole una ganancia neta de 9.63 dólares por saco vendido.

Precio internacional	75 dólares
Castigo por mala calidad	12
Ganancia del exportador	7.53
Costo de procesamiento	23.04
Costos de mantenimiento	
De la finca	18
<u>Cuota gremial</u>	<u>6</u>
Ganancia neta del productor	9

En la Figura 19, aparece otro comportamiento del mercado ante el café de calidad, con un procesamiento uniforme y de igual procedencia. Este café no paga castigo contrariamente recibe un premio de 5 dólares por saco vendido, este ha sido un logro de algunos productores quienes decidieron organizarse en grupos o cooperativas, tal y como anteriormente se mencionó en el café de Marcala.

Con trato como este el precio al productor asciende a 71.96, 15.29 dólares mas por la transacción.

Pero si no hay supervisión puede darse el caso de que el productor se mantenga igual y la ganancia del exportador pasaría de 7.53 a 24.53 dólares, poniendo en riesgo la sostenibilidad del proyecto. Repitiéndose la historia de las cooperativas de los años setenta. Descrito por Pineda (1998)

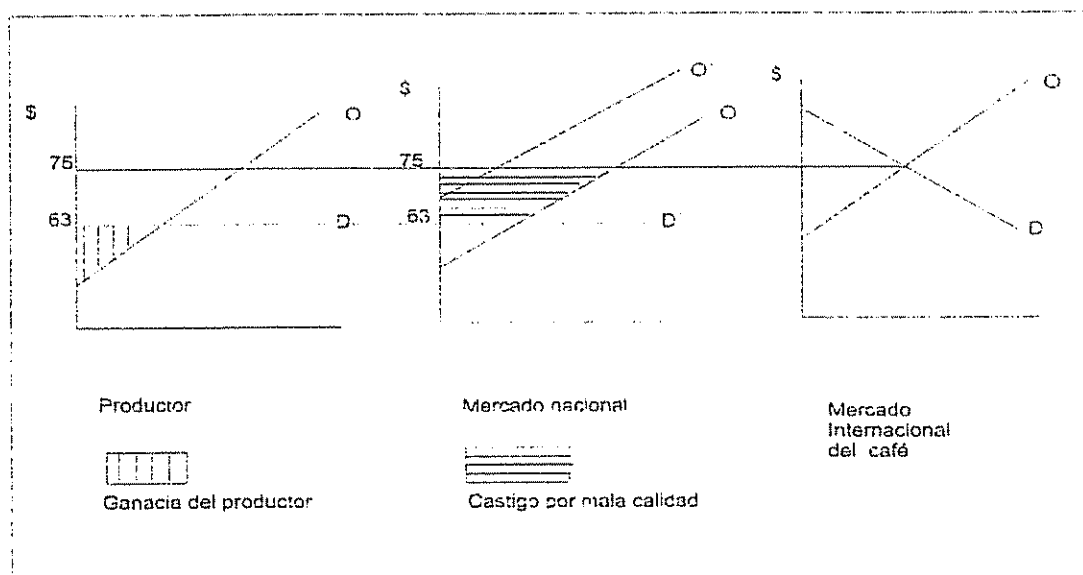


Figura 18. Condiciones actuales del mercado del café.

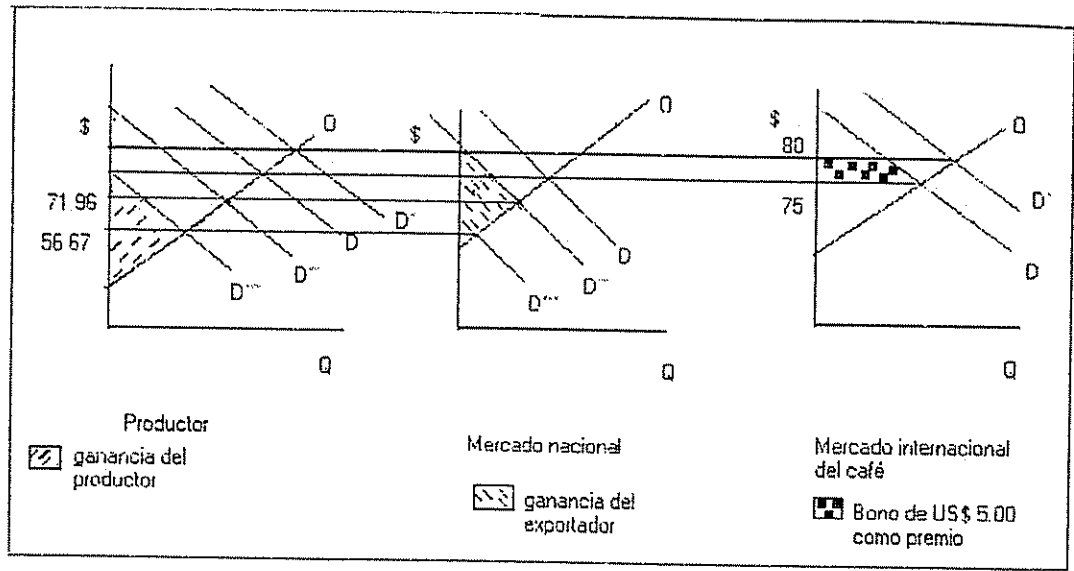


Figura 19. Comportamiento del mercado internacional para café de calidad.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El presente estudio, partió del planteamiento de seis Hipótesis, encaminadas a encontrar una solución al problema de contaminación y bajos precios que tienen los productores en la cuenca del Río Frío, en Honduras.

Para el que se planteó un proyecto, con la propuesta de pagar un incentivo económico, para evitar que el productor siga haciendo el proceso de beneficiado y deje esta fase al beneficiador central. También se planteó la minimización de los costos del proceso de beneficiado ante diferentes escenarios bajo programación lineal. Sin perjudicar en términos financieros a los productores y exportadores. Finalmente se planteó la posibilidad de mejorar la calidad del ambiente de la zona en estudio.

1. En términos de contaminación y bajo una política de control en las plantas de procesamiento de café es posible mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca si se reduce el uso del agua en el proceso de 9.2 m³/saco procesado a 0.3 m³.
2. Con la aplicación de medidas de control de contaminantes es posible reducir las descargas de 570 kg/saco procesado (incluyendo el peso del agua utilizada y retenida en el desecho) a 171 kg/saco.
3. Con el proyecto es posible reducir los indicadores más importantes de calidad del agua, DBO, DQO, dejándola apta para que después de un tratamiento pueda servir para uso doméstico.
4. Con el proyecto no es posible reducir las coliformes fecales a un nivel que pueda ser utilizado, porque esto se sale de los límites del proyecto, su origen esta fuera de los beneficios de café, es un problema que deberá enfrentarse desde el punto de vista de salud pública, municipalidad y los productores involucrados en el beneficiado del café.
5. La solución óptima de minimización del costo de transporte mostró que el monto necesario para el proyecto es de 667 mil dólares, con un costo de transporte de 138 mil dólares por año.
6. El número óptimo de centrales es de ocho, complementado con siete plantas del modelo 2 distribuidas en la cuenca.

7. El valor estimado del incentivo económico es de 5.73 dólares por saco por año y debe ser de carácter permanente. Este valor bajo el precio premio de 17 dólares que reciben las cooperativas que dan una preparación de calidad al grano.
8. Bajo una política de costos para tratamiento de aguas los resultados en la optimización cambian los niveles de retención de contaminación, cuando se evaluó el cambio de cero control hasta 70% de control, reteniendo 19669 sacos a cero control y 5878 a 70 % de control.
9. El proyecto propone un cambio del sistema tradicional al centralizado de 1137 plantas a solamente 8 centrales.
10. No es posible realizar el beneficiado si se duplica la producción en la cuenca.
11. Es posible que el proyecto funcione aun con una reducción drástica de la mitad de la producción de agua.

