

**Evaluación de opciones de producción comercializables:  
uso de la programación lineal con pequeños  
productores de laderas**

**Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura.**

**presentado por**

**Rodrigo José García Valerio**

**Zamorano, Honduras  
Noviembre, 1999**

**El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.**

---

**Rodrigo José García Valerio**

**Zamorano, Honduras  
Noviembre, 1999**

**Evaluación de opciones de producción comercializables:  
uso de la programación lineal con pequeños productores de laderas**

**presentado por**

**Rodrigo José García Valerio**

**Aprobada:**

---

**Jorge Moya, PhD  
Asesor principal  
Departamento**

---

**Jorge Moya, PhD  
Jefe de**

---

**Bruno Barbier, PhD  
Asesor**

---

**Antonio Flores, PhD  
Decano Académico**

---

**Freddy Arias, PhD  
Coordinador PIA**

---

**Keith Andrews, PhD  
Director**

## DEDICATORIA

A Dios para que sea la luz de todo hombre en su continuo caminar.

A mis padres por su esfuerzo y apoyo por la que esta meta ha sido alcanzada.

A mis familiares: Miriam, Angely, hermanos y Emelina que siempre han estado a mi lado.

A Don Mariano porque sin él no hubiera logrado esta Ingeniería.

## AGRADECIMIENTOS

A doña Marta Cáliz y Giuseppe Gallozzi, por ser mi familia a lo largo de este año.

A Don Bruno porque sin su apoyo este proyecto especial no hubiera sido posible.

A mis compañeros: R. Escobar, J. Eslaquit, I. Vega, E. Heralés, L. Valdez, P. Paz, V. Quesada, por su apoyo durante todo este año.

Al personal de CIAT Tegucigalpa, especialmente O. Mejía.

## AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Agradezco al Departamento de Economía Agrícola y Agronegocios de Zamorano por el financiamiento brindado para finalizar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a CIAT Laderas Honduras por su ayuda financiera durante la realización de este proyecto especial.

## RESUMEN

García, Rodrigo J. 1999. Evaluación de opciones de producción comercializables: uso de la programación lineal con pequeños productores de laderas. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 84 p.

El presente estudio se realizó en el departamento de Yoro, en los municipios de Yorito y Sulaco donde la mayor proporción de sus tierras son de ladera. Es un área de gran concentración de actividades de investigación con enfoque participativo y de conservación de los recursos naturales, motivada por los elevados niveles de pobreza. La principal actividad generadora de ingresos es la agricultura, principalmente maíz, frijol y café. Se realizó un modelo de programación lineal con ocho diferentes sistemas productivos a consecuencia de la ausencia de planificación en la producción y de las limitantes de recursos, con la finalidad de evaluar opciones de producción comercializables, que permita diseñar a futuro proyectos productivos integrados. Se determinó que los productores hacen uso racional de sus recursos dadas las limitantes de tierra, capital y mano de obra, los resultados de la modelación fueron analizados según las actividades productivas actuales; a la vez se observó al introducir en los modelos doce nuevas alternativas de producción a un nivel semitecnificado y con precios de venta mejorados por ser llevados directamente al mercado, que algunos generarían mayores ingresos si se establecen en la zona, siendo los seleccionados por el modelo: tomate, yuca, chile, maíz y frijol en ese nivel de importancia, lo que indica que si se desea a un mediano plazo incrementar el nivel socioeconómico de la región estos constituyen una solución atractiva. A la vez, se determinó que el capital es el recurso mayormente limitante en estos sistemas productivos, ya que tiene una relación directamente proporcional con las nuevas alternativas e inversamente proporcional con las que se efectúan en la actualidad en forma tradicional.

Palabras claves:, modelación, optimización de recursos, simulación, Sulaco, Yorito, Yoro.

## Nota de Prensa

¿Existirá una metodología de optimizar nuestros recursos agrícolas para planificar con certeza nuestras actividades?

Es una pregunta que todos los que nos encontramos directamente involucrados en el campo agropecuario, la realizamos a cada instante, ya que nuestro objetivo es el de llegar a percibir el máximo ingreso posible, dadas nuestras limitantes de recursos, y esto sólo es posible con una adecuada planificación.

A esta interrogante, también se une el hecho de saber si se puede extender esta metodología a aquellos que subsisten día a día en sistemas agrícolas productivos sin tener claro si realizan lo correcto, y que son los más necesitados.

El proyecto de Desarrollo de Agroempresas Rurales del CIAT, en conjunto con la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, en Honduras, en un estudio realizado en los municipios de Yorito y Sulaco en el departamento de Yoro, determinaron que sí existe esta metodología y que se puede aplicar a nuestro medio para optimizar nuestros recursos y a la vez, el saber si es posible realizar cambios que nos den una mejoría socioeconómica.

Se realizaron visitas de campo, a pequeños productores, con la finalidad de determinar sus recursos disponibles para la producción y las actividades que realizan en la actualidad, y poder realizar una planificación de proyectos a futuro que lleven a una mejoría del nivel de vida de sus pobladores.

La metodología utilizada es el ingresar a un computador lo que el agricultor posee y las actividades que realiza, y luego comparar los resultados obtenidos con las decisiones que él toma, posteriormente se agregan nuevas actividades para ver si podría existir una mejoría con otras alternativas.

Se determinó que los productores en la mayoría de los casos hacen uso óptimo de sus recursos dadas sus limitaciones, y sus decisiones no están muy lejanas de las correctas, pero que al introducir otras actividades más rentables éstas serán las apropiadas para incrementar el nivel socioeconómico.

Entre las nuevas alternativas de producción seleccionadas se encuentran tomate, yuca, chile, maíz y frijol en un nivel de importancia de mayor a menor, que de ser adoptadas en un nivel tecnológico medio nos llevarán a un incremento en los ingresos de los habitantes de esa región y consecuentemente a mejorar sus vidas.

A la vez, esta metodología permitió determinar el capital como el recurso más limitante que ha sido obstáculo para frenar el desarrollo de la zona, pero no solo lo señala, sino, que nos dice que se requieren de aproximadamente lps10,000 de inversión, por productor para elevar considerablemente los ingresos de sus familias.

Con estos resultados podemos ver que se hace uso correcto de los recursos en la actualidad, pero que podría haber una mejoría si se destinan recursos económicos a la zona y que sean distribuidos a los pequeños agricultores para la introducción de actividades más lucrativas, ya que son estos los que se encuentran en condiciones de extrema pobreza.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Páginas de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de cuadros.....	xii
	Índice de Figuras.....	xiii
	Índice de Anexos.....	xiv
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
1.4	HIPOTESIS.....	3
2	REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1	GENERALIDADES.....	4
2.2	MODELACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION.....	4
2.3	SIMULACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION.....	5
2.3.1	Ventajas y limitaciones de los modelos de simulación.....	6
2.3.1.1	Ventajas.....	6
2.3.1.2	Limitaciones.....	7
2.4	PROGRAMACION LINEAL.....	7
2.4.1	Método simplex.....	8
2.4.2	Ventajas y limitaciones de la programación lineal.....	8
2.4.2.1	Ventajas.....	8
2.4.2.2	Limitaciones.....	9
2.5	APLICACIONES DEL USO DE LA MODELACION.....	9
2.5.1	Caso Microcuenca del Río Cabuyal, Colombia.....	9
2.5.2	Caso Microcuenca La Lima, Honduras.....	10
3	MATERIALES Y METODOS.....	11
3.1	ETAPAS.....	11
3.1.1	Realización de la encuesta.....	11
3.1.2	Selección de agricultores según acceso al mercado.....	12
3.1.3	Transferencia de tecnología de la programación lineal a las ONG .....	12
3.1.4	Toma de datos en forma participativa con computador.....	13
3.1.5	Creación de base de datos recopilados.....	13
3.1.6	Recopilación de información secundaria para establecer calendarios de	

	actividades de la zona.....	13
3.1.7	Creación de modelos para cada agricultor estudio de caso.....	13
3.1.8	Evaluación y selección de nuevas alternativas de producción y su calendarización.....	14
3.1.9	Construcción de los modelos con las nuevas alternativas de producción	14
3.1.10	Análisis de resultados y su comparación.....	14
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
4.1	CONSTRUCCION DE LOS MODELOS.....	15
4.1.1	Definición de las actividades.....	15
4.1.2	Definición de la función objetivo.....	15
4.1.3	Definición de las restricciones.....	16
4.1.3.1	Tierra.....	16
4.1.3.2	Mano de obra.....	16
4.1.3.3	Capital.....	16
4.1.3.4	Compra de productos.....	16
4.1.3.5	Transporte.....	17
4.1.3.6	Otras restricciones.....	17
4.1.4	Cálculo de variable ex-post a la simulación.....	17
4.1.4.1	Erosión.....	17
4.2	ANALISIS ANTES DE INTRODUCIR LAS NUEVAS OPCIONES DE PRODUCCION.....	18
4.2.1	Modelo 1, acceso a mercado temporal, nivel económico bajo.....	18
4.2.2	Modelo 2, acceso a mercado temporal, nivel económico medio.....	19
4.2.3	Modelo 3, acceso a mercado temporal, nivel económico alto.....	19
4.2.4	Modelo 4, acceso a mercado permanente, nivel económico bajo .....	20
4.2.5	Modelo 5, acceso a mercado permanente, nivel económico medio .....	21
4.2.6	Modelo 6, acceso a mercado permanente, nivel económico alto.....	22
4.2.7	Modelo 7, acceso a mercado camino de herradura, nivel económico bajo.....	22
4.2.8	Modelo 8, acceso a mercado camino de herradura, nivel económico medio.....	23
4.3	ANALISIS DESPUES DE INTRODUCIR NUEVAS OPCIONES DE PRODUCCION.....	24
4.3.1	Modelo 1, acceso a mercado temporal, nivel económico bajo.....	24
4.3.2	Modelo 2, acceso a mercado temporal, nivel económico medio.....	25
4.3.3	Modelo 3, acceso a mercado temporal, nivel económico alto.....	26
4.3.4	Modelo 4, acceso a mercado permanente, nivel económico bajo .....	26
4.3.5	Modelo 5, acceso a mercado permanente, nivel económico medio .....	27
4.3.6	Modelo 6, acceso a mercado permanente, nivel económico alto.....	28
4.3.7	Modelo 7, acceso a mercado camino de herradura, nivel económico bajo.....	29
4.3.8	Modelo 8, acceso a mercado camino de herradura, nivel económico medio.....	29
4.4	ANALISIS DE SENSIBILIDAD CON LAS NUEVAS	

