



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE INGENIERIA AGROFORESTAL**

**OPTIMIZACIÓN DE LOS MODELOS DE HOGARES RURALES  
CON BASE EN LAS FORMAS DE SUSTENTO EN LA SUBCUENCA  
DEL RÍO CHIMBO, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AGROFORESTAL OTORGADO POR LA  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR A TRAVÉS DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE, ESCUELA DE INGENIERÍA  
AGROFORESTAL.**

**AUTORA:  
RUTH EUGENIA NÚÑEZ RAMOS**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. RODRIGO YÁNEZ G. M.Sc.**

**INSTITUCION AUSPICIADORA: INIAP SANREM-CRSP USA**

**CODIRECTOR ING. VÍCTOR BARRERA M.S. c**

**BOLÍVAR – ECUADOR**

**2008**

## I. INTRODUCCIÓN

La zona andina del Ecuador es un área importante de asentamientos humanos y de producción agrícola de la canasta básica. Se caracteriza por presentar zonas topográficamente accidentadas y con una heterogeneidad agroecológica extrema, lo que impone un serio riesgo para la conservación de los recursos naturales. Estos productores poseen limitados recursos en términos de tierra, capital, tecnología, y se caracterizan por manejar complejos sistemas de producción, donde la rotación cultivos-pastos es la más común. Esta interacción es afectada periódicamente por factores externos (políticas, clima) e internos (tecnología, capital) que limitan la productividad y sostenibilidad de los sistemas. La poca productividad estimula la expansión hacia lugares cada vez menos aptos para actividades agrícolas, entre estos el páramo y zonas con mucha pendiente, produciendo deterioro progresivo de los recursos naturales (Arce, *et al.*, 1993; PROFOGAN, 1996; Grijalva, *et al.*, 1998; Barrera, *et al.*, 2001).

En los sectores rurales del Ecuador, el 40% de los jornales se distribuye en actividades económicas distintas a la producción agrícola dentro de la finca (SIISE, 2005). Este hecho sugiere que lo que en alguna oportunidad se llamó actividades complementarias, ya no puede ser denominada como tales. Otras actividades diferentes a las agrícolas típicas realizadas dentro de la finca incluyen tareas tan diversas como la producción artesanal y otras actividades independientes dentro del hogar, al igual que el ingreso generado en los sectores del comercio, la construcción y los servicios, incluso, el asalariamiento en fincas cercanas (Escobal *et al.*, 1998).

La subcuenca del río Chimbo, en la provincia Bolívar no escapa a esta realidad y presenta condiciones socio-económicas y medio ambientales que ponen en serio riesgo los recursos naturales existentes y las condiciones de vida de las personas que la habitan. En términos de recursos naturales, esta subcuenca aporta entre un 30 y 40% del total de caudal del río Guayas, la misma que en estos últimos años se ha visto afectada en términos de cantidad y calidad, debido al alto flujo erosivo

del suelo de la provincia que origina un alto nivel de sedimentación y turbidez del agua (Gallardo, 2000; HGPB, 2004; Barrera *et al.*, 2005).

Para minimizar el riesgo en que los sistemas de producción de la subcuenca del río Chimbo lleguen a ser insostenibles se hace necesario encontrar respuestas y alternativas que mejoren estos sistemas de producción. Para ello, es necesario disponer de información que tipifique las diferentes problemáticas y potencialidades de estos sistemas (Barrera, 2004; Barrera *et al.*, 2007), a través de la caracterización del comportamiento de los hogares rurales según la propiedad de los activos. Es decir, los determinantes exógenos de las decisiones de asignación del trabajo dentro de un hogar rural pueden ser relacionados con el acceso y/o la propiedad de los activos, entre los cuales se incluyen la tierra, el ganado, el valor de las herramientas agrícolas, el tamaño de la familia, el nivel de educación, el acceso a crédito, el conocimiento migratorio, y el acceso a bienes y servicios públicos como carreteras, agua, alcantarillado, electricidad y teléfono (Escobal *et al.*, 1998).