5.2 Recomendaciones

1. Con la metodología y el modelo desarrollado se puede expandir el proyecto a nivel nacional, para encontrar el número óptimo de plantas procesadoras que deben operar amigablemente al ambiente a un costo mínimo de transporte.
2. Se deben hacer esfuerzos con las autoridades municipales, de salud pública y los productores para mejorar la infraestructura sanitaria de la zona estudiada, a fin de reducir el nivel de coliformes fecales.
3. Se deben concertar la fuente de los fondos para sostener el incentivo mientras se recupera el dinero que por pago de castigo deja de percibir el productor.
4. Para efectos prácticos, la mejor opción es la que plantea una ubicación de los beneficios, ante un escenario con la mitad de la disponibilidad del agua.

VI LITERATURA CITADA

- Alfaro, Julio; Cárdenas, Alberto. 1988. Manejo de cuencas. Fundación Friederich Ebert. Lima, Perú. 212 p.
- Bailly, H; Sallée, B; Garcia, S; 1992. Proyecto de tratamiento de aguas residuales de beneficios, Diagnostico de la contaminación. Café Cacao The. Revista trimestral, del Intitut de recherches du café, du cacao et autres plantes stimulantes (IRCC), Association scientifique internationale du café (ASIC). París, Francia. 36:2. Abril – Junio. 1992. P 129-141.
- Blanco, José María; Perera, Heinrich, Carlos. 1999. Dilemas de la reconversión del beneficiado de café en Centroamérica. Biomas Users Network, oficina regional para Centroamérica BUN-CA. San José, Costa Rica. 45 p.
- Barrios, Adolfo, 1995. Ventajas económicas del beneficiado ecológico, boletín IICA-PROMECAFE, No. 66-67, Enero – Junio, 1995. p. 19.
- Beneke, Raymond.; Winterboer, Ronald. 1984. Programación Lineal, Aplicación A La Agricultura. Editorial, AEDOS. Barcelona, España. 462 p.
- Cleves, Rodrigo. 1995. Tecnología en beneficiado de café. Tecnicafé internacional. San José, Costa Rica. 201 p.
- Corporación Hondureña de desarrollo forestal (COHDEFOR). Mapas de cuencas y ríos. Cooperación alemana GTZ. Tegucigalpa, 1997.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Atlas de Honduras, primera edición con 50 mapas
- Constitución de la República de Honduras. 1991. Capitulo VII artículos del 86 al 124 de la ley de uso de aguas. Tegucigalpa D.C. Honduras.
- Debertain, D. 1986. Agricultural Production economics. Collier McMillan publishers, London. 366 p.
- Echeverría, Oscar. Cleves Rodrigo. 1995. Beneficiado ecológico del café. Revista bimensual Agroindustria. San José, Costa Rica. 167. Mayo – Junio 1995. P 32
- Estrada, R.D.; Chaparro, O.; Rivera, B. 1999. Utilización de modelos de simulación para evaluación Ex - Ante. Instrumentos Metodológicos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Cali, Colombia. 208p.
- Field, Barry. 1995. Permisos negociables de descargas, estrategias basadas en incentivos. Economía ambiental, una introducción, New York, USA. 578 p.
- Gobierno de la República de Honduras. 1995. Acuerdo 084-95 de la Norma técnica nacional para la calidad del agua potable. Secretaria de Salud Pública. Tegucigalpa. Julio de 1995.

- _____. 1995. Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de estadísticas y censos. Tegucigalpa. Junio de 1995.
- _____. 1995. Coberturas de aguas y saneamiento. Resumen ejecutivo de la secretaria de planificación coordinación y presupuesto período 1991-1995. Tegucigalpa, Honduras. 35 p.
- _____. 1995. Impacto ambiental del beneficiado húmedo del café en Honduras. Secretaría de recursos naturales y ambiente (SERNA). Tegucigalpa, Honduras. 18 p.
- González Besteiro, Ana; Obando, Sergio. 1994. El beneficiado húmedo del café, sus residuos y la contaminación ambiental. el café de El Salvador. Boletín trimestral Asociación cafetalera de El Salvador. Abril –Junio 1994 p. 20 – 34
- González, J. 1996. Determinación del grado optimo de descomposición de seis substratos para iniciar un proceso de lombricultura con *Eisenia foetida*. Tesis para optar el grado de Ingeniero agrónomo. ENA, Catacamas, Honduras. 52 p.
- IHCAFE. 1995. beneficiado húmedo del café. Manual para el beneficiado del café. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa D.C. Honduras. 20 p.
- _____. 1999. Censo nacional de productores de café. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa D.C. Honduras.
- _____. 1999. Informe de cierre de precios del café, Unidad de comercialización Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa D.C. Honduras.
- Jacket, Michel. 1993. Alternativas tecnológicas del beneficiado húmedo en relación con la conservación del medio ambiente. *In* seminario regional sobre mejoramiento de la calidad del café. IHCAFE/ PROMECAFE, San Pedro Sula, Honduras. Septiembre 1993, boletín IICA-PROMECAFE, No. 61 Octubre – Diciembre, 1993. p. 5 –10
- Jiménez, F. 1986. Balance hídrico con énfasis en percolación de dos sistemas agroforestales: café-poró y café-laurel en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. UCR. 103 p.
- Leek F, 1995, Charges as instruments for water pollution control: The experience in the Netherlands, Utilización y manejo sostenible de los recursos hídricos en Costa Rica, Fundación UNA, Heredia Costa Rica, 251 p
- Lowgren M.; Krlsson G., 1986, Effectiveness of Tertiary wastewater treatment in river Basin Scale, Journal of Enviromental Management , vol1 No.1, NY, USA. p 13-26

- Molina, Luz Violeta. 1999. Gastos defensivos para aprovechamiento/ disposición de subproductos del beneficiado del café en zona Pacífica Central de Nicaragua. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae CATIE, Turrialba, Costa Rica. 43 p.
- OIC, 1998. Parámetros de calidad del café. Manual del exportador de café. Organización del Comercio Internacional, Organización de las Naciones Unidas
- OIC.1995. Monografía cafetera de Costa Rica, Organización Internacional del café. Londres, Inglaterra. 34 p.
- Ordóñez, Gonzalo.1993.situación del sector agua y saneamiento de Honduras: coberturas. Organización Panamericana de la Salud. Tegucigalpa (Honduras). Octubre de 1993. 32 p.
- Oseguera, Francisco; Perriot Jacques; Jacquet Michel. 1997. Evaluación granulométrica y degustativa de 11 líneas con resistencia genética a la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk et Br. *In* 6. Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura, Tegucigalpa D.C. (Honduras). Instituto hondureño del café (IHCAFE), Julio 1997. 436 p.
- Orozco, C.; Cantarero, P.; Rodríguez, M. 1992. Tratamiento anaeróbico de los residuos de café *In* Seminario taller tratamiento anaeróbico de los residuos de café, Matagalpa (Nicaragua). PROMECAFE, 54p.
- Osorio, Franklin Omar. 1997.Criterios para la producción sostenible de café *In* 6. Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura, Tegucigalpa D.C. (Honduras). Instituto hondureño del café (IHCAFE), Julio 1997. 436 p.
- Palma, Mario; Oseguera, Francisco; Rodríguez Harold; Chinchilla, José. 1997. Diagnostico técnico del beneficiado húmedo y sistemas de comercialización en Honduras. *In* 6. Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura, Tegucigalpa D.C. (Honduras). Instituto hondureño del café (IHCAFE), Julio 1997. 436 p.
- Pineda, Wenseslao; Pineda, Carlos; Ordoñez, Mario. 1998. Caracterización de contaminantes en la cuenca del río frío, Tegucigalpa D.C. (Honduras). Instituto hondureño del café (IHCAFE), Julio 1998. 436 p.
- Pineda, Carlos Roberto. 1997. Determinación del consumo de agua en el proceso de beneficiado húmedo del café en Honduras. *In* 6. Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura, Tegucigalpa D.C. (Honduras). Instituto hondureño del café (IHCAFE), Julio 1997. 436 p.
- _____. 1997. Evaluación del sedimento de las lagunas de tratamiento de aguas mieles del beneficiado en la producción de viveros de café. *In* 6. Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura, Tegucigalpa D.C. (Honduras). Instituto hondureño del café (IHCAFE), Julio 1997. 436 p.