	ALTERNATIVAS.....	30
4.4.1	Modelo 1, acceso a mercado temporal, nivel económico bajo.....	30
4.4.2	Modelo 2, acceso a mercado temporal, nivel económico medio.....	31
4.4.3	Modelo 3, acceso a mercado temporal, nivel económico alto.....	31
4.4.4	Modelo 4, acceso a mercado permanente, nivel económico bajo .....	31
4.4.5	Modelo 5, acceso a mercado permanente, nivel económico medio .....	32
4.4.6	Modelo 6, acceso a mercado permanente, nivel económico alto.....	32
4.4.7	Modelo 7, acceso a mercado camino de herradura, nivel económico bajo.....	32
4.4.8	Modelo 8, acceso a mercado camino de herradura, nivel económico medio.....	33
5	CONCLUSIONES.....	34
6	RECOMENDACIONES.....	35
7	BIBLIOGRAFÍA.....	36
8	ANEXOS.....	38

## INDICE DE CUADROS

## Cuadro

1	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra y actividades, modelo 1.....	18
2	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo2 ...	19
3	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo3...	20
4	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra y actividades, modelo 4.....	21
5	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 5 ..	21
6	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 6...	22
7	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 7...	23
8	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra y actividades, modelo 8.....	24
9	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 1.....	25
10	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 2.....	25
11	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 3.....	26
12	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 4.....	27
13	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 5.....	28
14	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 6.....	28
15	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 7.....	29
16	Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 8.....	30
17	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 1.....	30
18	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 2.....	31
19	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 3.....	31
20	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 4.....	32
21	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 5.....	32
22	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 6.....	32
23	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 7.....	33
24	Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 8.....	33

## INDICE DE FIGURAS

### Figura

- |   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Identificación y evaluación de oportunidades de mercado para pequeños agricultores rurales. Proyecto de desarrollo de agroempresas rurales del CIAT..... | 1  |
| 2 | La inestabilidad de los precios agrícolas a corto plazo.....   | 13 |

## INDICE DE ANEXOS

Anexo		
1	Coeficientes de la función objetivo.....	38
2	Coeficientes técnicos de tierra, capital y uso de mano de obra.....	39
3	Disponibilidad de recursos por agricultor.....	40
4	Coeficientes de disponibilidad de mano de obra, consumo y tamaño de familia.....	41
5	Coeficientes de la función objetivo de las nuevas opciones de producción	41
6	Coeficientes técnicos de uso de mano de obra de las nuevas opciones de producción.....	42
7	Calendario de actividades, piso altitudinal 1 (500-1,000msnm).....	43
8	Calendario de actividades, piso altitudinal 2 (1,000-1,500msnm).....	44
9	Calendario de actividades, piso altitudinal 3 (más de 1,500msnm).....	45
10	Calendario de actividades de opciones de producción piso altitudinal 1 (500-1,000msnm).....	46
11	Calendario de actividades de opciones de producción piso altitudinal 2 (1000-1,500msnm).....	47
12	Comparación uso de la tierra antes y después de la modelación con las opciones de producción.....	48
14	Modelos de fincas y soluciones sistema tradicional de producción.....	49
15	Modelos de fincas y soluciones con opciones de producción nuevas.....	64

## 1. INTRODUCCION

## 1.1 ANTECEDENTES

El proyecto de agroempresas de identificación y evaluación de oportunidades de mercado para pequeños agricultores rurales, desarrollado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), realiza en la Región de Yorito-Sulaco, municipios del departamento de Yoro, trabajos con la finalidad de mejorar y diseñar proyectos productivos integrados a futuro.

El presente estudio ha sido desarrollado para la selección de opciones de producción comercializables en la región de Yorito-Sulaco mediante la creación de modelos de programación lineal, es parte de la tercer etapa del proyecto y se utilizará para completar esta sección y poder realizar la cuarta fase y final del proyecto de CIAT (Figura 1.).

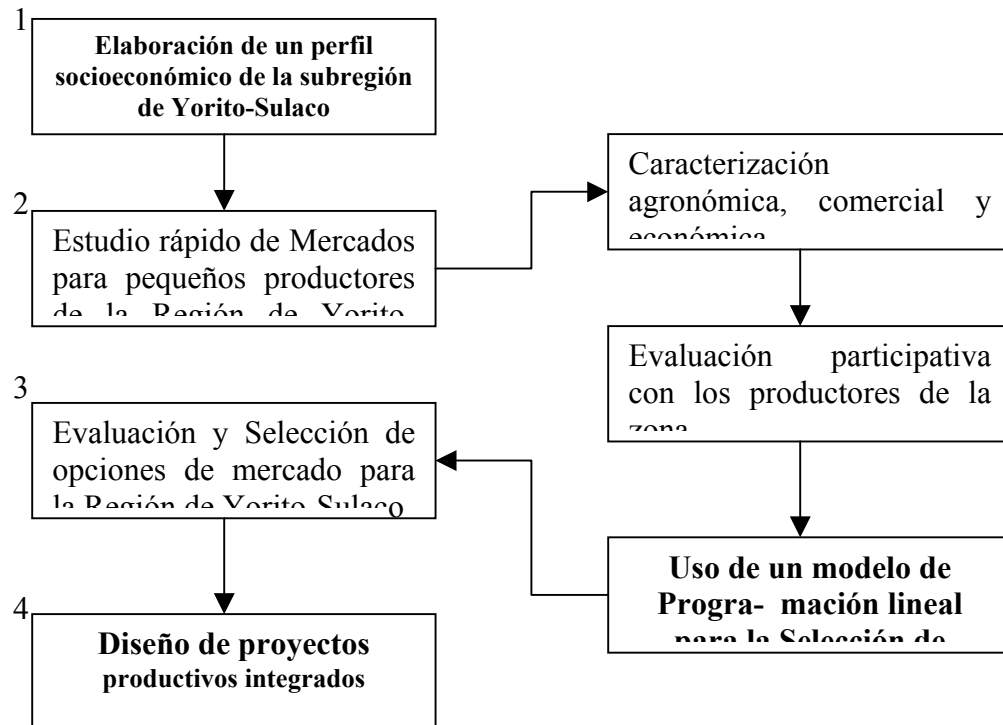


Figura 1. Identificación y evaluación de oportunidades de mercado para pequeños agricultores rurales. (Proyecto de desarrollo de agroempresas rurales del CIAT.)

Como complemento de la tercer etapa se utilizó un modelo de programación lineal para la identificación de productos potenciales con opciones de mercado de acuerdo a la optimización de los recursos disponibles por los agricultores entrevistados y que fueron estudio de caso.

Yorito y Sulaco poseen una extensión territorial aproximada de 24,150 ha y 21,340 ha

respectivamente, totalizando 45,490 ha, con una población estimada en 1988, (según Censo de Población), de 19,960 habitantes, dando una densidad poblacional de 43.8 habitantes por km cuadrado, con tasas de crecimiento de 3.6% y 3.3% respectivamente.

Los suelos son de varios tipos y son poco profundos, limitados por estratos de roca en diferentes grados de alteración, con reacciones desde muy ácida hasta medianamente alcalina. Ambos municipios son irrigados por varios ríos: Aguan, Jalapa, Luquigue, Sulaco, Maralito, Ciguapa y Tascalapa.

La principal actividad generadora de ingresos es la agricultura, principalmente granos básicos, café y algunas hortalizas. Los principales mercados nacionales para los productos son San Pedro Sula, Yoro, El Progreso, Comayagua y Tegucigalpa. El principal canal de comercialización es el intermediario, que por lo general no es de la zona y hace contacto directo con los productores en sus fincas.

La producción agrícola se realiza en pequeñas fincas que van, por lo general de 1 a 10 hectáreas, donde el nivel tecnológico es desde bajo hasta alto. La presión poblacional ha obligado a que muchos campesinos pobres se asienten en las laderas, donde practican una agricultura de subsistencia.

Las principales limitaciones de la Subregión son: pendientes excesivas, minifundio, uso de la quema, sobrepastoreo, limitaciones en la alimentación del ganado en verano, baja fertilidad de los suelos, pérdida del bosque natural y disminución de fuentes de agua.

## 1.2 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar opciones de producción comercializables con pequeños productores de laderas de manera participativa para asesoría de fincas.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la modelación de fincas de manera participativa con pequeños productores.
- Introducir las opciones de producción comercializables en la modelación de finca.
- Comparar los resultados de la programación lineal antes y después de incluir las nuevas opciones de producción.
- Evaluar los nuevos productos con potencial de mercado.
- Proponer un nuevo plan óptimo de producción.
- Realizar un análisis de sensibilidad con el recurso de capital.

#### 1.4 HIPOTESIS

La programación lineal es una herramienta para la simulación de fincas.

Existen opciones de producción con productos de mercado que pueden ser rentables.

## 2. REVISION DE LITERATURA

## 2.1 GENERALIDADES

En la actualidad la generación de metodologías capaces de integrar todos los factores de un sistema productivo, lleva a una investigación y desarrollo agropecuario capaz de hacer frente a los problemas que son cada vez más complejos. Se exige un mayor entendimiento del acontecer social, donde se observan y analizan todas las limitantes y potencialidades del sector estudiado, el ente de desarrollo debe encontrarse en directo contacto con la problemática para poder determinar una posible y factible solución futura.

La construcción y uso de modelos matemáticos que permiten el alcance de información y generación anticipada de respuestas del sistema productivo a posibles cambios futuros es una tecnología que se dispone desde 1947, cuando “Dantzig, Wood, Norton y Geisler, crearon el método simplex, cuya finalidad es alcanzar un valor óptimo para un modelo de ecuaciones de primer grado, siendo una herramienta de programación aplicable a los diversos problemas de optimización en campos como: economía, ingeniería y administración de empresas” (Peñañiel, 1976).

La programación matemática en agricultura tuvo su origen en tratar de modelar la economía de la producción agrícola, incluyendo su dimensión espacial. El modelo de programación provee un sistema bastante natural para la organización cuantitativa de información acerca del lado del abastecimiento de la agricultura, dado el nivel de la finca o el nivel del sector. Entre los usos están: diferentes clases de análisis de sensibilidad, y poder calcular las implicaciones de diferentes disponibilidades de recursos, diferentes condiciones de mercado, tecnología nueva o tradicional (Hazell y Norton, 1986).

Los modelos permiten la integración entre los enfoques disciplinarios y el de sistemas permitiendo la descripción y comprensión del uso de la tierra y su dinámica temporal y espacial, el análisis de los patrones de distribución espacial de las actividades agrícolas en el paisaje y en la región, y la sensibilidad del uso de la tierra a cambios en las políticas de precios y de fomento, entre otras (Estrada *et al.*, 1999).