Varios estudios sobre el modelamiento de hogares (Janvry *et al.*, 1992; Janvry y Sadoulet, 1996) para el diseño de estrategias de alivio de la pobreza, determinaron que el acceso insuficiente a los recursos es el principal determinante de pobreza. Para llegar a esta conclusión se utilizaron metodologías de tipificación de los hogares que permitieron la definición de las determinantes de la asignación de los recursos en los hogares, las mismas que fueron optimizadas mediante la aplicación de modelos matemáticos de optimización (Janvry *et al.*, 1992; Janvry y Sadoulet, 1996).

Para contribuir al mejoramiento socioeconómico y ambiental de los hogares de la subcuenca del río Chimbo, fue necesario identificar las determinantes de la asignación de los recursos para optimizar de mejor manera estos hogares. En la actualidad no existe información en el que conste la distribución de actividades que permita identificar la problemática de los hogares rurales en la subcuenca. Con esta información y considerando las potencialidades y limitantes de las

actividades que se realizan en los hogares, el propósito fue diseñar estrategias de investigación y desarrollo, a través del manejo integrado de los recursos naturales de los sistemas de producción existentes en las microcuencas, que se verá traducido en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y en la reducción de la pobreza de los hogares existentes en la subcuenca.

Este estudio se efectuó con el apoyo técnico y financiero del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación sobre Agricultura Sostenible y Manejo de los Recursos Naturales (SANREM-CRSP), que es financiado por la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID).

En esta investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Identificar las principales determinantes de la asignación de los recursos en los diferentes tipos de hogares de la subcuenca del río Chimbo (caso de estudio microcuenca de Illangama y Alumbre).
- Determinar alternativas en agricultura y otras actividades que permitan que los hogares de la subcuenca del río Chimbo mejoren sus ingresos familiares.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. MODELOS DE HOGARES**

#### **2.1.1. Definición**

A los modelos de hogares se les define como el estudio minucioso de los miembros que conforman los hogares y las actividades que cada uno de ellos realizan para tener una vida medianamente sustentable y esta basado en los medios de vida (Adato y Meinzen-Dick 2002).

El bajo potencial, la poca productividad de las zonas de ladera obedece a políticas deficientes y a inversiones inadecuadas por parte del sector público, por lo que sus habitantes carecen de suficiente acceso a los mercados y activos clave como la tierra, los servicios financieros, servicios de apoyo, infraestructura básica y servicios sociales (en particular, educación y salud). Para mitigar la pobreza rural en esas zonas es necesario asignar más inversiones públicas a fin de aumentar la base de activos de las personas que viven en las laderas. Así mismo las estrategias de inversión deben focalizarse adecuadamente para maximizar su eficiencia y sus efectos (Adato y Meinzen-Dick 2002).

#### **2.1.2. Clasificación de modelos de hogares**

Los hogares rurales se pueden clasificar en conglomerados que representan diferentes estrategias de vida con base en la manera en que utilizan sus dos activos principales mano de obra y tierra. En particular, resulta útil agrupar los hogares con base en:

- El tiempo que dedican a diferentes actividades como los cultivos anuales, cultivos permanentes, ganadería y trabajo fuera de la finca, y
- Los patrones de uso de la tierra.

## **2.2. LA ESTRATEGIA DE VIDA**

### **2.2.1. Definición de las estrategias de vida**

Con base en el marco de medios de vida sostenibles abordado por Adatao y Meinzen-Dick (2002).

- Definimos las estrategias de vida como las opciones que seleccionan las personas en su búsqueda de ingresos, seguridad, bienestar y otras metas, productivas y reproductivas. Estas selecciones se ven reflejadas en la manera en que las personas utilizan sus activos y en ese sentido, son parte importante del comportamiento del hogar, a la vez que determinan el bienestar.
- El concepto de estrategias de vida ha sido desarrollado a lo largo de muchos años de reflexión y estudio sobre la manera en que las familias rurales construyen su vida y llevan a cabo actividades generadoras de ingresos.