- Romero, Carlos. 1997. Soluciones de mercado, Economía de los recursos ambientales y naturales, segunda edición. 190 p
- Salas, Walter; Hernández, Flérida; Chacón, Bernardo; Rodríguez, Alexis, 1983. Efectos de las aguas contaminadas en la producción de hortalizas, Agronomía y ciencias, Volumen 1, No. 1. Enero 1983. p 13
- Samuelson, Paul; Nordhaus, William. 1998. Nuevo énfasis en los incentivos, la economía del lado de la oferta, Economía, *in* decimaquinta edición. Madrid, España. 757 p.
- Toebes, C; Ouryvaev, V. 1970. Las cuencas representativas y experimentales, guía internacional de practicas en materia de investigación, Centro de estudios Hidrográficos, Instituto de Hidrología. Escuela de Hidrología. informe de la UNESCO sobre hidrología. 580 p.
- Urive, Hernán; Echeverri, Emilio; Galindo, Hernando. 1997. El beneficio ecológico del café. Revista cafetera de Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Volumen 46, Enero- Junio 1997. 207 p.
- Vallejo, Mario; Torres, Luis; Santos, Amelia; Elvir, Enrique; López, Fausto. 1997. Diagnostico de incentivos y desincentivos. Armonización de la legislación ambiental en los campos suelo, agua y forestal. Proyecto desarrollo ambiental de Honduras. Gobierno de Honduras/ Banco Mundial. Secretaría de recursos Naturales y Ambiente SERNA. Tegucigalpa, Honduras. Febrero 1997. 38 p.

VII. ANEXOS

\$Title A Transportation Problem

\$Offupper

\$Ontext

This problem finds a least cost shipping schedule that meets
este problema trata de minimizar el costo de transporte de cafe
a fin de suplir a los beneficios de cafe la demanda de cafe cereza
para procesarlo
requirements at markets and supplies at factories

References:

Dantzig, G B., Linear Programming and Extensions
Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1963,
Chapter 3-3.

This formulation is described in detail in Chapter 2
(by Richard E. Rosenthal) of GAMS: A Users' Guide.
(A Brooke, D Kendrick and A Meeraus, The Scientific Press,
Redwood City, California, 1988.)

The line numbers will not match those in the book because of
these comments

\$Offtext

option NLP = conopt ;

Sets

f fincas de aldeas / f1 * f17 /

b beneficio / b1 * b7 /

m modelo de beneficio / m1, m2, m3, m4, m5 /

r rios / r1 * r7 /

Parameters

invest(m) inversion total por modelo fkdshjkd

/ m1 0.008

m2 0.016

m3 0.180

m4 0.300

m5 1.04

/

costvar(m) costo variable por quintal del beneficio de tipo m

/ m1 46.54

m2 46.54

m3 21.93

m4 14.50

m5 9.05

/

anos(m) anos de amortizacion

/ m1 7

m2 7

m3 7

m4 7

```

m5 10
/
cap(m) capacidad de procesamiento por modelo de beneficios
/ m1 .025
m2 .100
m3 500
m4 1.100
m5 5.000
/;
parameter amort(m) amortizacion;
amort(m) = invest(m) / anos(m) / cap(m);
display amort;
;
Parameters conta(m) contaminacion por quintal oro procesado por
modelo en kg
/ m1 285
m2 285
m3 285
m4 251
m5 251
/
;
table dist(r,f,b) distancia de la finca al beneficio central mas
cercano

```

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
r1.f1	3	2	1	1.5	2	1.6	100
r1.f2	4	4	5	3	2	4	100
r1.f3	3	2	2	0.6	0.4	1.4	100
r1.f4	4	3	2.8	1.6	1.4	2	100
r1.f5	1	2	3	3	2	2.5	100
r1.f6	1	7	16	15	15	15.6	100
r1.f7	5	4	4	3	3.5	3.4	100
r1.f8	6	5	5	4	4.5	4.4	100
r1.f9	6	5	5	4	4.5	4.3	100
r1.f10	9	8	8	7	7.5	7.3	100
r1.f11	12	11	11	10	10.3	10.5	100
r1.f12	10	9	9	8	8.3	8.5	100
r1.f13	8	7	7	6	6.3	6.5	100
r1.f14	12	11	11	10	10.5	10.3	100
r1.f15	13	12	12	11	11.2	11.3	100
r1.f16	18	17	17	16	16	16.6	100
r1.f17	9	8	8	7.5	8	7.8	100
r2.f1	2	2	1	0.5	0.6	100	100
r2.f2	2.3	3	4	3	4	100	100
r2.f3	0.6	1	1.5	1.5	3	100	100
r2.f4	1.6	2	2.5	2.5	4	100	100
r2.f5	3.3	4	2.5	4	6	100	100
r2.f6	15	14	16	15	17	100	100
r2.f7	2.3	1.3	4	3	5	100	100
r2.f8	3.4	2.4	4	4	5.5	100	100
r2.f9	4.4	3.4	5	5	6.5	100	100
r2.f10	5	6	4.5	4.4	4	100	100
r2.f11	10	9	11	10	12	100	100