## 2.2 MODELACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION

En el enfoque de sistemas de producción un modelo es aquello que representa un objeto, o sistema que a pesar de ser ajeno a éste puede darnos una idea clara de su funcionamiento. Es un organismo creado de una manera simplificada de algo real que nos permite simular distintos escenarios y observar la respuesta del ente en estudio en él. El término modelo puede entenderse como la abstracción o representación simplificada de una unidad de análisis. Los modelos deben representar las principales actividades e interrelaciones del sistema, deben adaptarse a varias situaciones, ser de carácter general y estar al alcance de los investigadores. El modelo ideal es aquel que se aproxima cada vez más al objeto o sistema considerado (Estrada *et al.*, 1999).

El modelo requiere una gran parte de tiempo para desarrollarlo, envuelve preparación y transformación de datos, y un reporte de preparación. Cada modelo requiere muchas horas de análisis y tiempo de programación para organizar los datos y escribir los programas que transformarán los datos en la forma requerida para la programación óptima matemática (Brooke *et al.*, 1988).

### 2.3 SIMULACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION

La simulación de sistemas es una técnica numérica para predecir posibles resultados de la experimentación, usando lógica matemática para describir el comportamiento de los sistemas de producción a través del tiempo (Estrada *et al.*, 1999).

La herramienta utilizada en la simulación de sistemas es la programación lineal cuyas características generales de los modelos según Davis y Mckeown, (1984) son:

1. Una sola función objetivo.
2. Maximización de una función objetivo sujeta a disponibilidad de recursos.
3. Proporcionalidad de la función objetivo y de las restricciones con respecto al nivel de producción de cada artículo.

En forma matemática general:

$$\text{Maximizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$\begin{array}{l} \text{Sujeto a} \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \quad [ \geq, \leq, = ] b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \quad [ \geq, \leq, = ] b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \quad [ \geq, \leq, = ] b_m \end{array}$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

donde  $x_1, x_2, \dots, x_n$  representan las variables de decisión.

$$\begin{array}{l} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n} \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n} \\ \vdots \\ a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn} \end{array} \quad \text{representan los coeficientes de la tasa física de sustitución.}$$

$c_1, c_2, \dots, c_n$  representan coeficientes de contribución.

$b_1, b_2, \dots, b_m$  representan recursos disponibles de materias primas y otros.

### 2.3.1 Ventajas y limitaciones de los modelos de simulación

Según Estrada *et al*, (1999) los modelos de simulación nos proporcionan las siguientes ventajas y limitaciones, en las diversas actividades que los vayamos a implementar.

#### 2.3.1.1 Ventajas

1. Los modelos representan una técnica relativamente simple, son posibilidades de manipular factores biológicos y económicos que representan dificultad para su manejo en la vida real.
1. Permiten ordenar y visualizar el conocimiento existente y limitante para el estudio.
2. Los modelos contribuyen a entender y explicar las interrelaciones entre los elementos del sistema y las de éste con los diferentes niveles jerárquicos con quienes interactúa.
3. Permiten realizar análisis ex-ante, de diferentes aspectos. Esto sirve para decidir si los problemas que se quieren resolver, involucran componentes, interacciones o factores permitiendo plantear alternativas tecnológicas para su validación en el campo.
4. Ayuda a priorizar líneas de investigación tendientes a dar solución a un problema determinado.
5. Son dinámicos con relación al tiempo; por tanto, éste se puede incluir en el modelo como variable continua o discreta. Ello permite que la información obtenida en la investigación de campo se utilice eficientemente.
6. Son útiles para generar hipótesis de funcionamiento de los sistemas biológicos y para seleccionar las variables más sensibles, es decir, aquellas que requieren de investigación para su comprensión y utilización en el desarrollo de tecnologías para los agricultores.
7. Permiten evaluar diferentes escenarios dando elementos para la selección de aquellos que presenten una mejor opción para los agricultores.
8. Permiten la valoración de los recursos naturales que poseen los productores, facilitándoles el planteamiento de los términos de una eventual negociación con quienes diseñan las políticas del medio ambiente o con quienes se benefician de manera directa de los procesos de conservación.

#### 2.3.1.2 Limitaciones

1. Se requiere de información disponible y confiable.
2. El desarrollo de un modelo de simulación puede ser costoso en tiempo y dinero, y requiere de personal capacitado.

3. La simulación puede ser imprecisa y no medir el grado de imprecisión. Por tanto, el análisis de sensibilidad de un modelo debe permitir cambiar los valores de los parámetros para superar parcialmente esta dificultad.
4. Los resultados de la modelación son normalmente numéricos y proporcionan la información que el investigador selecciona. De este modo, nace el peligro de atribuir a los números un grado de validez mayor de lo justificado.
5. No existe suficiente desarrollo metodológico para incluir variables de manejo o de gestión con características cualitativas.

## 2.4 PROGRAMACION LINEAL

La programación lineal es un método de planificación que es a menudo muy útil para tomar decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas. La típica explotación agrícola dispone de un conjunto de mano de obra, capital y tierra que puede ser dedicado a numerosos cultivos o producciones ganaderas. La información requerida es una especificación de las restricciones y un más detallado conjunto de entradas y salidas. Para programar deben definirse unos conjuntos de datos como: actividades del proceso productivo, coeficientes de producción, precios del producto y de las entradas, restricciones o limitaciones del sistema (Beneke y Winterboer, 1984).

Un progreso sustancioso fue hecho en los años 50's y 60's con el desarrollo de algoritmos y códigos de computadores para resolver problemas de programación matemática largos. El número de aplicaciones para estas herramientas en los 70's fue menor del esperado sin embargo, porque los procesos de soluciones forman solo una pequeña parte del total esfuerzo de la modelación. Además, fue difícil de detectar y eliminar errores porque los programas que ejecutan las operaciones de datos eran solo accesibles a los especialistas que los escribían y no a los analistas a cargo de los proyectos (Brooke *et al.*, 1988).

Son múltiples los campos de aplicación de la programación lineal en el sector agropecuario, pero la aplicación típica es la de asignar recursos limitados, tales como área a utilizar, mano de obra, agua y capital de trabajo, en forma tal que se optimice algún componente entre ellos: los costos de producción, la mano de obra utilizada, la rentabilidad de la producción, y las utilidades de los recursos naturales empleados (Estrada *et al.*, 1999).

Un modelo de programación lineal proporciona un método eficiente para determinar una decisión óptima, (o una estrategia óptima o un plan óptimo) escogida de un gran número de decisiones posibles. La decisión óptima es la que satisface un objetivo de administración, sujeto a varias restricciones (Moskowitz y Wright, 1982).

### 2.4.1 Método simplex

Al realizar un modelo de programación lineal aplicado a un caso dado, implica el uso de un gran número de variables y restricciones, lo cual incrementa la complejidad

matemática para encontrar la solución, por lo que se utiliza el método simplex para poder llegar a la solución óptima.

El método simplex, con la ayuda del computador, puede resolver problemas de programación lineal hasta de varios millares de variables y restricciones. Con el procedimiento gráfico, el método simplex encuentra la solución óptima (mínimo costo o máximo beneficio) en uno de los vértices del conjunto de soluciones factibles, hace uso de la propiedad clave de la programación lineal que dice que un problema siempre tiene una solución localizada en uno de los vértices del conjunto de soluciones factibles. Es un procedimiento sistemático y eficiente para encontrar soluciones situadas en los vértices de optimalidad, éste se detiene (o termina) una vez se haya encontrado la solución óptima. Requiere que las restricciones sean ecuaciones en vez de inecuaciones, aunque estas últimas son convertidas en ecuaciones al agregar una variable no negativa en el lado de menor valor de la inecuación; éstas variables agregadas son definidas como variables de holgura (Moskowitz y Wright, 1982).

#### 2.4.2 Ventajas y limitaciones de la programación lineal

El utilizar modelos de programación lineal es una alternativa viable en el logro de los objetivos propuestos de forma rápida y que nos permite minimizar el grado de error en las tomas de decisiones. Sin embargo existen limitaciones que se deben tomar en cuenta antes de utilizar esta metodología.

##### 2.4.2.1 Ventajas

Según Estrada *et al.*(1999) entre los aspectos positivos encontramos los siguientes enunciados:

1. Se identifican aquellas acciones de desarrollo tecnológico de mayor impacto potencial inmediato y de mejores relaciones costo beneficio, orientadas a la definición de prioridades por parte del equipo investigador.
2. Se obtiene una respuesta rápida estimada del resultado de la interacción de diversos factores, aspecto que, por la vía experimental, llega a ser, inclusive, imposible de ejecutar por el tamaño del diseño factorial que requeriría o por el número de años necesarios para su elaboración.
3. Reducción en el costo de la experimentación y en el tiempo que deben invertir los investigadores a nivel de campo.

##### 2.4.2.2 Limitaciones

Entre los aspectos negativos o limitantes Estrada *et al.*(1999) nos cita:

Como en todo proceso de simulación, se requiere de información disponible y confiable.

La programación lineal supone linealidad, es decir, podrían sobrestimarse resultados debido a la ley de los rendimientos decrecientes.

No existe suficiente desarrollo metodológico para incluir variables cualitativas de manejo o de gestión.

- Por otra parte Beneke y Winterboer,(1984) nos agregan las siguientes limitaciones:
- La programación no puede ayudar en la tarea de la determinación de la expectativa de los precios. El proceso sólo puede indicar la mejor manera para usar los recursos una vez que el juicio de los futuros precios ha sido hecho.
  - Ofrece poca ayuda en la estimación de las relaciones entre las entradas y salidas, las cuales deben ser estimadas por el planificador.
  - Los precios, y las expectativas de las entradas y salidas actúan como si fueran igualmente seguras para todos los productos de la explotación.
  - Las restricciones son difíciles de especificar a largo plazo, no se tiene certeza del nivel de estas en los siguientes periodos.
  - Las actividades que encierran costos decrecientes no pueden ser tratadas adecuadamente con estos métodos.

## 2.5 APLICACIONES DEL USO DE LA MODELACION

Las políticas agrícolas pueden beneficiarse de los ejercicios de modelación porque los efectos de varios instrumentos de política son frecuentemente muy complejos de evaluar sin un lógico y consistente sistema. Ejercicios de modelación son la única manera de comparar los instrumentos de política como diversos intercambios de políticas, mejora de infraestructura, mejora de servicios de extensión, entrada de políticas de precios, pequeños proyectos de desarrollo de crédito. Esto es más cierto si se toman ambos factores, agroecológicos y socioeconómicos, y no decidir solo para la actualidad sino también para las futuras generaciones (Kruseman *et al.*, 1997).

Existe poca información de la asesoría de fincas utilizando la programación lineal como herramienta en la ayuda de toma de decisiones, sin embargo, tenemos claro que se puede aplicar a cualquier campo y actividad de la vida cotidiana. Se presentan dos casos del uso de esta metodología.

### 2.5.1 Caso Microcuenca Río Cabuyal, Colombia

Evaluación ex-ante de las alternativas de producción más atractivas para los pequeños productores de la microcuenca del Río Cabuyal, sur de Colombia, mediante el uso de un modelo de programación lineal multipropósito (Ostertag, 1998).