### **2.2.2. La estrategia de vida**

Puede ser relacionada por el hogar puede ser explicada mediante sus dotaciones de capital natural y humano (o activos) y los factores geográficos que determinan una ventaja comparativa. El capital natural define el potencial agrícola según esté determinado por el clima, la calidad del suelo y la topografía de la zona lo que, en conjunto determina una ventaja absoluta. La tierra también se considera parte del capital natural del hogar. El capital humano (que incluye el tamaño y la composición de la familia, así como la escolaridad de sus miembros) y ciertos factores geográficos que podrían considerarse parte del contexto de vulnerabilidad del hogar, determinan una ventaja comparativa.

### **2.2.3. Criterio sobre el tipo de estrategia de vida**

Además del criterio sobre el tipo de estrategia de vida, el ingreso del hogar es determinado por su base de activos en un sentido amplio, lo que incluye no solo el capital humano y natural, sino también los activos físicos, los determinantes geográficos de ventaja comparativa y el capital social (medido por la participación del hogar en programas y organizaciones) (Adato y Meinzen-Dick 2002).

### **2.3. LA MULTIACTIVIDAD O PLURIACTIVIDAD**

Se entiende como la situación en que un hogar rural deriva ingresos de dos o más tipos distintos de empleos, es menor a la habitualmente supuesta por diversos analistas. La mayoría de hogares tiende a especializarse en un tipo de empleo (agrícola o no agrícola, asalariado o por cuenta propia, etc). Esto es conveniente con la teoría que indica que las estrategias de generación de ingresos de un hogar rural están determinadas por su posición particular en cuanto a su dotación de activos (capital humano, capital físico, capital financiero, capital social, capital natural) (FAO).

En vista de la información disponible en nuestro grupo de datos sobre los hogares y en fuentes secundarias, se hace necesario adaptar y limitar estas definiciones amplias de los activos y trabajar con las siguientes definiciones para cada tipo de activo (o capital):

- El capital natural está representado por la cantidad de tierra (tamaño de la finca), el clima, según lo define la precipitación y la temperatura (aproximación por la altitud), los déficit de humedad en el suelo, la calidad de la tierra (definida por la fertilidad del suelo y su declive), la tenencia de tierra y las inversiones en conservación.
- El capital humano está representado por el tamaño y la composición de la familia, donde esté último determina la relación de dependencia y, junto con el

tamaño de la finca, la razón tierra/mano de obra; el nivel de educación formal de sus miembros, edad y sexo de la cabeza del hogar, porcentaje de adultos mujeres, integrantes del hogar que emigraron y origen étnico. No recopilamos datos sobre la salud humana.

- El capital físico incluye los activos físicos distintos de la tierra, como maquinaria, equipos, transporte y ganado.
- El capital financiero comprende las transferencias – (remesas y otras transferencias en efectivo), el crédito y los ahorros.
- El capital social se refiere a la pertenencia a diversos tipos de organizaciones y programas, tales como los programas de capacitación y extensión, organizaciones de productores, instituciones – financieras y proyectos de organizaciones (ONG).

#### **2.4. TIPIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE HOGARES**

El análisis estadístico que se utiliza para tipificar sistemas de producción es el análisis de Componentes Principales (ACP), que es un procedimiento de estadística multivariada, perteneciente a la familia de los análisis factoriales. Su utilidad radica en que permite reducir la dimensión (número de variables) de un problema, a fin de facilitar la interpretación, visualización y la comprensión de las relaciones entre variables o entre observaciones.

El agrupamiento de los productores se puede lograr mediante métodos multivariados, como lo es el análisis de conglomerados o “clúster”. Este tipo de análisis permite agrupar productores (tipología) a partir de las variables tomadas en la muestra. Para lo cual se sigue los siguientes pasos:



#### **2.4.1. Cálculo de estadísticas descriptivas para cada variable**

El primer paso para tipificar los productores, mediante el análisis multivariado, es el cálculo de estadísticas descriptivas para todas las variables en estudio que han sido consideradas para la tipificación.