r2.f12	8	7	9	8	10	100	100
r2.f13	6	5	7	6	8	100	100
r2.f14	9.3	8.3	10.3	10	11.5	100	100
r2.f15	10.3	9.3	11.3	11	12.5	100	100
r2.f16	16	15	17	16	18	100	100
r2.f17	6	5	7.5	6.6	8	100	100
r3.f1	0.9	2	2.5	2	1.5	0.8	3
r3.f2	8	9	9.5	4.3	5	6	3.3
r3.f3	3	4	4.5	4.5	3.3	2.7	4
r3.f4	4	5	5.5	5.5	4.3	3.7	5
r3.f5	5	6	7	8	7	5	7
r3.f6	14	13	12	12	13	14	12
r3.f7	4	5	3	2	2.5	3.5	1
r3.f8	2	3	2	1	1.5	2	0.6
r3.f9	2	2.5	1	0.5	1	2	1.5
3.f10	r3	2	2.5	3	3.5	3	3
r3.f11	8	10	10.5	12	13.4	14.4	11
r3.f12	4	6	6.5	8	9.4	10.4	7
r3.f13	4	3.5	3	2	3	4	0.3
r3.f14	11.3	11	10.5	9.5	10	11	9
r3.f15	12.3	12	11.5	10.5	11	12	10
r3.f16	15	14	13	13	14	15	13
r3.f17	8	7.5	7	6	7	8	6
r4.f1	4	7	6	6	5.5	6.5	100
r4.f2	4	3.3	2.7	3	5	5.3	100
r4.f3	4	4.3	3.5	3.8	5	6	100
r4.f4	5	4	3	3	8	5.5	100
r4.f5	7	6	5.4	5	8	7	100
r4.f6	10	12	12	13	9	10	100
r4.f7	2	1.6	1	1.3	3	3	100
r4.f8	1.5	3	2.3	2.6	2.5	3	100
r4.f9	2.5	4	3.3	3.6	3.5	4	100
r4.f10	2	3.6	3.5	4	1.5	3	100
r4.f11	5	7	6.8	7.5	4	5.3	100
r4.f12	3	5	4.6	5.5	2	3.3	100
r4.f13	0.6	1	0.6	1.2	1.6	1	100
r4.f14	9	5	5.5	5	5	4	100
r4.f15	10	6	6.5	6	6	5	100
r4.f16	11	13	13	14	10	11	100
r4.f17	4	2	3	2	5	4	100
r5.f1	4	4.5	3	3.6	5	5.2	100
r5.f2	1.3	1	2	1	2.6	2.8	100
r5.f3	3.3	3	2.2	2	4	4.2	100
r5.f4	2.3	2	1.2	1	3	3.2	100
r5.f5	4.3	5	6	5	6.6	6.8	100
r5.f6	13.3	14	12.3	13	14.3	14.6	100
r5.f7	0.3	0.6	0.3	0.3	1	1.2	100
r5.f8	1.5	2.2	1.5	2	3	3.3	100
r5.f9	2.5	3.2	2.5	3	4	4.3	100
r5.f10	4.5	5.2	4.5	5	6	6.3	100
r5.f11	10.5	11.2	10.5	11	12	12.3	100
r5.f12	8.5	9.2	8.5	9	10	10.3	100
r5.f13	1.5	2.2	1.5	2	3	3.3	100
r5.f14	6.5	7	7.5	7	6	5.7	100
r5.f15	7.5	8	8.5	8	7	6.7	100

r5.f16	14.3	15	13.3	14	15.3	15.6	100
r5.f17	3.5	4	4.5	4	3	2.7	100
r6.f1	4.3	4.3	5	5	6	7	100
r6.f2	1.3	0.8	2	2	3	4	100
r6.f3	3	3	4	4	5	6	100
r6.f4	2	2	3	3	4	5	100
r6.f5	4.3	4.8	6	6	7	8	100
r6.f6	8.4	8.6	8	8.4	7	6	100
r6.f7	0.4	0.6	1.2	1.2	2.2	3.2	100
r6.f8	1.4	1.6	2.2	2.2	3.2	4.2	100
r6.f9	2.4	2.6	3.2	3.2	4.2	5.2	100
r6.f10	5.4	5.6	6.2	6.2	7.2	8.2	100
r6.f11	12.4	12.6	13.2	13.2	14.2	15.2	100
r6.f12	10.4	10.6	11.2	11.2	12.2	13.2	100
r6.f13	1.4	1.6	2.2	2.2	3.2	4.2	100
r6.f14	2.5	2.8	1	1	0.3	0.8	100
r6.f15	3.5	3.8	2	2	1.3	0.8	100
r6.f16	7.4	7.6	7	7.4	6	5	100
r6.f17	2.8	3	2.3	2.5	2	2	100
r7.f1	16	10	11.5	12.5	13	14	100
r7.f2	14	7	8	9.5	10.5	11.5	100
r7.f3	16	9	10	11.5	12.5	13.5	100
r7.f4	13	8	9	10.5	11.5	12.5	100
r7.f5	17	10	11	12.5	13.5	14.5	100
r7.f6	1	6	5	4	5.3	6.3	100
r7.f7	12	8	9	10	11	12.5	100
r7.f8	13	9	10	11	12	13.5	100
r7.f9	14	10	11	12	13	14.5	100
r7.f10	11	13	14	15	16	17.5	100
r7.f11	6	11	10	9	8	9.5	100
r7.f12	8	13	12	11	10	11.5	100
r7.f13	12	9	10	11	12	13.5	100
r7.f14	7	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	100
r7.f15	6	0.5	1	2	3	4.5	100
r7.f16	0.1	6	5	4	3	4.5	100
r7.f17	4	3	4	5	6	7.5	100

parameter dit(r,f,b) distancia del beneficio al exportador /

r1.f1.	b1	23
r1.f2.	b1	23
r1.f3.	b1	23
r1.f4.	b1	23
r1.f5.	b1	23
r1.f6.	b1	23
r1.f7.	b1	23
r1.f8.	b1	23
r1.f9.	b1	23
r1.f10.	b1	23
r1.f11.	b1	23
r1.f12.	b1	23
r1.f13.	b1	23
r1.f14.	b1	23
r1.f15.	b1	23

r1.f16	b1	23
r1.f17	b1	23
r2.f1	b1	20
r2.f2	b1	20
r2.f3	b1	20
r2.f4	b1	20
r2.f5	b1	20
r2.f6	b1	20
r2.f7	b1	20
r2.f8	b1	20
r2.f9	b1	20
r2.f10	b1	20
r2.f11	b1	20
r2.f12	b1	20
r2.f13	b1	20
r2.f14	b1	20
r2.f15	b1	20
r2.f16	b1	20
r2.f17	b1	20
r3.f1	b1	17
r3.f2	b1	17
r3.f3	b1	17
r3.f4	b1	17
r3.f5	b1	17
r3.f6	b1	17
r3.f7	b1	17
r3.f8	b1	17
r3.f9	b1	17
r3.f10	b1	17
r3.f11	b1	17
r3.f12	b1	17
r3.f13	b1	17
r3.f14	b1	17
r3.f15	b1	17
r3.f16	b1	17
r3.f17	b1	17
r4.f1	b1	15
r4.f2	b1	15
r4.f3	b1	15
r4.f4	b1	15
r4.f5	b1	15
r4.f6	b1	15
r4.f7	b1	15
r4.f8	b1	15
r4.f9	b1	15
r4.f10	b1	15
r4.f11	b1	15
r4.f12	b1	15
r4.f13	b1	15
r4.f14	b1	15
r4.f15	b1	15
r4.f16	b1	15
r4.f17	b1	15
r5.f1	b1	18
r5.f2	b1	18

r5.f3	b1	18
r5.f4	b1	18
r5.f5	b1	18
r5.f6	b1	18
r5.f7	b1	18
r5.f8	b1	18
r5.f9	b1	18
r5.f10	b1	18
r5.f11	b1	18
r5.f12	b1	16
r5.f13	b1	18
r5.f14	b1	18
r5.f15	b1	18
r5.f16	b1	18
r5.f17	b1	18
r6.f1	b1	18
r6.f2	b1	18
r6.f3	b1	18
r6.f4	b1	18
r6.f5	b1	18
r6.f6	b1	18
r6.f7	b1	18
r6.f8	b1	18
r6.f9	b1	18
r6.f10	b1	18
r6.f11	b1	18
r6.f12	b1	18
r6.f13	b1	18
r6.f14	b1	18
r6.f15	b1	18
r6.f16	b1	18
r6.f17	b1	18
r7.f1	b1	22
r7.f2	b1	20
r7.f3	b1	22
r7.f4	b1	19
r7.f5	b1	23
r7.f6	b1	7
r7.f7	b1	18
r7.f8	b1	19
r7.f9	b1	20
r7.f10	b1	17
r7.f11	b1	12
r7.f12	b1	14
r7.f13	b1	18
r7.f14	b1	13
r7.f15	b1	12
r7.f16	b1	6.1
r7.f17	b1	10
r1.f1	b2	20.5
r1.f2	b2	20.5
r1.f3	b2	20.5
r1.f4	b2	20.5
r1.f5	b2	20.5
r1.f6	b2	20.5