Este modelo se usó para comparar las diferentes alternativas de producción dentro de una finca y para buscar un balance entre los objetivos en conflicto, tales como los objetivos del agricultor (ingresos, reducción de riesgo, etc.) y los objetivos del investigador, tal como la reducción de la erosión. El modelo se alimenta con datos respecto a erosión del suelo, rendimientos de los cultivos, costos de producción, ingresos, etc.

El modelo concluyó que, en la “subregión alta”, los sistemas de producción con mora, lulo ó naranjilla y uchuva pueden complementar los actuales sistemas de producción. Luego de mejorar los pastos, la producción de leche puede ser otra alternativa. En la “subregión media”, se piensa que el actual sistema de producción en base a café y plátano

debe mantenerse por ser una buena alternativa. La yuca y pastos se consideraron las mejores opciones para la “subregión baja”.

### 2.5.2 Caso Microcuenca La Lima, Honduras

Manejo de recursos naturales en las laderas de Honduras: modelación bioeconómica a nivel de cuenca (Barbier y Bergeron, 1998).

El estudio se realizó en la microcuenca de La Lima, consiste en el uso y desarrollo de un modelo bioeconómico de enlace entre la programación lineal y un modelo biofísico para examinar los resultados de este tipo de desarrollo en los últimos 20 años y así, como en los próximos 25 años. Trata de explicar el comportamiento de los agricultores de la microcuenca de La Lima.

Se analizaron diferentes hipótesis donde se recopilaron datos detallando recursos tales como mano de obra, capital, ganadería, forestales, acceso a agua, actividades adentro y fuera de la finca. También datos de entradas y salidas económicas, consumo e inversión de los hogares. Se determinó el uso de la tierra en base a fotografías aéreas que se introdujeron en un programa de cómputo (GIS) para analizar uso de tierra, suelos y topografía, a la vez se analizó la estructura del mercado y un análisis detallado de suelo. Con la programación lineal se desarrollo un modelo que maximizara la utilidad de la microcuenca en un horizonte de planeación sobre los 5 años.

La simulación acerca del crecimiento de la población dice que esta crece hacia un menor ingreso *per capita*. Los efectos de la población en los recursos naturales son mínimos no llegando a ser extremos. Los accesos a mercados incrementarán el ingreso *per capita* lo cual se confirma con los resultados. La última hipótesis de que los aspectos agroecológicos son los más importantes en determinar el ingreso y las condiciones de los recursos naturales fue confirmada.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en la Subregión de Yorito-Sulaco, para evaluar las opciones de producción con pequeños agricultores. Consiste en el estudio de casos por medio de entrevistas a agricultores seleccionados y la aplicación de la metodología del uso de modelos de simulación, con la finalidad de poder predecir futuras respuestas de los sistemas productivos, a la incorporación de nuevas alternativas de producción comercializables. Se tomó como base tres estudios anteriores: Perfil Socioeconómico, Estudio Rápido de Mercados y Evaluación y Selección de opciones de Mercado para dicha Región, con la finalidad de conocer claramente el desenvolvimiento de la Región.

#### 3.1 ETAPAS

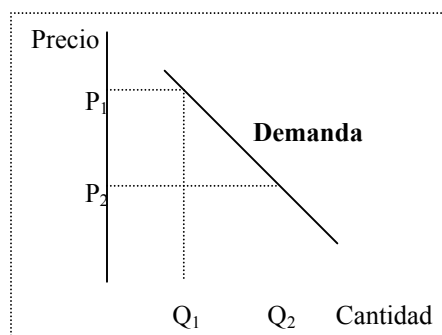
Los procedimientos utilizados en la realización y análisis de la modelación se describen de la siguiente forma.

##### 3.1.1 Realización de la encuesta

Se determinó que con la finalidad de obtener los datos necesarios para introducirlos en la modelación del sistema de producción tradicional de las fincas estudiadas que se utilizarían para diseñar los modelos, era necesaria una encuesta cerrada, con preguntas claras y de fácil tabulación que proporcionarían los siguientes datos:

- Disponibilidad de recursos de capital, tierra, mano de obra.
- Actividades productivas realizadas.
- Precios de venta de los productos (en base al año anterior).
- Rendimientos de las actividades (año anterior).
- Costos de producción.
- Mano de obra utilizada en cada fase productiva y su periodicidad.
- Destino de los productos: venta o consumo, y los respectivos consumos anuales.
- Número de beneficiarios y dependientes del sistema productivo.

Los precios utilizados en la modelación como coeficientes de la función objetivo fueron los del año anterior, debido a la inestabilidad de precios que existe en la agricultura, como consecuencia de cambios en la oferta de productos debido a razones climáticas, y productivas principalmente. Se debe tener en claro que disminuciones o aumentos en las cosechas producen desplazamientos en el punto de equilibrio de la oferta y demanda (Figura 2), originando un incremento o disminución en los precios de los productos (Wonnacott y Wonnacott, 1992).



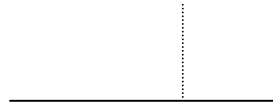


Figura 2. La inestabilidad de los precios agrícolas a corto plazo.

### 3.1.2 Selección de agricultores según acceso al mercado

La selección de los agricultores se realizó en base a un listado oficial de productores que participaran en el sondeo sobre criterios de decisión, cuenca del Río Tascalapa Yorito-Sulaco, proporcionada por personal de CIAT en Yorito. Se escogieron ocho agricultores de acuerdo a tres categorías de acceso a mercado (permanente, temporal, camino de herradura), y que a la vez correspondieran a tres niveles económicos (alto, medio, bajo). Se buscó al máximo que los tres agricultores de diferente nivel económico pertenecieran a la misma comunidad, con la finalidad de obtener mayor representatividad de los estos niveles en la modelación, y la vez en un futuro, poder predecir la respuesta de los distintos estratos económicos en las comunidades a medidas de desarrollo impulsadas por entes externos. Las comunidades seleccionadas según acceso a mercado fueron:

Permanente: Jalapa, Río Arriba.

Temporal: Capiro

Camino de Herradura: Lagunitas, Laguna.

### 3.1.3 Transferencia de tecnología de la programación lineal a las ONG

Se realizaron presentaciones con miembros de las diversas Organizaciones No Gubernamentales (ONG) de Yorito y Sulaco, dichas presentaciones consistieron en el uso de un modelo de programación lineal, de un sistema productivo de las actividades de maíz y frijol, se utilizaron datos técnicos manejados por los asistentes, y se realizó un análisis de sensibilidad del sistema añadiendo variables como lo son crédito, alquiler de tierra, alza y baja en precios de venta y rendimientos. La finalidad era despertar interés en los distintos individuos de la región, que están íntimamente ligados a la producción, en esta herramienta tecnológica de optimización de los recursos disponibles.

### 3.1.4 Toma de datos en forma participativa con computador

Se realizaron visitas a los agricultores seleccionados en sus respectivas fincas, algunos de estos no se encontraban en el lugar y debido a lo difícil del acceso a las comunidades, que implicaba un notorio atraso en el estudio se procedió a entrevistar otro agricultor de la

misma comunidad, se trató en todo momento que éste sustituto fuera de la misma categoría económica del anteriormente seleccionado. Se procedió a dar a conocer la finalidad del presente estudio y la metodología de la programación lineal, tratando de observar la reacción del agricultor con la nueva tecnología, se realizó la encuesta y simultáneamente se introdujeron los coeficientes en el modelo, al obtener los resultados se intercambiaban opiniones con el agricultor a manera de comprender sus actuaciones en lo referente al sistema productivo que se realiza. Esta metodología no se realizó en todos los estudios de caso, diferenciándose en que únicamente se hizo la encuesta.

### 3.1.5 Creación de base de datos recopilados

Los datos recopilados en las entrevistas a cada agricultor se introdujeron en una base de datos de Excel, dicha base permite hacer comparaciones entre los agricultores con respecto a diferentes variables, tales como rendimientos, costos, requerimientos de mano de obra, etc. A la vez permite una tabulación en la matriz y una modelación más exacta y más rápida, al disponer de forma accesible todos los coeficientes. (Anexos 1 al 6)

### 3.1.6 Recopilación de información secundaria para establecer calendarios de actividades de la zona

Se procedió a recopilar información con respecto a la periodicidad de las diferentes actividades en la zona, esta información varía según el piso altitudinal en que se encuentre la comunidad. Para ello se determinaron tres pisos altitudinales (500 a 1000 msnm, 1000 a 1500 msnm, más de 1500 msnm). Las comunidades con nivel de acceso a mercado permanente pertenecen a la primer categoría, las de acceso temporal y camino de herradura corresponden al segundo piso, y la tercer categoría no fue estudio de caso. Esta información fue tabulada en un calendario de actividades por piso altitudinal y se establecieron las épocas de las diferentes labores para los cultivos que se producen. (Anexos 7, 8 Y 9)

### 3.1.7 Creación de modelos para cada agricultor estudio de caso

Al poseer los coeficientes técnicos de la función objetivo, y las restricciones del sistema productivo se realizó un modelo de programación lineal para cada estudio de caso, donde posteriormente se introdujeron los datos de las alternativas de producción que fueron establecidos en el informe de Evaluación y Selección de opciones de mercado para la Región. (Anexos 13 y 14)

### 3.1.8 Evaluación y selección de nuevas alternativas de producción y su calendarización

Se seleccionaron las opciones nuevas de producción en base a los resultados del análisis de los datos de los talleres de Evaluación Participativa de las Opciones de Mercado. Dichas opciones son las siguientes: maíz de primera, frijol de primera, café, yuca,

lácteos, aguacate, plátano, tomate, cebolla roja, chile dulce, repollo, y lechuga. Dado que casi en su totalidad estos cultivos fueron elegidos como buenas opciones se procedió a introducir los doce cultivos en todos los modelos desarrollados. A la vez para una mejor distribución de la mano de obra necesaria en cada cultivo se procedió a realizar un calendario de actividades por cultivo de las doce opciones, este calendario esta basado en la realización de actividades de la zona, y los cultivos que no se producen se basaron en literatura. (Anexos 10 y 11)

### 3.1.9 Construcción de los modelos con las nuevas alternativas de producción

Al tener la información necesaria de las nuevas alternativas de producción se procedió a introducir sus variables y datos en los modelos desarrollados anteriormente. A la vez se realizaron los análisis respectivos de su implementación. (Anexo 15)

### 3.1.10 Análisis de resultados y su comparación

Se realizaron los análisis de los resultados antes y después de las nuevas opciones de producción, también se realizaron análisis comparativos del uso de la tierra y los resultados que el modelo nos proporciona, a manera de observar el porqué de las decisiones de los agricultores en cuanto a la distribución física de la tierra. Se hizo un análisis de sensibilidad, donde la restricción de capital se varió de nivel para poder observar la respuesta de un posible incremento en la inversión de los productores en las actividades agrícolas, ya sea de fuente propia o de créditos destinados y accesibles a la región. (Anexo 12)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

## 4.1 CONSTRUCCION DE LOS MODELOS

El modelo es construido como una matriz de doble entrada, en donde se cruzan las actividades productivas del sistema estudio de caso, con las restricciones a las que se encuentra sometido.