#### **2.4.2. Análisis de componentes principales**

En el análisis de componentes principales se debe tomar en consideración los conceptos de las siguientes estadísticas que se estiman:

- Factor o Componente.- Es la estadística en donde se concentran o se consolidan las variables que tienen relación entre sí.
- Comunalidad.- Es la estadística que determina el porcentaje de la varianza de cada variable que está contenida en los factores que el programa extrajo.
- Eigenvalue.- determina la varianza multivariada, que es el peso de cada factor o componente principal.
- Porcentaje de la varianza.- Indica el porcentaje de varianza total que es explicado por cada factor individual.
- Porcentaje de la varianza acumulada.- Representa el porcentaje del acumulado de la varianza total.

#### **2.4.3. Análisis de conglomerados o clúster**

Este tipo de análisis, lo único que hace es agrupar por grupos homogéneos, en este caso, a los productores. (Barrera *et al.*, 2001).

## **2.5. MODELOS DE OPTIMIZACIÓN: Programación lineal**

Los modelos de optimización, constituyen una herramienta de análisis en el proceso de investigación, con el enfoque/análisis de sistemas. Por medio de la programación lineal, ante distintas situaciones de calidad de recursos y relaciones de precios, se determinan alternativas que maximizan los beneficios, de acuerdo a la información técnico-económico. (Holle, M. 1990).

La programación lineal es un método que ayuda a determinar la combinación óptima de recursos para maximizar ganancias o minimizar costos de la comunidad. La función objetivo del modelo es frecuentemente la maximización de ganancia; sin embargo, el objetivo también puede ser el uso óptimo de la mano de obra o la producción de cierta cantidad de alimentos para su autoconsumo y el remanente para la venta (Barrera, V. y Grijalva, J. 2000).

La programación lineal es una rama de las matemáticas desarrollada para solucionar problemas complejos sobre el uso, asignación y distribución de recursos con restricciones. En el área de sistemas agropecuarios las aplicaciones comunes se refiere al cálculo de raciones de mínimo costo, asignación de tierra para cultivar determinados cultivos, decisiones sobre cantidades de fertilizante, planificación de uso de maquinaria, tierra y trabajo (Hillier y Liberman, 1991).

La programación lineal es un conjunto de técnicas racionales de análisis y de resolución de problemas que tiene por objeto ayudar a los responsables en las decisiones sobre asuntos en los que intervienen un gran número de variables.

El modelo matemático está sujeto al planteamiento del problema en relación con la obtención de la información necesaria para estructurar el problema en un modelo matemático de programación lineal. En forma general la estructura matricial permite maximizar o minimizar una función objetivo (Barrera, V. y Grijalva, J. 2000).

### **2.5.1. Construcción de los modelos de programación lineal**

De forma obligatoria se deben cumplir los siguientes requerimientos para construir un modelo de Programación Lineal.

- Requerimiento 1. Función objetivo. (F.O). Debe haber un objetivo (meta o blanco) que la optimización desea alcanzar.
- Requerimiento 2. Restricciones y decisiones. Debe haber recursos o alternativas de acción o decisiones, uno de los cuales permite alcanzar el objetivo.
- Requerimiento 3. La función objetivo y las restricciones son lineales. Deben utilizarse solamente ecuaciones lineales o desigualdades lineales (Barrera, V. y Grijalva, J. 2000).

### **2.5.2. Pasos para la construcción del modelo**

- Definir las variables de decisión.
- Definir el objetivo o meta en términos de las variables de decisión.
- Definir las restricciones.
- Restringir todas las variables para que sean no negativas.

### **2.5.3. La función lineal objetivo**

La función lineal objetivo es la cantidad que se busca maximizar o minimizar. En forma general, se trata de hallar un valor máximo de una función lineal que se expresa algebraicamente.

#### **2.5.4. Restricciones de recurso**

Las restricciones de recursos son condiciones que impiden a la función objetivo tomar valores infinitamente grandes o pequeños. Se refiere a los recursos disponibles en la unidad de producción y se representa en forma general.