r1.f7	b2	20.5
r1.f8	b2	20.5
r1.f9	b2	20.5
r1.f10	b2	20.5
r1.f11	b2	20.5
r1.f12	b2	20.5
r1.f13	b2	20.5
r1.f14	b2	20.5
r1.f15	b2	20.5
r1.f16	b2	20.5
r1.f17	b2	20.5
r2.f1	b2	21
r2.f2	b2	21
r2.f3	b2	21
r2.f4	b2	21
r2.f5	b2	21
r2.f6	b2	21
r2.f7	b2	21
r2.f8	b2	21
r2.f9	b2	21
r2.f10	b2	21
r2.f11	b2	21
r2.f12	b2	21
r2.f13	b2	21
r2.f14	b2	21
r2.f15	b2	21
r2.f16	b2	21
r2.f17	b2	21
r3.f1	b2	16
r3.f2	b2	16
r3.f3	b2	16
r3.f4	b2	16
r3.f5	b2	16
r3.f6	b2	16
r3.f7	b2	16
r3.f8	b2	16
r3.f9	b2	16
r3.f10	b2	16
r3.f11	b2	16
r3.f12	b2	16
r3.f13	b2	16
r3.f14	b2	16
r3.f15	b2	16
r3.f16	b2	16
r3.f17	b2	16
r4.f1	b2	17
r4.f2	b2	17
r4.f3	b2	17
r4.f4	b2	17
r4.f5	b2	17
r4.f6	b2	17
r4.f7	b2	17
r4.f8	b2	17
r4.f9	b2	17
r4.f10	b2	17

r4.f11.	b2	17
r4.f12.	b2	17
r4.f13.	b2	17
r4.f14.	b2	17
r4.f15.	b2	17
r4.f16.	b2	17
r4.f17.	b2	17
r5.f1.	b2	18
r5.f2.	b2	18
r5.f3.	b2	18
r5.f4.	b2	18
r5.f5.	b2	18
r5.f6.	b2	18
r5.f7.	b2	18
r5.f8.	b2	18
r5.f9.	b2	18
r5.f10.	b2	18
r5.f11.	b2	18
r5.f12.	b2	18
r5.f13.	b2	18
r5.f14.	b2	18
r5.f15.	b2	18
r5.f16.	b2	18
r5.f17.	b2	18
r6.f1.	b2	18
r6.f2.	b2	18
r6.f3.	b2	18
r6.f4.	b2	18
r6.f5.	b2	18
r6.f6.	b2	18
r6.f7.	b2	18
r6.f8.	b2	18
r6.f9.	b2	18
r6.f10.	b2	18
r6.f11.	b2	18
r6.f12.	b2	18
r6.f13.	b2	18
r6.f14.	b2	18
r6.f15.	b2	18
r6.f16.	b2	18
r6.f17.	b2	18
r7.f1.	b2	21
r7.f2.	b2	19
r7.f3.	b2	21
r7.f4.	b2	18
r7.f5.	b2	22
r7.f6.	b2	6
r7.f7.	b2	17
r7.f8.	b2	18
r7.f9.	b2	19
r7.f10.	b2	16
r7.f11.	b2	11
r7.f12.	b2	13
r7.f13.	b2	17
r7.f14.	b2	12

r7.f15.	b2	11
r7.f16.	b2	5.1
r7.f17.	b2	9
r1.f1.	b3	21
r1.f2.	b3	21
r1.f3.	b3	21
r1.f4.	b3	21
r1.f5.	b3	21
r1.f6.	b3	21
r1.f7.	b3	21
r1.f8.	b3	21
r1.f9.	b3	21
r1.f10.	b3	21
r1.f11.	b3	21
r1.f12.	b3	21
r1.f13.	b3	21
r1.f14.	b3	21
r1.f15.	b3	21
r1.f16.	b3	21
r1.f17.	b3	21
r2.f1.	b3	21
r2.f2.	b3	21
r2.f3.	b3	21
r2.f4.	b3	21
r2.f5.	b3	21
r2.f6.	b3	21
r2.f7.	b3	21
r2.f8.	b3	21
r2.f9.	b3	21
r2.f10.	b3	21
r2.f11.	b3	21
r2.f12.	b3	21
r2.f13.	b3	21
r2.f14.	b3	21
r2.f15.	b3	21
r2.f16.	b3	21
r2.f17.	b3	21
r3.f1.	b3	16
r3.f2.	b3	16
r3.f3.	b3	16
r3.f4.	b3	16
r3.f5.	b3	16
r3.f6.	b3	16
r3.f7.	b3	16
r3.f8.	b3	16
r3.f9.	b3	16
r3.f10.	b3	16
r3.f11.	b3	16
r3.f12.	b3	16
r3.f13.	b3	16
r3.f14.	b3	16
r3.f15.	b3	16
r3.f16.	b3	16
r3.f17.	b3	16
r4.f1.	b3	19

r4.f2	b3	19
r4.f3	b3	19
r4.f4	b3	19
r4.f5	b3	19
r4.f6	b3	19
r4.f7	b3	19
r4.f8	b3	19
r4.f9	b3	19
r4.f10	b3	19
r4.f11	b3	19
r4.f12	b3	19
r4.f13	b3	19
r4.f14	b3	19
r4.f15	b3	19
r4.f16	b3	19
r4.f17	b3	19
r5.f1	b3	19.5
r5.f2	b3	19.5
r5.f3	b3	19.5
r5.f4	b3	19.5
r5.f5	b3	19.5
r5.f6	b3	19.5
r5.f7	b3	19.5
r5.f8	b3	19.5
r5.f9	b3	19.5
r5.f10	b3	19.5
r5.f11	b3	19.5
r5.f12	b3	19.5
r5.f13	b3	19.5
r5.f14	b3	19.5
r5.f15	b3	19.5
r5.f16	b3	19.5
r5.f17	b3	19.5
r6.f1	b3	19.5
r6.f2	b3	19.5
r6.f3	b3	19.5
r6.f4	b3	19.5
r6.f5	b3	19.5
r6.f6	b3	19.5
r6.f7	b3	19.5
r6.f8	b3	19.5
r6.f9	b3	19.5
r6.f10	b3	19.5
r6.f11	b3	19.5
r6.f12	b3	19.5
r6.f13	b3	19.5
r6.f14	b3	19.5
r6.f15	b3	19.5
r6.f16	b3	19.5
r6.f17	b3	19.5
r7.f1	b3	19.5
r7.f2	b3	17.5
r7.f3	b3	19.5
r7.f4	b3	16.5
r7.f5	b3	20.5