### 4.1.1 Definición de las actividades

Las actividades en la modelación corresponden a las realizadas en la realidad en el sistema productivo, son las de producción de cultivos anuales de ciclo corto y largo (menos de 6 meses y más de 6 meses respectivamente); cultivos perennes; actividad ganadera; actividad de jornalero fuera de la finca; actividad de contrato de jornales para la finca; compra de productos ( maíz y frijol ) para el consumo de la unidad productiva, también se toma la actividad de cosecha de café fuera de la finca. La duración del ciclo de los cultivos anuales se ve afectada por el piso altitudinal a causa de las condiciones climáticas existentes, y a prácticas culturales diferentes. Las unidades utilizadas en el caso de uso de la tierra corresponde a manzanas, los rendimientos a quintales por manzana, los precios son de lempiras por quintal, de igual manera los costos de producción son de una manzana. Para actividades que requieren de mano de obra se trabaja con jornales, donde un jornal corresponde a 8 horas diarias de trabajo en cualquier horario diurno, los precios de los productos de compra son de lempiras por quintal.

### 4.1.2 Definición de la función objetivo

La función objetivo será el ingreso neto que se recibe en la unidad productiva, donde se totalizarán los ingresos por la venta de los diferentes productos, venta de jornales fuera de la finca (30 lps/jornal), y a la vez se sustraerá el costo de compra de productos y contrato de jornales del exterior de la finca a un precio de (35 lps / jornal). Nótese que el precio de un jornal ganado fuera de la finca es inferior a un jornal a pagar dentro de la finca, esto se hace para dar mayor flexibilidad al modelo, ya que de caso contrario la mejor opción es trabajar fuera y contratar alguien para que atienda la unidad productiva. De igual manera el precio de compra de productos será superior en un 25% al de venta de los mismos, asumiendo que en el momento de una posible compra esta se realizará en tiempos de escasez, cuando los precios se han incrementado considerablemente.

### 4.1.3 Definición de las restricciones

#### 4.1.3.1 Tierra

La unidad de medida es la manzana, donde el máximo a utilizar en el modelo es el máximo disponible por el productor. La limitación de tierra para los cultivos lleva a una competencia en el mismo tiempo y espacio, por lo que se define que cultivos estarán en dicha competencia y se colocan bajo el máximo disponible. Cultivos como banano son producidos en asocio con café, por lo que el máximo corresponderá al utilizado por cultivo de café.

#### 4.1.3.2 Mano de obra

La unidad de medida es el jornal, siendo el máximo disponible el que se tiene en la unidad productiva. El disponible se define con el total de personas que trabajan semanalmente, se excluyen los domingos, y se aplica a una 80% para quitar posibles problemas de mal tiempo, y enfermedad. Se definieron doce periodos al año, con la finalidad de dar la cualidad de dinámico al modelo, cada periodo corresponde a un mes calendario, los jornales disponibles se aplicaron bajo el criterio de promedio simple anual siendo 30.4 jornales por mes, menos 4.4 domingos y aplicando al 80%. Lo cual da un disponible de 20.9 jornales mensuales o por periodo. La distribución de la mano de obra por periodo se hizo de acuerdo al requerido por actividad en ese tiempo para cada cultivo, en base a los calendarios de actividades por cultivo. En estas restricciones se agregó el contrato de jornales para la finca, el cual suma al disponible; y se restó el jornalero fuera de la finca del disponible.

#### 4.1.3.3 Capital

La unidad es el lempira. El disponible corresponde al que el agricultor puede destinar para la producción del año siguiente. En esta restricción se toman los costos necesarios de producción que están en la función objetivo, y los posibles jornales contratados para la finca al precio determinado.

#### 4.1.3.4 Compra de productos

La unidad de medida es quintales necesarios por año. El mínimo necesario corresponde al consumo anual de la unidad productiva más la posible compra al precio determinado en la función objetivo. El precio de compra es un 25% superior al de venta de los productos, tomando en cuenta el criterio explicado anteriormente de compra en épocas de escasez, que lleva a un incremento de precios.

#### 4.1.3.5 Transporte

En el caso de la comunidad ubicada en camino de herradura, es necesario transportar el producto a la carretera debido a lo inaccesible del terreno y distancias considerablemente largas, por esto se introdujeron restricciones de alquilar mulas, a un precio de 30 lps/día, se realizó un estimado de rendimiento del animal para llevar una X cantidad de producto, y en base a esto se introdujo en el modelo.

#### 4.1.3.6 Otras restricciones

Para tener un mayor acercamiento a lo realizado en la actualidad por los productores, se procedió a fijar el área que se tiene en la actualidad de café, esto se hizo en todos los modelos. En los modelos posteriores a introducir las nuevas alternativas se decidió eliminar los cultivos de ciclo perenne (alternativas de café, aguacate y lácteos), ya que demandan una inversión, e implican un tiempo considerable sin percibir ingresos, además, otra razón fue que eran seleccionados como mejores alternativas por el modelo, tal es el caso del aguacate, siendo esto desfavorable al momento de hacer recomendaciones a los productores. En los modelos de acceso a mercado de herradura, niveles económicos bajo y medio (modelos siete y ocho), se eliminaron las opciones de café, aguacate, tomate, lechuga, plátano y lácteos, debido a las dificultades y daños poscosecha que se originan con el transporte.

#### 4.1.4 Cálculo de variable ex-post a la simulación

##### 4.1.4.1 Erosión

Se introdujeron índices de erosión para los distintos cultivos, esto con la finalidad de tener un valor de erosibilidad del sistema al realizar en un futuro la propuesta del modelo. Los coeficientes de erosión utilizados para los cultivos son: maíz 0.2, caña 0.2, pastos 0.05, repollo 0.2, lechuga 0.01, cebolla 0.2, tomate 0.03, chile 0.2, frijol 0.2, yuca 0.2, café 0.001, aguacate 0.001, plátano 0.05, banano 0.05.

La erosión del suelo por manzana es modelada como una función del área de cada cultivo y la presencia o ausencia de estructuras de conservación. La erosión afecta de dos maneras los suelos, siendo la escorrentía una, y reducción de la profundidad del suelo la otra. Los datos en la modelación son generados por EPIC, que describe cómo prácticas del uso de la tierra afectan cultivos y calidad del suelo, y como la calidad del suelo actual afecta futuros cultivos. EPIC simula hidrología, erosión, sedimentación, ciclos de fósforo y nitrógeno, crecimiento de plantas y temperatura del suelo (Barbier y Bergeron, 1998).

## 4.2 ANALISIS ANTES DE INTRODUCIR LAS NUEVAS OPCIONES DE PRODUCCION

Se procederá a un análisis de resultados de cada uno de los modelos antes de introducir las nuevas alternativas de producción. Se analizan ingresos, uso de la tierra y disposición de la mano de obra para cada actividad. El ingreso neto es lo retribuido al dedicar la tierra a esas actividades menos costos de contratar jornales, compra de maíz o frijol y costos de producción. El ingreso bruto incluye venta del excedente de productos que no se consumen en el caso de que lo exista.

### 4.2.1 Modelo 1, acceso a mercado temporal, nivel económico bajo

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 7,459.5 bajo las limitaciones actuales (Cuadro 1.) es de sembrar 1 mz de maíz de primera y 1 mz de frijol de postrera, y trabajar como jornalero fuera de la finca.
- A la vez para poder llevar a cabo esto el agricultor se verá obligado a contratar 7.2 jornales en el período 1. Por cada jornal que contrate en los demás períodos perderá lps 5, ya que el precio de contratar trabajadores es 35 lps/día y se verá obligado a trabajar fuera a un precio de 30 lps/día.
- La actividad de jornalero fuera de la finca le permitirá trabajar 195.8 jornales para un ingreso de lps 5,894.8, que representa el 79 % de sus ingresos anuales.
- Para satisfacer el consumo anual de maíz se verá en la necesidad de comprar 5 qq a un precio de lps 100, y tendrá un exceso de 3 qq de frijol para la venta, a la vez si decide comprar frijol por cada quintal que compre perderá lps 469.
- Con respecto al capital tendrá un sobrante de lps 97.9 después de invertir lps 402 para la producción.
- En lo relacionado a un posible alquiler de tierra, si desea hacerlo para no obtener pérdidas lo deberá hacer a un precio anual de lps 1,185/mz en el caso de no sembrar maíz, en caso de no sembrar frijol lo deberá hacer a lps 182.5/mz, esta diferencia se debe lo que los cultivos aportan al sistema productivo.
- El sistema propuesto por el modelo nos indica un índice de erosión de 0.4, entre los dos cultivos.

Cuadro 1. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra y actividades, modelo 1.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	1.00
Frijol primera (mz)	1.00
Jornaleo fuera de la finca (días)	195.80
Ingreso neto(lps)	7,459.50
Ingreso bruto(lps)	11,956.00

#### 4.2.2 Modelo 2, acceso a mercado temporal, nivel económico medio

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 7,474.5 bajo las limitaciones actuales es de: maíz primera 0.55 mz, frijol de postrera 0.16 mz, frijol de primera 0.40 mz, café 1 mz y caña 0.3 mz (Cuadro 2.).
- Se deberán contratar las siguientes cantidades de jornales para satisfacer la demanda de mano de obra: período uno 7.7 jornales, período nueve 13.8 jornales.
- El sobrante de jornales en los demás períodos será de 87.4. Si desea contratar jornales de fuera lo deberá hacer a no más del siguiente precio para no tener pérdidas: período 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11 y 12 a 40.4 lps, período 3 a 31.4 lps, y período 7 a 13 lps. Esta diferencia se debe al valor asignado por el modelo a la disponibilidad de jornales.
- El precio de oportunidad de vender su mano de obra fuera de la finca será de: período uno, nueve lps 40.4, período tres lps 20, y período siete lps 27, es decir ese deberá ser el mínimo a aceptar para trabajar un jornal fuera de la finca.

- Para satisfacer el consumo deberá comprar 11.1 qq de maíz a un precio inferior de 112.5 lps/qq, el frijol se produce en exceso dejando 7.5 qq para la venta, si se tuviera que comprar frijol se deberá hacer a un precio inferior de 469 lps/qq.
- El capital es un limitante, si se desea conseguir un financiamiento debe ser menor de una tasa de 15.5% anual.
- El índice de erosión obtenido por este sistema propuesto es de 0.25.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad, positivo, lo cual indica que si es rentable incrementar su área.