#### **2.5.5. El proceso de programación lineal**

Es la relación de proporcionalidad que existe entre la cantidad de recursos y la cantidad de producto obtenido. Se considera proporciones fijas entre recursos y producto. El concepto de proceso junto a los recursos y producto, son los elementos básicos del planteamiento de programación lineal (Barrera, V. y Grijalva, J. 2000).

#### **2.5.6. El precio sombra**

El precio sombra de un determinado recurso o proceso mide el valor marginal de ese recurso o proceso; es decir, la tasa a la que la función objetivo puede aumentar si se incrementa la cantidad que se proporciona de este recurso o proceso (Arsham, 2002).

El precio sombra de una limitación tiene dos explicaciones:

- Es el aumento del ingreso total que resultará de la adición de una unidad o factor de producción.
- Si el productor renta una unidad del factor limitante a valor más alto que el precio sombra el va a perder dinero, si la renta de esta unidad lo hace a un precio más bajo va a ganar dinero (Estrada, 2002).

## **2.6. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO SANREM-CRSP**

El Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación sobre Agricultura Sostenible y Manejo de Recursos Naturales (SANREM-CRSP), financiado por la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID), aprobó el proyecto de largo término “Watershed-based Natural Resource Management in Small-scale Agriculture: Sloped Áreas of the Andean Region”, mismo que se ejecuta en la subcuenca del río Chimbo (microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama) en Ecuador, y en la Cuenca del río Tiraque en Bolivia, a partir de enero del 2006. Este proyecto es liderado por la Universidad de Virginia Tech de los Estados Unidos y por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP). Universidades americanas como Penn State, Denver, y Florida A&M, e instituciones nacionales como la Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos (ECOCIENCIA), Corporación para la investigación, capacitación y apoyo técnico para el manejo sostenible de los ecosistemas tropicales (ECOPAR), Sistema de Información Geográfica Agropecuaria (SIGAGRO) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Universidad Estatal de Bolívar (UEB) y el Gobierno Provincial de Bolívar (GPB), son parte fundamental en la implementación del proyecto. El proyecto es un esfuerzo de investigación para el desarrollo orientada al mejoramiento y sostenibilidad de los sistemas de producción que se encuentran localizados en las microcuencas del río Illangama y del río Alumbre que son parte fundamental de la subcuenca del río Chimbo y que se basará en experiencias previas en el manejo de recursos naturales basado en cuencas hidrográficas en agricultura de pequeña escala, llevadas a cabo por el INIAP y el CIP en la parte alta de la subcuenca, a las que se suman las experiencias de las instituciones socias dentro del marco del proyecto.

El objetivo general del proyecto será el de “Contribuir al desarrollo sostenible de la subcuenca hidrográfica del río Chimbo, a través del manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala, con equidad ambiental, social y de género”; y los objetivos específicos serán encaminados a: 1) generar

opciones para el manejo más eficiente y uso sustentable de los recursos naturales en las actividades de sustento en la subcuenca del río Chimbo; 2) identificar, evaluar, introducir y difundir estrategias de sustento basadas en alternativas sustentables de recurso naturales en la subcuenca del río Chimbo; y 3) construir el capital social, reforzar la gobernabilidad local y contribuir a la estabilidad económica y social en la subcuenca del río Chimbo.

El Enfoque de Sistemas y el Enfoque de Sustento serán implementados en este proyecto, los cuales permitirán la intervención armónica e integral de los diferentes activos de los sistemas de producción y entender sus interacciones. La metodología ha implementarse permitirá el análisis *ex-ante* de las diferentes opciones de sustento y su integración en los sistemas de producción con lo cual se apoyará a la toma de decisiones por parte de los productores y sus familias.