r7.f6	b3	4.5
r7.f7	b3	15.5
r7.f8	b3	16.5
r7.f9	b3	17.5
r7.f10	b3	14.5
r7.f11	b3	9.5
r7.f12	b3	11.5
r7.f13	b3	15.5
r7.f14	b3	10.5
r7.f15	b3	9.5
r7.f16	b3	3.6
r7.f17	b3	7.5
r1.f1	b4	21
r1.f2	b4	21
r1.f3	b4	21
r1.f4	b4	21
r1.f5	b4	21
r1.f6	b4	21
r1.f7	b4	21
r1.f8	b4	21
r1.f9	b4	21
r1.f10	b4	21
r1.f11	b4	21
r1.f12	b4	21
r1.f13	b4	21
r1.f14	b4	21
r1.f15	b4	21
r1.f16	b4	21
r1.f17	b4	21
r2.f1	b4	20
r2.f2	b4	20
r2.f3	b4	20
r2.f4	b4	20
r2.f5	b4	20
r2.f6	b4	20
r2.f7	b4	20
r2.f8	b4	20
r2.f9	b4	20
r2.f10	b4	20
r2.f11	b4	20
r2.f12	b4	20
r2.f13	b4	20
r2.f14	b4	20
r2.f15	b4	20
r2.f16	b4	20
r2.f17	b4	20
r3.f1	b4	17.5
r3.f2	b4	17.5
r3.f3	b4	17.5
r3.f4	b4	17.5
r3.f5	b4	17.5
r3.f6	b4	17.5
r3.f7	b4	17.5
r3.f8	b4	17.5
r3.f9	b4	17.5

r3.f10.	b4	17.5
r3.f11.	b4	17.5
r3.f12.	b4	17.5
r3.f13.	b4	17.5
r3.f14.	b4	17.5
r3.f15.	b4	17.5
r3.f16.	b4	17.5
r3.f17.	b4	17.5
r4.f1.	b4	19
r4.f2.	b4	19
r4.f3.	b4	19
r4.f4.	b4	19
r4.f5.	b4	19
r4.f6.	b4	19
r4.f7.	b4	19
r4.f8.	b4	19
r4.f9.	b4	19
r4.f10.	b4	19
r4.f11.	b4	19
r4.f12.	b4	19
r4.f13.	b4	19
r4.f14.	b4	19
r4.f15.	b4	19
r4.f16.	b4	19
r4.f17.	b4	19
r5.f1.	b4	19
r5.f2.	b4	19
r5.f3.	b4	19
r5.f4.	b4	19
r5.f5.	b4	19
r5.f6.	b4	19
r5.f7.	b4	19
r5.f8.	b4	19
r5.f9.	b4	19
r5.f10.	b4	19
r5.f11.	b4	19
r5.f12.	b4	19
r5.f13.	b4	19
r5.f14.	b4	19
r5.f15.	b4	19
r5.f16.	b4	19
r5.f17.	b4	19
r6.f1.	b4	20
r6.f2.	b4	20
r6.f3.	b4	20
r6.f4.	b4	20
r6.f5.	b4	20
r6.f6.	b4	20
r6.f7.	b4	20
r6.f8.	b4	20
r6.f9.	b4	20
r6.f10.	b4	20
r6.f11.	b4	20
r6.f12.	b4	20
r6.f13.	b4	20

r6.f14.	b4	20
r6.f15.	b4	20
r6.f16.	b4	20
r6.f17.	b4	20
r7.f1.	b4	19
r7.f2.	b4	17
r7.f3.	b4	19
r7.f4.	b4	16
r7.f5.	b4	20
r7.f6.	b4	4
r7.f7.	b4	15
r7.f8.	b4	16
r7.f9.	b4	17
r7.f10.	b4	14
r7.f11.	b4	9
r7.f12.	b4	11
r7.f13.	b4	15
r7.f14.	b4	10
r7.f15.	b4	9
r7.f16.	b4	3.1
r7.f17.	b4	7
r1.f1.	b5	20.5
r1.f2.	b5	20.5
r1.f3.	b5	20.5
r1.f4.	b5	20.5
r1.f5.	b5	20.5
r1.f6.	b5	20.5
r1.f7.	b5	20.5
r1.f8.	b5	20.5
r1.f9.	b5	20.5
r1.f10.	b5	20.5
r1.f11.	b5	20.5
r1.f12.	b5	20.5
r1.f13.	b5	20.5
r1.f14.	b5	20.5
r1.f15.	b5	20.5
r1.f16.	b5	20.5
r1.f17.	b5	20.5
r2.f1.	b5	22
r2.f2.	b5	22
r2.f3.	b5	22
r2.f4.	b5	22
r2.f5.	b5	22
r2.f6.	b5	22
r2.f7.	b5	22
r2.f8.	b5	22
r2.f9.	b5	22
r2.f10.	b5	22
r2.f11.	b5	22
r2.f12.	b5	22
r2.f13.	b5	22
r2.f14.	b5	22
r2.f15.	b5	22
r2.f16.	b5	22
r2.f17.	b5	22

r3.f1	b5	18
r3.f2	b5	18
r3.f3	b5	18
r3.f4	b5	18
r3.f5	b5	18
r3.f6	b5	18
r3.f7	b5	18
r3.f8	b5	18
r3.f9	b5	18
r3.f10	b5	18
r3.f11	b5	18
r3.f12	b5	18
r3.f13	b5	18
r3.f14	b5	18
r3.f15	b5	18
r3.f16	b5	18
r3.f17	b5	18
r4.f1	b5	13
r4.f2	b5	13
r4.f3	b5	13
r4.f4	b5	13
r4.f5	b5	13
r4.f6	b5	13
r4.f7	b5	13
r4.f8	b5	13
r4.f9	b5	13
r4.f10	b5	13
r4.f11	b5	13
r4.f12	b5	13
r4.f13	b5	13
r4.f14	b5	13
r4.f15	b5	13
r4.f16	b5	13
r4.f17	b5	13
r5.f1	b5	20.5
r5.f2	b5	20.5
r5.f3	b5	20.5
r5.f4	b5	20.5
r5.f5	b5	20.5
r5.f6	b5	20.5
r5.f7	b5	20.5
r5.f8	b5	20.5
r5.f9	b5	20.5
r5.f10	b5	20.5
r5.f11	b5	20.5
r5.f12	b5	20.5
r5.f13	b5	20.5
r5.f14	b5	20.5
r5.f15	b5	20.5
r5.f16	b5	20.5
r5.f17	b5	20.5
r6.f1	b5	20.5
r6.f2	b5	20.5
r6.f3	b5	20.5
r6.f4	b5	20.5

r6.f5 .	b5	20.5
r6.f6 .	b5	20.5
r6.f7 .	b5	20.5
r6.f8 .	b5	20.5
r6.f9 .	b5	20.5
r6.f10.	b5	20.5
r6.f11.	b5	20.5
r6.f12.	b5	20.5
r6.f13.	b5	20.5
r6.f14.	b5	20.5
r6.f15.	b5	20.5
r6.f16.	b5	20.5
r6.f17.	b5	20.5
r7.f1 .	b5	19
r7.f2 .	b5	17
r7.f3 .	b5	19
r7.f4 .	b5	16
r7.f5 .	b5	20
r7.f6 .	b5	4
r7.f7 .	b5	15
r7.f8 .	b5	16
r7.f9 .	b5	17
r7.f10.	b5	14
r7.f11.	b5	9
r7.f12.	b5	11
r7.f13.	b5	15
r7.f14.	b5	10
r7.f15.	b5	9
r7.f16.	b5	3.1
r7.f17.	b5	7
r1.f1 .	b6	21.5
r1.f2 .	b6	21.5
r1.f3 .	b6	21.5
r1.f4 .	b6	21.5
r1.f5 .	b6	21.5
r1.f6 .	b6	21.5
r1.f7 .	b6	21.5
r1.f8 .	b6	21.5
r1.f9 .	b6	21.5
r1.f10.	b6	21.5
r1.f11.	b6	21.5
r1.f12.	b6	21.5
r1.f13.	b6	21.5
r1.f14.	b6	21.5
r1.f15.	b6	21.5
r1.f16.	b6	21.5
r1.f17.	b6	21.5
r2.f1 .	b6	17.5
r2.f2 .	b6	17.5
r2.f3 .	b6	17.5
r2.f4 .	b6	17.5
r2.f5 .	b6	17.5
r2.f6 .	b6	17.5
r2.f7 .	b6	17.5
r2.f8 .	b6	17.5