Cuadro 2. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 2.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	0.55
Frijol postrera (mz)	0.16
Frijol primera (mz)	0.40
Café (mz)	1.00
Caña (mz)	0.30
Ingreso neto(lps)	7,474.50
Ingreso bruto(lps)	16,738.90

#### 4.2.3 Modelo 3, acceso a mercado temporal, nivel económico alto

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 18,321.04, bajo las limitaciones actuales es de: 0.23 mz de maíz, 2.89 mz de frijol de postrera, 1.25 mz de frijol de primera, 0.5 mz de café (Cuadro 3.)
- En el caso de no sembrar maíz café y frijol de primera y querer alquilar la tierra se deberá hacer a lps 484/mz, en el caso de no sembrar frijol de postrera y café se deberá alquilar a lps 3,550/mz.
- Se deberán contratar 22.8, 0.46 y 62.4 jornales para los períodos 1, 9 y 11 respectivamente.
- De igual manera por cada jornal contratado en los períodos del 2,3,4,5,6,8,10,12 se perderán 42.3 lps, en el caso del período 7 se perderá 14.6 lps.
- Existirá un sobrante de 389 jornales en el año.
- El capital se encuentra en total uso, y si se desea un crédito deberá ser inferior al 21% anual.
- Se deberán comprar 28.5 qq de maíz a un precio no superior de lps 87.5, se tendrán 51.3 qq de frijol para la venta, y por cada quintal que se tuviera que comprar de frijol se perderían lps 500.
- El índice de erosión es de 0.87 para este sistema productivo.
- La tierra estará subutilizada, dejando 2.01 mz libres u ociosas.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad positivo, lo cual indica que si es rentable incrementar su área.

Cuadro 3. Distribución propuesta por la modelación

del uso de la tierra, modelo 3.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	0.23
Frijol postrera (mz)	2.89
Frijol primera (mz)	1.25
Café (mz)	0.50
Ociosa (mz)	2.01
Ingreso neto(lps)	18,321.04
Ingreso bruto(lps)	49,481.50

#### 4.2.4 Modelo 4, acceso a mercado permanente, nivel económico bajo

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 24,590, bajo las limitaciones actuales es mantener 1 mz de café y banano, 0.5 mz de maíz de primera y 0.49 mz de frijol de postrera (Cuadro 4.).
- Por cada manzana que se desee alquilar se debe hacer a un precio de lps 761 para no obtener pérdidas.
- En la época de siembra de frijol de postrera se dejará 0.01 mz libres.
- La actividad de jornalero contribuye en un 12.8% en el ingreso total, y la actividad de cosecha de café fuera de la finca es nula.
- En el período 1, 2, 10 y 12 será necesario contratar 14.4, 2.7, 4.38 y 3.5 jornales respectivamente. El costo de contratar jornales en los demás períodos será de lps 41.8 por jornal.
- Por cada jornal que se destine a cosechar café fuera de la finca se perderán 11.8 lps.
- En lo referente a compra de maíz se deberán conseguir 22 quintales para satisfacer el consumo anual a un precio no superior de lps/qq 81.25, se tendrán 2.9 qq de frijol para la venta a un precio, pero si se deseara comprar deberá ser inferior a 625 lps/qq.
- El capital se encuentra en total uso y si se deseara conseguir un crédito no se deberá pagar más del 105% anual, esto es un factor altamente favorable si se pudiera conseguir crédito para elevar el nivel tecnológico de producción.
- El índice de erosión nos da un valor de 0.25.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad, positivo, lo cual indica que si es rentable incrementar su área.

Cuadro 4. Distribución propuesta por la modelación

del uso de la tierra y actividades, modelo 4.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	0.50
Frijol postrera (mz)	0.49
Café (mz)	1.00
Banano (mz)	1.00
Jornaleo fuera de la finca (días)	105.60
Cosecha café (días)	0.00
Ingreso neto(lps)	24,590.00
Ingreso bruto (lps)	30,139.10

#### 4.2.5 Modelo 5, acceso a mercado permanente, nivel económico medio

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 5,755 bajo las limitaciones actuales es de sembrar 3 mz de café, con esta solución quedan 1.25 mzs ociosas de tierra en el período de siembra de maíz (Cuadro 5.).
- En lo referente a la mano de obra en ningún período se deberán contratar jornales. El exceso de jornales será de 1,363.6 en el año.
- El sistema productivo no permite satisfacer el consumo anual de maíz y frijoles, por lo que se deberán comprar 40 qq de maíz, y 4 qq de frijol.
- El capital es utilizado en su totalidad.
- El índice de erosión es de 0.003.
- Por cada mz de maíz que se siembre se perderán 76,193 lps.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad, negativo, lo cual indica que no es rentable incrementar su área, por el contrario se debería reducir o mejorar su rendimiento.
- La gran diferencia entre el ingreso neto y bruto se debe al comprar los productos para consumo familiar.

Cuadro 5. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 5.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	0.00
Frijol postrera (mz)	0.00
Café (mz)	3.00
Ociosa (mz)	1.25
Ingreso neto(lps)	5,755
Ingreso bruto(lps)	12,255

#### 4.2.6 Modelo 6, acceso a mercado permanente, nivel económico alto

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 20,029.3 bajo las limitaciones actuales es sembrando 4.43 mz de maíz de primera, 2 mz de café, y no destinar área para ganado, ya que cada manzana destinada a esa actividad nos traerá una pérdida de lps 56.3 (Cuadro 6.).
- Para satisfacer los requerimientos de mano de obra se deberán contratar 41.6 jornales en el período 1, 0.4 en el período 2, 7.16 en el período 6, 3.4 jornales en el período 9.
- En los demás períodos existirá un sobrante de 249 jornales por año.
- Por cada jornal que se contrate en períodos donde hay exceso se perderá lps 35, de igual forma el precio de oportunidad de trabajar un jornal fuera de la unidad productiva deberá ser superior a ese mismo.
- El consumo de maíz será satisfecho y habrá un exceso de 127.3 qq que se destinarán a la venta a un precio no inferior de lps/qq 125.
- El capital no es utilizado en su totalidad quedando 1,696 lps libres.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad, negativo, lo cual indica que no es rentable incrementar su área, por el contrario se debería reducir o mejorar su rendimiento.
- El índice de erosión es de 0.89.

Cuadro 6. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 6.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	4.43
Café (mz)	2.00
Ganado carne (mz)	0.00
Ociosa (mz)	16.06
Ingreso neto (lps)	20,029.30
Ingreso bruto (lps)	37,795.60

#### 4.2.7 Modelo 7, acceso a mercado camino herradura, nivel económico bajo

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 21,382.4 bajo las limitaciones actuales es sembrando 0.42 mz de frijol de primera, 0.2 mz de maíz de postrera, 0.31 de caña, 1 mz de banano y 1 mz de café, teniendo a la vez tierra ociosa por 1.77 mz, (Cuadro 7).
- Por cada manzana que se dedique al maíz de primera se perderán lps 1,215.2.
- La mano de obra no será satisfecha por lo que será necesario contratar 84.9 jornales en los períodos 1,2,3,4,9 y 12. El sobrante de jornales en los demás períodos es de 72.7.
- Por cada jornal contratado en los períodos con exceso se perderá lps 35.
- Para satisfacer el consumo anual de maíz se deberán comprar 19.9 qq a un precio de 62.5 lps/qq. El frijol es producido en exceso, quedando 4.3 qq para la venta a un precio superior de 500 lps/qq.

- El capital no es usado en su totalidad, dando un exceso de lps 5019.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad, positivo, lo cual indica que es rentable incrementar su área.
- El índice de erosión es de 0.23.

Cuadro 7. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra, modelo 7.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	0.00
Frijol primera (mz)	0.42
Maíz postrera (mz)	0.20
Café (mz)	1.00
Banano (mz)	1.00
Caña (mz)	0.31
Ociosa (mz)	1.77
Ingreso neto (lps)	21,382.40
Ingreso bruto (lps)	27,802.80

#### 4.2.8 Modelo 8, acceso a mercado camino herradura, nivel económico medio

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 74,144.2 bajo las limitaciones actuales es sembrando 0.88 mz de frijol de postrera, 2 de café y banano.
- Cabe destacar que la actividad de jornales representa el 32% del ingreso, ya que los jornales disponibles para trabajo fuera de la finca son 798.
- Solo en el periodo 1 será necesario contratar 28.7 jornales.
- Si se desea trabajar fuera de la finca no debe ser por menos de 30 lps/día, pero en el periodo 1 se debe cobrar 35 lps, eso por la necesidad de contratar jornales.
- Para satisfacer el consumo de la unidad productiva se deberá comprar 40qq de maíz a un precio no superior a 94 lps/qq. El consumo de frijol demandará la compra de 2.7 qq a un precio inferior de 625 lps/qq.
- El capital está utilizado en su totalidad, si se desea un financiamiento debe ser a una tasa de interés menor al 2.3% lo cual nos dice que no será posible encontrarlo.
- El café en el modelo nos da un valor del precio sombra u oportunidad, positivo, lo cual indica que es rentable incrementar su área.
- El índice de erosión es de 0.27.
- Para transportar las cosechas se debe contratar 3 mulas en todo el año.

Cuadro 8. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra y actividades, modelo 8.

Sistema productivo	Modelación
Maíz primera (mz)	0.00
Frijol postrera (mz)	0.88
Café (mz)	2.00
Banano (mz)	2.00
Jornaleo fuera de la finca (días)	798.00
Ingreso neto (lps)	74,144.20
Ingreso bruto (lps)	80,580.00

#### 4.3 ANALISIS DESPUES DE INTRODUCIR NUEVAS OPCIONES DE PRODUCCION

Los análisis de resultados siguientes, corresponden a los modelos de programación lineal posteriores al introducir las nuevas alternativas de producción comercializables. Los coeficientes de estas alternativas fueron suministrados por el estudio “Evaluación y Selección de Opciones de Mercado para la Región de Yorito-Sulaco”, los que fueron tabulados y convertidos a unidades por manzana. Los siguientes resultados corresponden a incluir en los modelos nuevas alternativas de producción con cultivos anuales que no requieren de inversión a largo plazo, esto se explicó en la construcción del modelo ( se eliminaron las alternativas de café semitecnificado, aguacate y lácteos).