Este proyecto se inicia con la definición del Estudio de la Línea Base, cuyo objetivo principal es el de generar información alrededor de las comunidades localizadas en la subcuenca del río Chimbo, que conlleve a establecer claramente las potencialidades y las limitantes de los sistemas de producción, vistas desde una perspectiva de las actividades de sustento, con el propósito de establecer acciones que permitan conseguir el objetivo general planteado en este proyecto. Esta Línea Base se justifica por el hecho de que se carece de información sistematizada, documentada y confiable sobre los modelos de hogares que se encuentran en la subcuenca, mismos que son imprescindible para poder determinar los efectos del proyecto en un futuro. El tamaño total de la muestra recopilado en la subcuenca del río Chimbo asciende a 286 sistemas de producción: 117 en la microcuenca del río Illangama y 169 en la microcuenca del río Alumbre. Sin embargo, no se pretendió llevar a cabo procesos de diagnóstico largos y costosos sino estimaciones rápidas, mediante muestreos y observaciones sistemáticas que permitan contar con una Línea Base de carácter cuantitativo y cualitativo, así como establecer los parámetros e indicadores iniciales de las diferentes variables en estudio.

La Línea Base estableció que el núcleo familiar en la subcuenca está conformado entre 5 y 6 miembros en donde cada uno de ellos aporta para el mejoramiento y mantenimiento de los sistemas de producción. Se evidencia la falta de capacitación que tienen los miembros de las familias, a pesar que en algunos casos ellos se han interesado por participar en diferentes eventos que organizan las instituciones que dan asistencia técnica y capacitación. Las mujeres de estos sistemas van tomando un rol más preponderante en el manejo y la toma de decisiones sobre qué producir, cuándo producir y cómo producir; ya no son un simple ente que miraba desde afuera todo lo que decidía y hacía el jefe del hogar.

En términos de servicios se puede señalar que la mayoría de personas dispone de luz eléctrica, no así agua potable, teléfonos y recolección de basura. Se ha incrementado el uso de gas para cocinar sus alimentos; sin embargo, existen algunas familias que alternan el uso de leña y gas. En términos generales se puede afirmar que se está hablando de familias pobres en las dos microcuencas; las mismas que ni siquiera alcanzan los \$ 3 dólares por día para poder subsistir; pero también existen familias de productores que superan los \$ 20 dólares por día.

Los principales sustentos agrícolas se basan en los cultivos de maíz, haba, cebada, trigo, papa y fréjol, los cuales se producen sin uso de una tecnología de manejo integrado del cultivo adecuado y por lo cual los rendimientos en términos generales son bajos en comparación a otras zonas que poseen estos mismos cultivos. Existen productores que a pesar de que disponen de especies mejoradas de pasturas en sus sistemas de producción, el mal manejo que realizan a las mismas hacen que su persistencia y su duración no alcancen los años que normalmente alcanzaría una pastura mejorada bien manejada. En la zona existen productos que se ven con un potencial para obtener recursos económicos extras para los productores y sobre todo para asegurar la alimentación de las familias campesinas.

Además de los problemas productivos que se reportan en el subsistema agropecuario, la agricultura y la ganadería en la subcuenca del río Chimbo está

afectada por el limitado desarrollo y equidad de los sistemas de comercialización que se traduce en que los productores no puedan colocar eficiente y favorablemente en los mercados cualquier aumento en la producción, como los que ocurren en años favorables. Esta situación se ve agravada por el deficiente manejo poscosecha de productos perecibles y la ausencia de transformación de productos primarios para agregarles valor, a excepción de la transformación de la leche a quesos que se realiza en condiciones precarias. Se evidencia que de esta situación limitante quienes han sacado ventajas son los comerciantes, intermediarios, prestamistas, transportistas. También es notorio que en área de influencia del proyecto, no existen industrias agropecuarias que den valor agregado a los productos agropecuarios.