r2.f9	b6	17.5
r2.f10	b6	17.5
r2.f11	b6	17.5
r2.f12	b6	17.5
r2.f13	b6	17.5
r2.f14	b6	17.5
r2.f15	b6	17.5
r2.f16	b6	17.5
r2.f17	b6	17.5
r3.f1	b6	16
r3.f2	b6	16
r3.f3	b6	16
r3.f4	b6	16
r3.f5	b6	16
r3.f6	b6	16
r3.f7	b6	16
r3.f8	b6	16
r3.f9	b6	16
r3.f10	b6	16
r3.f11	b6	16
r3.f12	b6	16
r3.f13	b6	16
r3.f14	b6	16
r3.f15	b6	16
r3.f16	b6	16
r3.f17	b6	16
r4.f1	b6	15.7
r4.f2	b6	15.7
r4.f3	b6	15.7
r4.f4	b6	15.7
r4.f5	b6	15.7
r4.f6	b6	15.7
r4.f7	b6	15.7
r4.f8	b6	15.7
r4.f9	b6	15.7
r4.f10	b6	15.7
r4.f11	b6	15.7
r4.f12	b6	15.7
r4.f13	b6	15.7
r4.f14	b6	15.7
r4.f15	b6	15.7
r4.f16	b6	15.7
r4.f17	b6	15.7
r5.f1	b6	100
r5.f2	b6	100
r5.f3	b6	100
r5.f4	b6	100
r5.f5	b6	100
r5.f6	b6	100
r5.f7	b6	100
r5.f8	b6	100
r5.f9	b6	100
r5.f10	b6	100
r5.f11	b6	100
r5.f12	b6	100

r5.f13.	b6	100
r5.f14.	b6	100
r5.f15.	b6	100
r5.f16.	b6	100
r5.f17.	b6	100
r6.f1.	b6	100
r6.f2.	b6	100
r6.f3.	b6	100
r6.f4.	b6	100
r6.f5.	b6	100
r6.f6.	b6	100
r6.f7.	b6	100
r6.f8.	b6	100
r6.f9.	b6	100
r6.f10.	b6	100
r6.f11.	b6	100
r6.f12.	b6	100
r6.f13.	b6	100
r6.f14.	b6	100
r6.f15.	b6	100
r6.f16.	b6	100
r6.f17.	b6	100
r7.f1.	b6	17.5
r7.f2.	b6	15.5
r7.f3.	b6	17.5
r7.f4.	b6	14.5
r7.f5.	b6	18.5
r7.f6.	b6	2.5
r7.f7.	b6	13.5
r7.f8.	b6	14.5
r7.f9.	b6	15.5
r7.f10.	b6	12.5
r7.f11.	b6	7.5
r7.f12.	b6	9.5
r7.f13.	b6	13.5
r7.f14.	b6	8.5
r7.f15.	b6	7.5
r7.f16.	b6	1.6
r7.f17.	b6	5.5
r1.f1.	b7	100
r1.f2.	b7	100
r1.f3.	b7	100
r1.f4.	b7	100
r1.f5.	b7	100
r1.f6.	b7	100
r1.f7.	b7	100
r1.f8.	b7	100
r1.f9.	b7	100
r1.f10.	b7	100
r1.f11.	b7	100
r1.f12.	b7	100
r1.f13.	b7	100
r1.f14.	b7	100
r1.f15.	b7	100
r1.f16.	b7	100

r1.f17.	b7	100
r2.f1 .	b7	100
r2.f2 .	b7	100
r2.f3 .	b7	100
r2.f4 .	b7	100
r2.f5 .	b7	100
r2.f6 .	b7	100
r2.f7 .	b7	100
r2.f8 .	b7	100
r2.f9 .	b7	100
r2.f10.	b7	100
r2.f11.	b7	100
r2.f12.	b7	100
r2.f13.	b7	100
r2.f14.	b7	100
r2.f15.	b7	100
r2.f16.	b7	100
r2.f17.	b7	100
r3.f1 .	b7	16
r3.f2 .	b7	16
r3.f3 .	b7	16
r3.f4 .	b7	16
r3.f5 .	b7	16
r3.f6 .	b7	16
r3.f7 .	b7	16
r3.f8 .	b7	16
r3.f9 .	b7	16
r3.f10.	b7	16
r3.f11.	b7	16
r3.f12.	b7	16
r3.f13.	b7	16
r3.f14.	b7	16
r3.f15.	b7	16
r3.f16.	b7	16
r3.f17.	b7	16
r4.f1 .	b7	100
r4.f2 .	b7	100
r4.f3 .	b7	100
r4.f4 .	b7	100
r4.f5 .	b7	100
r4.f6 .	b7	100
r4.f7 .	b7	100
r4.f8 .	b7	100
r4.f9 .	b7	100
r4.f10.	b7	100
r4.f11.	b7	100
r4.f12.	b7	100
r4.f13.	b7	100
r4.f14.	b7	100
r4.f15.	b7	100
r4.f16.	b7	100
r4.f17.	b7	100
r5.f1 .	b7	100
r5.f2 .	b7	100
r5.f3 .	b7	100

r5.f4 .	b7	100
r5.f5 .	b7	100
r5.f6 .	b7	100
r5.f7 .	b7	100
r5.f8 .	b7	100
r5.f9 .	b7	100
r5.f10.	b7	100
r5.f11.	b7	100
r5.f12.	b7	100
r5.f13.	b7	100
r5.f14.	b7	100
r5.f15.	b7	100
r5.f16.	b7	100
r5.f17.	b7	100
r6.f1 .	b7	100
r6.f2 .	b7	100
r6.f3 .	b7	100
r6.f4 .	b7	100
r6.f5 .	b7	100
r6.f6 .	b7	100
r6.f7 .	b7	100
r6.f8 .	b7	100
r6.f9 .	b7	100
r6.f10.	b7	100
r6.f11.	b7	100
r6.f12.	b7	100
r6.f13.	b7	100
r6.f14.	b7	100
r6.f15.	b7	100
r6.f16.	b7	100
r6.f17.	b7	100
r7.f1 .	b7	100
r7.f2 .	b7	100
r7.f3 .	b7	100
r7.f4 .	b7	100
r7.f5 .	b7	100
r7.f6 .	b7	100
r7.f7 .	b7	100
r7.f8 .	b7	100
r7.f9 .	b7	100
r7.f10.	b7	100
r7.f11.	b7	100
r7.f12.	b7	100
r7.f13.	b7	100
r7.f14.	b7	100
r7.f15.	b7	100
r7.f16.	b7	100
r7.f17.	b7	100

/

;

parameter pro(f) produccion de cafe de la finca f en quintales

/

f1 6.716

f2 1.234

f3 7.656
f4 .081
f5 .272
f6 .504
f7 0.049
f8 4.187
f9 1.766
f10 2.445
f11 .506
f12 1.513
f13 .058
f14 3.429
f15 2.900
f16 4.059
f17 1.712

/

;

* parameter pro(f) produccion de cafe de la finca f en quintales

*/

*f1 13.432
*f2 2.469
*f3 15.314
*f4 .163
*f5 .544
*f6 1.008
*f7 0.098
*f8 8.374
*f9 3.533
*f10 4.890
*f11 1.012
*f12 3.026
*f13 .117
*f14 6.859
*f15 5.800
*f16 8.109
*f17 3.424