##### 4.3.1 Modelo 1, acceso a mercado temporal, nivel económico bajo

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 26,569.6 bajo las limitaciones actuales es con un sistema productivo de 0.08 mz de tomate (Cuadro 9.).
- El costo de producir una manzana de maíz es de 2,007 lps, de frijol de postrera bajo el sistema actual será de 759 lps,
- Los costos en producir las nuevas alternativas irán desde los 23,850 lps para frijol, hasta 177,132 lps para lechuga.
- La actividad de jornaleo fuera de la finca contribuye en el ingreso en un 26%, ya que son 237.7 jornales destinados a este.
- Se deberá comprar en su totalidad el maíz y frijol para satisfacer el consumo anual a un precio inferior de 100 lps y 469 lps respectivamente.
- El capital está utilizado en su totalidad y representa la limitante del sistema productivo.
- El índice de erosión es de 0.0025.
- Las actividades de café y lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate si lo sería.

Cuadro 9. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 1.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	1.00	0.00
Frijol primera (mz)	1.00	0.00
Tomate (mz)	0.00	0.08
Ociosa (mz)	0.00	0.91
Jornaleo fuera de la finca (días)	195.80	237.70
Ingreso neto (lps)	7,459.50	26,569.60
Ingreso bruto (lps)	11,956.00	27,773.90

#### 4.3.2 Modelo 2, acceso a mercado temporal, nivel económico medio

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 46,323.6 bajo las limitaciones actuales es de: 0.27 mz de maíz, 0.3 mz de caña y 1 mz de café al nivel tecnológico actual, 0.17 mz de tomate (Cuadro 10.).
- Tendrá un sobrante de tierra por 0.51 mz debido al limitante del capital, ya que el disponible no es suficiente.
- Para satisfacer el consumo de maíz deberá comprar 15.7 qq en el año, y los 2 qq de frijol necesarios, a precios inferiores de 112.5 lps y 469 lps respectivamente.
- Bajo este sistema productivo propuesto tendrá un exceso de mano de obra de 131 jornales, no debiendo contratar jornales en ninguno de los períodos aunque en los períodos 3 y 12 la mano de obra disponible es utilizada en su totalidad.
- Los costos en que se incurrirán por producir alguna de las otras actividades irán desde 18,070 lps para frijol de primera, hasta los 182,182 lps para chile.
- El índice de erosión es de 0.12.
- Las actividades de café y lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate si lo es.

Cuadro 10. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 2.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	0.55	0.27
Frijol postrera (mz)	0.16	0.00
Frijol primera (mz)	0.40	0.00
Café (mz)	1.00	1.00
Caña (mz)	0.30	0.30
Tomate (mz)	0.00	0.17
Ociosa (mz)	0.00	0.51
Ingreso neto (lps)	7,474.50	46,323.60
Ingreso bruto (lps)	16,738.90	49,604.50

#### 4.3.3 Modelo 3, acceso a mercado temporal, nivel económico alto

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de 139,228.8 lps bajo las limitaciones actuales es de: 0.51 mz de maíz de primera, 0.94 mz de frijol de postrera, 0.98 mz de frijol de primera, y 0.5 mz de café, los tres con el nivel tecnológico actual. También, se incluye la actividad de tomate con 0.5 mz (Cuadro 11).
- Debido a lo anterior tenemos un sobrante de tierra ociosa de 1.51 mz.
- Con respecto a la mano de obra necesaria no necesitará contratar jornales de fuera de la finca, ya que tendrá un exceso de 448 jornales, en los períodos 7, 9 y 11 la mano de obra disponible esta utilizada en su totalidad.
- Para satisfacer el consumo anual deberá comprar 24.4 qq de maíz a un precio inferior de 87.5 lps/qq, la unidad productiva producirá el frijol necesario para su sustento y tendrá 19.89 qq extra que podrá vender.
- El capital es el limitante del sistema productivo lo cual se observa porque existe mano de obra disponible y tierra.
- El índice de erosión es de 0.5.
- Las actividades de café, lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate si, al igual que el café producido bajo la forma tradicional.

Cuadro 11. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin nuevas alternativas, modelo 3.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	0.23	0.51
Frijol postrera (mz)	2.89	0.94
Frijol primera (mz)	1.25	0.98
Café (mz)	0.50	0.50
Tomate (mz)	0.00	0.50
Ociosa (mz)	2.01	1.51
Ingreso neto (lps)	18,321.04	139,228.80
Ingreso bruto (lps)	49,481.50	150,524.50

#### 4.3.4 Modelo 4, acceso a mercado permanente, nivel económico bajo

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 73,765.4 bajo las limitaciones actuales es de: 0.23 mz de tomate, 1 mz de café, 0.36 mz de banano quedando un exceso de tierra de 0.27 mz (Cuadro 12.).
- La actividad de jornaleo fuera de la finca contribuye en un 5%, ya que son 129.8 jornales destinados a ella. También la actividad de cosecha de café contribuye al ingreso ya que se destinan 1.4 jornales en el período 1.
- Para satisfacer el consumo de la unidad se deberá comprar la totalidad del maíz y frijol a precios inferiores de 81.25 y 625 lps/qq respectivamente.
- Si el agricultor deseara producir otra de las actividades incurrirá en costos que van desde los 12261 lps para maíz, hasta 182054 lps para el repollo.

- El capital es el limitante del sistema productivo.
- El índice de erosión es de 0.026.
- Las actividades de café, lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate si lo sería.

Cuadro 12. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 4.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	0.50	0.00
Frijol postrera (mz)	0.49	0.00
Café (mz)	1.00	1.00
Banano (mz)	1.00	0.36
Tomate (mz)	0.00	0.23
Ociosa (mz)	0.00	0.27
Jornaleo fuera de la finca (días)	105.60	129.80
Cosecha café (días)	0.00	1.40
Ingreso neto (lps)	24,590.00	73,765.40
Ingreso bruto (lps)	30,139.10	78,674.28

#### 4.3.5 Modelo 5, acceso a mercado permanente, nivel económico medio

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 5,755 bajo las limitaciones actuales es de un sistema productivo basado en 3 mz de café, con un sobrante de 1.25 mz debido al limitante de capital (Cuadro 13.).
- Para satisfacer el consumo deberá comprar todo el maíz y frijol a precios inferiores de 100 y 625 lps/qq respectivamente.
- Existe exceso de disponibilidad de jornales de 925 en el año, los cuales son destinados a otras actividades fuera de la unidad productiva.
- El productor no deberá contratar jornales en ninguno de los períodos.
- El producir otra de las actividades llevará al agricultor a costos que van desde 37,978 para maíz, hasta 326,506 para plátano.
- Se observa que el consumo, mano de obra y tierra no son limitantes del sistema productivo.
- El índice de erosión es de 0.003.
- Las actividades de café, lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate si.
- El ingreso de esta unidad productiva es tan bajo debido a que se debe comprar todo el maíz y frijoles que se destinan al consumo.

Cuadro 13. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 5.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	0.00	0.00
Frijol postrera (mz)	0.00	0.00
Café (mz)	3.00	3.00
Ociosa (mz)	1.25	1.25
Ingreso neto (lps)	5,755.00	5,755.00
Ingreso bruto (lps)	12,255.00	12,255.00

#### 4.3.6 Modelo 6, acceso a mercado permanente, nivel económico alto

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 198,353.7 bajo las limitaciones actuales produciendo 2 mz de café y 0.77 mz de tomate, dejando tierra ociosa por 19.73 mz (Cuadro 14.).
- Deberá contratar 0.3, 0.4, 3.7 y 6.7 jornales en los periodos 1, 2, 11, 12 respectivamente.
- Existirá un exceso de jornales de 268 en todo el año.
- Para satisfacer el consumo de maíz lo deberá comprar en su totalidad a un precio inferior de 125 lps/qq.
- Al dedicarse a otras actividades lo llevarán a incurrir en costos desde 16930 lps para maíz, hasta los 219,494 lps para chile.
- El capital es la limitante ya que los demás recursos, tierra, mano de obra y consumo no lo son.
- El índice de erosión es de 0.025.
- Las actividades de café, lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate si.

Cuadro 14. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas , modelo 6.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	4.43	0.00
Café (mz)	2.00	2.00
Ganado carne (mz)	0.00	0.00
Tomate (mz)	0.00	0.77
Ociosa (mz)	16.06	19.73
Ingreso neto (lps)	20,029.30	198,353.70
Ingreso bruto (lps)	37,795.60	204,287.70

#### 4.3.7 Modelo 7, acceso a mercado camino herradura, nivel económico bajo

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 48,834.27 bajo las limitaciones actuales produciendo 0.24 mz de yuca, 0.37 mz de chile, 0.34 maíz alternativa, 1.05 de frijol alternativa, dejando un sobrante de 0.5 mz.
- La mano de obra se encuentra utilizada casi en su totalidad ya que deberá contratar 111 jornales en el año, quedando únicamente en los períodos 4,5,8,10 y 11 un exceso total de 56.7 jornales.
- El consumo de maíz será satisfecho en su totalidad, y el frijol dará 19.1 qq para la venta.
- Si se desea producir otra actividad se caerá en costos de 5,228 para repollo, hasta 10,820 para cebolla.
- El limitante del sistema productivo lo constituye el capital.
- El índice de erosión es de 0.4.
- Las actividades de café, lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate, tomate, lechuga y plátano si lo son.

Cuadro 15. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 7.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	0.00	0.00
Frijol primera (mz)	0.42	0.00
Maíz postrera (mz)	0.20	0.00
Café (mz)	1.00	1.00
Banano (mz)	1.00	0.00
Caña (mz)	0.31	0.00
Yuca (mz)	0.00	0.24
Chile (mz)	0.00	0.37
Maíz alternativa (mz)	0.00	0.34
Frijol alternativa (mz)	0.00	1.05
Ociosa (mz)	1.77	0.50
Ingreso neto (lps)	21,382.4	48,834.27
Ingreso bruto (lps)	27,802.8	52,984.40

#### 4.3.8 Modelo 8, acceso a mercado camino herradura, nivel económico medio

- La solución del modelo que nos da el máximo ingreso neto de lps 89,551.21 bajo las limitaciones actuales es produciendo 2 mz de café y 2 mz de banano bajo el sistema actual, además se introduce la actividad de frijol con 0.36 mz, chile 0.02 mz, maíz 0.57 mz, dejando 0.5 mz de tierra ociosa (Cuadro 16.).
- La actividad de jornaleo fuera de la finca contribuye en 30% al ingreso del año, ya que constituyen 892 jornales.
- El consumo será satisfecho en su totalidad, pero si se desea se puede comprar a

- precios de 81.85 y 569 lps/qq para maíz y frijol respectivamente.
- No es necesario el contratar jornales en ninguno de los períodos.
  - Si se producen otras actividades eso implica costos desde los 14,144 lps para repollo, hasta 31,060 lps para yuca.
  - El capital constituye el limitante del sistema productivo.
  - El índice de erosión es de 0.31.
  - Las nuevas actividades de café, lácteos no serían rentables bajo la condiciones actuales, sin embargo el aguacate, tomate, lechuga plátano y café tradicional si lo son.
  - Para transportar los productos se deberá alquilar mulas por 3.18 días.

Cuadro 16. Distribución propuesta por la modelación del uso de la tierra con y sin las nuevas alternativas, modelo 8.

Sistema productivo	Sin alternativas	Con alternativas
Maíz primera (mz)	0.00	0.00
Frijol postrera (mz)	0.88	0.00
Café (mz)	2.00	2.00
Banano (mz)	2.00	2.00
Frijol alternativa (mz)	0.00	0.36
Chile (mz)	0.00	0.02
Maíz alternativa (mz)	0.00	0.57
Ociosa (mz)	0.00	0.50
Jornaleo fuera de la finca	798.00	892.00
Ingreso neto (lps)	74,144.20	89,551.21
Ingreso bruto (lps)	80,580.00	89,551.21

#### 4.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD CON LAS NUEVAS ALTERNATIVAS

Posterior al análisis de los resultados de la modelación al incluir las nuevas alternativas de producción comercializables se determinó que el principal limitante era el capital disponible por los productores, por lo que se procedió a hacer un análisis de sensibilidad incrementando el capital para ver la respuesta de la modelación.

##### 4.4.1 Modelo 1, acceso de mercado temporal, nivel económico bajo

Se observa una tendencia al incrementar el capital, de aumentar el área de tomate (Cuadro 17.), sin embargo, a los 10,000 lps otros son los recursos limitantes, esto se deduce debido a que las áreas destinadas a cada cultivo no varían sobre éste nivel.

Cuadro 17. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 1.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Tomate	0.73	0.88	0.88
Chile	0.00	0.11	0.11
Ingreso lps	190,541	235,157	235,157

#### 4.4.2 Modelo 2, acceso a mercado temporal, nivel económico medio

A niveles bajos de capital es más rentable producir cultivos tradicionales y tomate (Cuadro 18.), al incrementar el capital se introducen otras alternativas, siendo plátano el más atractivo a niveles sin limitante de capital.

Cuadro 18. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 2.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Frijol primera tradicional	0.10	0.00	0.00
Caña	0.30	0.00	0.00
Café	1.00	1.00	1.00
Tomate	0.63	0.84	0.83
Frijol alternativa	0.00	0.05	0.01
Plátano	0.00	0.26	0.32
Chile	0.00	0.09	0.08
Ingreso lps	166,035	239,361	239,494

#### 4.2.3 Modelo 3, acceso a mercado temporal, nivel económico alto

A niveles bajos de capital es más rentable producir los cultivos tradicionales, al incrementar el capital se hace más atractivo el producir tomate (Cuadro 19.), sin embargo por encima de los 10,000 lps de capital entra a la solución la actividad de chile. El ingreso va en considerable aumento al incrementar el capital.

Cuadro 19. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 3.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Maíz tradicional	0.67	0.59	0.00
Frijol postrera tradicional	0.63	0.00	0.00
Frijol primera tradicional	0.80	0.53	0.00
Café	0.50	0.50	0.50
Tomate	0.83	1.60	2.70
Chile	0.00	0.00	0.83
Ingreso lps	223,791	415,540	719,731

#### 4.2.4 Modelo 4, acceso a mercado permanente, nivel económico bajo

Se observa una tendencia a incrementar el ingreso a mayor capital (Cuadro 20), al aumentar el tomate, sin embargo a los 10,000 lps otros son los recursos limitantes ya que se estabiliza el uso de la tierra y permanece igual que a niveles inferiores de capital.

Cuadro 20. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 4.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Café	1.00	1.00	1.00
Banano	1.00	1.00	1.00
Tomate	0.49	0.50	0.50
Ingreso lps	148,120	148,806	148,806

## 4.2.5 Modelo 5, acceso de mercado permanente, nivel económico medio

A niveles bajos de capital es más rentable producir frijol de postrera (Cuadro 21), pero existe una relación directamente proporcional entre el tomate y el capital disponible, si uno se incrementa lo hace el otro.

Cuadro 21. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 5.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Frijol postrera tradicional	0.40	0.00	0.00
Café	3.00	3.00	3.00
Tomate	0.29	0.96	1.25
Ingreso lps	86,923	252,938	326,384

## 4.2.6 Modelo 6, acceso de mercado permanente, nivel económico alto

El tomate siempre es más atractivo al incrementar el capital (Cuadro 22), también se introducen las alternativas de maíz y plátano a niveles mayores de este.

Cuadro 22. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital, modelo 6.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Café	2.00	2.00	2.00
Tomate	0.77	1.28	1.74
Maíz alternativa	0.00	0.00	2.84
Plátano	0.00	0.00	0.18
Ingreso lps	198,353	327,440	493,941

## 4.2.7 Modelo 7, acceso a mercado camino herradura, nivel económico bajo

Al nivel de 10,000 lps de capital disponible otros recursos son los limitantes (Cuadro 23), ya que se observa una estabilidad en el uso de la tierra del sistema.

Cuadro 23. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 7.

Actividad (mz)	10,000 lps	Sin límite
Café	1.00	1.00
Yuca	0.40	0.40
Frijol alternativa	1.05	1.05
Chile	0.36	0.36
Maíz alternativa	0.34	0.34
Ingreso (lps)	50,319	50,319

#### 4.2.8 Modelo 8, acceso a mercado camino herradura, nivel económico medio

El chile resulta ser la alternativa más rentable a niveles no restringidos de capital (Cuadro 24), donde entran los demás recursos a ser el limitante debido a que el uso de la tierra a partir de este punto permanece igual.

Cuadro 24. Respuesta de la modelación a diferentes niveles de capital modelo 8.

Actividad (mz)	5,000 lps	10,000 lps	Sin límite
Café	2.00	2.00	2.00
Banano	2.00	2.00	2.00
Chile	1.00	1.00	1.00
Ingreso lps	117,058	117,058	117,058

## 5. CONCLUSIONES

El análisis comparativo del uso de la tierra de la modelación antes y después de introducir las nuevas alternativas

En seis de los ocho modelos las actividades tradicionales o actuales son reemplazadas por las nuevas alternativas de productos comercializables, en dos modelos las áreas destinadas a los cultivos tradicionales disminuyen dando mayor importancia a las nuevas alternativas. En cinco de los ocho modelos la tierra ociosa tiende a incrementarse, lo cual es indicador de que no constituye un limitante, además, el modelo selecciona las nuevas alternativas ya que son más rentables en comparación con las tradicionales.

### Incorporación de nuevas alternativas a la simulación

La incorporación de las nuevas alternativas de producción comercializables a la simulación selecciona los cultivos de tomate, yuca, chile, maíz y frijol semitecnificados, en ese nivel de importancia como los más atractivos, basándose en los requerimientos de mano de obra y los rendimientos introducidos como coeficientes en cada modelo.

### Análisis de sensibilidad con capital

El recurso limitante en los sistemas productivos es el capital, existiendo una relación directamente proporcional entre éste y las alternativas nuevas de producción y una relación inversamente proporcional con las alternativas actuales. Esto se explica por lo poco atractivo de estas actividades dados sus bajos rendimientos actuales que dan ingresos mínimos.

## RECOMENDACIONES

### Referente a la metodología utilizada

Para futuros estudios, que impliquen la toma de datos de vital importancia, tales como rendimientos de cultivos y prácticas culturales, precios, etc.; que como bien se sabe, son las variables en que se basan los resultados de la simulación, es preferible lograr el máximo de veracidad de ella. Esto se puede lograr con entrevistas, donde se va acompañado de un agricultor oriundo de la zona y que esté bien enterado de los datos a recolectar, esto permite a la vez un mayor acercamiento con el entrevistado dándose una mayor confianza entre ambas partes y garantizando el levantamiento de información certera.

### Introducción del riesgo en futuros modelos

El riesgo es una variable que no se tomó en cuenta en este estudio, existen diversas metodologías para aplicarlo según los distintos casos, dado que en la agricultura el riesgo es muy amplio por la variabilidad de los rendimientos y precios de un año a otro se le debe incluir para poder observar respuestas a distintos niveles de adversidad.

## BIBLIOGRAFIA

- Barbier, B. ; Bergeron, G. 1998. Natural resource management in the hillsides of Honduras: bioeconomic modelling at the micro-watershed level. Washington, D.C., U.S.A. 94p.
- Beneke, R.R. ; Winterboer, R. 1984. Programación lineal: aplicación a la agricultura. Primera edición. Barcelona, España. Aedos. 224p.
- Brooke, A. ; Kendrick, D. ; Meeraus, A. 1988. Gams: a user's guide, release 2.25. Primera edición. U.S.A. The scientific press. 289p.
- Davis, K.R. ; Mckeown, P.G. 1984. Modelos cuantitativos para administración. Segunda edición. México D.F., México. Grupo editorial Iberoamérica S.A. de C.V. 758p.
- Del Alcazar, H. 1991. Construcción de un modelo de programación lineal para Agroindustrias del Centro S.A. de C.V. Tesis Ingeniero Agrónomo El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana 86p.
- 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.
- Hazell, P. ; Norton, R. 1984. Mathematical Programming for economic analysis in agriculture. New York, U.S.A. Macmillan.
- Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. 1996. Investigación en hortalizas informe de avances. Zamorano, Honduras.
- Kruseman, G. ; Hengsdijk, H. ; Ruben, R. ; Roebeling, P. ; Bade, J. 1997. Farm household modelling system for the analysis of sustainable land use and food security: theoretical and mathematical description. Wageningen, The Netherlands. 55p.

- Montes, L. Cultivos de hortalizas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
- Moskowitz, H. ; Wright, G. P. 1982. Investigación de operaciones. Primera edición. México D.F., México. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 790p.
- Ostertag, C.F. 1998. Identificación y evaluación de oportunidades de mercado para Pequeños Agricultores Rurales. Instrumentos metodológicos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Cali, Colombia. 150p.
- Peñañiel, L. 1976. Programación lineal. México D.F., México. Trillas. 312p.
- Rodríguez, R. 1997. Perfil socioeconómico de la región piloto Yorito Sulaco. Tegucigalpa, Honduras. 75p
- Rodríguez, R. ; Meléndez, M. ; Zapata, O. 1999. Estudio rápido de mercado para la subregión piloto de Yorito Sulaco. Tegucigalpa, Honduras. 65p
- Rodríguez, R. ; Meléndez, M. ; Zapata, O. 1999. Evaluación y selección de opciones de mercado para la región piloto Yorito Sulaco. Tegucigalpa, Honduras. 70p
- Simmonds, N.W. 1973. Los plátanos. Primera edición Barcelona, España. Editorial Blume. 540p.
- Superb. 1998. Manual Agrícola. Guatemala. 591p.
- Wonnacott, P. ; Wonnacott, R. 1992. Economía. Cuarta edición. Madrid, España. Mcgraw-Hill Iberamericana de España, S.A.U. 995p.