*/

*,

parameter aguadisp(r) agua disponible por rio para cada beneficio
en m3 por sec

/ r1 0.143

r2 0.123

r3 0.07

r4 0.66

r5 0.132

r6 0.280

r7 0.360

/

;

parameter aguadia(r) agua disponible por el periodo ;

aguadia(r) = aguadisp(r) * 60 * 60 * 10

;

parameter costinv(m) costo de inversion por quintal por beneficio
por modelo

/ m1 45.71

m2 25.71
m3 22.85
m4 25.71
m5 18.66/

parameter aguauni(m) necesidad de agua por modelo de beneficio
en m3 por quintales

/ m1 0.500
m2 0.500
m3 0.300
m4 0.300
m5 0.300

/

Parameter aguanec(m) Agua;
aguanec(m) = aguauni(m) * 1000 ;

Scalar flete costo de transporte en lps por kilometros por ql /0.85 / ;

Scalar flete1 costo de transporte en lps por kilometros por ql /0.65 /

Scalar capital capital disponible en million de lps /10 / ;

Parameter costran(r,f,b) costo de transporte en lempiras por quintal

costran(r,f,b) = flete * dist(r,f,b) ;

Parameter costexp(r,f,b) costo de transporte en lempiras por
quintal;

costexp(r,f,b)=flete1*dit(r,f,b);

Variables

X quintales procesados por beneficio por modelo por finca por rio

QQ sdjfsdj

AGUAR(r,b) agua disponible por rio para cada beneficio

Z costo total de transpotar el cafe en miles de lempiras

contamin contaminacion de la agua con miel y pulpa de cafe

Positive Variable

X fgfsdgsdf

AGUAR dfdsf

SURPLUS fdfads

penal fdfasd

Equations

lcost define la funcion objetivo

demand es la cantidad de cafe que se debe procesar por planta

lagua gdfgsdf

lcontami1 dfsdfs

lcontami2 dfsdfs

lsurplus dfdsf

linver djfdkasjf

lcost .. Z =e= sum((r,f,b,m),

(costran(r,f,b)

+ costexp(r,f,b)

```

+ costvar(m)
+ costinv(m)) * X(r,f,b,m))
+ 2000 * sum((r,f,b,m), X(r,f,b,m) * SURPLUS(r,b,m))
;
demand(f).. pro(f) =e= sum((r,b,m), X(r,f,b,m))
;
lsurplus(r,b,m).. sum(f,X(r,f,b,m)) + SURPLUS(r,b,m) =G= cap(m)
;
lagua(r,b).. aguadia(r)$ (ord(b) eq 1) + AGUAR(r,b-1)
- sum((f,m), aguanec(m) * X(r,f,b,m))
+ AGUAR(r-1,'b6')$ (ord(r) eq 3)$ (ord(b) eq 1)
+ AGUAR(r-2,'b6')$ (ord(r) eq 3)$ (ord(b) eq 1)
+ AGUAR(r-3,'b6')$ (ord(r) eq 6)$ (ord(b) eq 1)
+ AGUAR(r-2,'b6')$ (ord(r) eq 6)$ (ord(b) eq 1)
+ AGUAR(r-1,'b6')$ (ord(r) eq 6)$ (ord(b) eq 1)
+ AGUAR(r-1,'b6')$ (ord(r) eq 7)$ (ord(b) eq 1)
=E= AGUAR(r,b)
;
lcontami1(r,f,b,m).. contamin(r,f,b,m) =E= conta(m) * X(r,f,b,m);
lcontami2(r,f,b,m).. contamin(r,f,b,m) =I= 186156;

```

```

linver.. sum((r,f,b,m), invest(m) * X(r,f,b,m)/cap(m)) =L= capital
;

```

```

*$ontext

```

```

Z.up =10000;
X.up(r,f,b,m) = 20;
SURPLUS up(r,b,m) = 15;
AGUAR up(r,b) =124342;

```

```

*$offtext

```

```

Model transport /all/ ;

```

```

file res1 / rsanicol.dat / ;
file res2 / rsani.txt / ;

```

```

Solve transport using nlp minimizing Z;

```

```

Display x.l, x.m ;

```

```

parameter benef(r,b,m) number of plant ;
benef(r,b,m) = sum(f,X.l(r,f,b,m)) / cap(m);

```

```

parameter penalty(r,b,m) penalty;
penalty(r,b,m) = sum(f,X.l(r,f,b,m)) * SURPLUS.L(r,b,m);

```

```

PUT res1;
*res1.PC=5;

```

```

put "costo" Z.l /
put "contamin " sum((r,f,b,m),contamin.l(r,f,b,m)) :0:0 /
put "costo de op " linver.m :0:3 /

```



```
put "X      " "m1" "m2" "m3" "m4" "m5" /
loop(r,
loop(b,
put r.tl:2 ". "
put b.tl:2 " "
loop(m,
put sum((f), X.l(r,f,b,m)) :0:3 " ")
put / ))
```

```
put "RAGUA.L " "b1" "b2" "b3" "b4" "b5" "b6" " /
```

```
loop(r,
put r.tl:2 " "
loop(b,
put aguar.l(r,b) :0:0 " "
)
put /)
```

```
put "UAGUA.L " "b1" "b2" "b3" "b4" "b5" "b6" " /
```

```
loop(r,
put r.tl:2 " "
loop(b,
put sum((f,m), aguanec(m) * X.L(r,f,b,m)) :0:0 " "
)
put /)
```

```
put "lagua.m " "b1" "b2" "b3" "b4" "b5" "b6" " /
```

```
loop(r,
put r.tl:2 ". "
loop(b,
put lagua.m(r,b) :3:3 " "
)
put /)
```

```
put "contamin " "m1" "m2" "m3" "m4" "m5" /
loop(r,
loop(b,
put r.tl:2 ". "
put b.tl:2 " "
loop(m,
put sum(f,contamin.l(r,f,b,m)) :0:0 " ")
put / ))
```

```
put "plant numb " "m1" "m2" "m3" "m4" "m5" /
loop(r,
loop(b,
put r.tl:2 ". "
put b.tl:2 " "
loop(m,
put benef(r,b,m) :0:3 " ")
put / ))
```

```
put "surplus" "m1" "m2" "m3" "m4" "m5" /
```

```
loop(r,  
loop(b,  
put r.tl:2 " "  
put b.tl:2 " "  
loop(m,  
put surplus.l(r,b,m) :0:3 " "  
put / ))
```

```
put "penalty " "m1"" " "m2"" ""m3"" ""m4"" ""m5"" /  
loop(r,  
loop(b,  
put r.tl:2 " "  
put b.tl:2 " "  
loop(m,  
put penalty(r,b,m) :0:3 " "  
put / ))
```

```
put "x en qq " "m1"" " "m2"" ""m3"" ""m4"" ""m5"" /  
loop(r,  
loop(f,  
loop(b,  
put r.tl:2 " "  
put f.tl:3 " "  
put b.tl:2 " "  
loop(m,  
put X.l(r,f,b,m) :0:3 " "  
put / )))
```

```
PUT res2;  
*res1.PC=5;
```

```
put "location cafe " /  
loop(r,  
loop(b,  
loop(m,  
put r.tl:2 " "  
put b.tl:2 " "  
put m.tl:2 " "  
put sum(f, X.l(r,f,b,m)) :0:3 " "  
put / )))
```