El estudio ha demostrado que existe un acelerado proceso de destrucción de los recursos naturales, especialmente de los recursos hídricos y el recurso suelo, causados por los procesos intensivos del uso de la tierra, malas prácticas de cultivos y ganadería, la deforestación, condiciones climáticas adversas, entre otros. Los recursos hídricos son vertederos directos de aguas negras y servidas sin previo tratamiento de purificación, sobre todo de centros poblados y en la eliminación de desechos de los sistemas de producción, camales y basuras, materiales arrojados a los ríos, que contaminan y ponen en peligro la salud humana. El alto flujo erosivo de la provincia origina un alto nivel de sedimentación y turbidez del agua. La contaminación por agroquímicos utilizados en forma incontrolada en la producción agrícola, cuyos residuos llegan a las fuentes hídricas por escorrentía. La alarmante reducción del caudal hídrico debido a los grandes procesos de deforestación y ampliación de la frontera agropecuaria en zonas frágiles y generadoras de agua como los páramos y las cejas de montaña, así como la mala administración y uso inadecuado de los recursos naturales. El problema de la contaminación de estos ríos incide directamente en el deterioro de la calidad de vida y la salud humana de la población, así como en animales y vegetales que consumen el agua, constituyéndose en un medio que transporta enfermedades de tipo bacterial y parasitario, no sólo para Bolívar, sino que se extiende a toda la gran cuenca del río Guayas.



La destrucción de la vegetación nativa causada por el aumento de la frontera agrícola y por las actividades ganaderas en la zona, es evidente en la subcuenca del río Chimbo; en especial, en la microcuenca del río Illangama, en donde existe la presencia de plantaciones de especies exóticas como el pino y el eucalipto, las cuales son producto de la deforestación que han sufrido las áreas de esta microcuenca. Sin embargo, en las dos microcuencas se observan remanentes de vegetación natural que permitirán efectuar diagnósticos más avanzados sobre la biodiversidad de las microcuencas, en donde se evalúen la flora y fauna, considerando los grupos biológicos de plantas, aves, mamíferos, y anfibios, existentes. Se puede señalar en forma preliminar que algunas de las especies existentes en las microcuencas en estudio son endémicas para la zona o para el país y en algunos casos con diferentes niveles de amenazas. Los resultados indican que las microcuencas poseen una alta biodiversidad a pesar de la alta destrucción y modificación de los hábitats observados. Los datos obtenidos de los productores y sus familias en el presente estudio demuestran la importancia para la biodiversidad de la conservación de los remanentes de vegetación en ambas microcuencas. La protección de los remanentes de vegetación de ambas microcuencas permitirá además proteger las fuentes de aguas del área, obteniéndose así un beneficio doble, tanto para las comunidades asentadas dentro del área de la microcuenca, como para preservación de la biodiversidad de la zona.

En el caso de la microcuenca del río Alumbre, muy pocos son los proyectos, instituciones, gobiernos seccionales y gobierno provincial que han contribuido para el desarrollo de la misma; cuando uno conversa con los productores y sus familias es evidente captar el desconsuelo que ellos tienen ante el poco o ningún apoyo que han encontrado para su desarrollo socioeconómico; una muestra del subdesarrollo que ellos tienen son sus bajos ingresos debido a las bajas producciones de sus sistemas de producción y a las pocas opciones de trabajo que tienen en el área. En el caso de la microcuenca del río Illangama, algunos productores y sus familias han demostrado ser capaces de adoptar las diferentes opciones que existen para manejar de mejor manera sus sistemas de producción,

comenzando por la papa y los pastos, lo cual augura un futuro prominente para que el manejo de los sistemas de producción en forma integral tengan una visión futurista bastante aceptable; lo que habría es que motivar al resto de productores y sus familias para que apliquen el conocimiento. En esta microcuenca el apoyo institucional ha sido bastante aceptable, a tal punto que muchas instituciones y organismos seccionales y regionales ha aportado en el desarrollo de la zona. Es justo reconocer que el INIAP, FEPP, GPB, entre otros ha tenido y ha jugado un rol preponderante en el desarrollo de las comunidades de esta microcuenca.

Finalmente, considerando las potencialidades y las limitantes de la agricultura y la ganadería en la subcuenca en estudio, el proyecto deberá plantear estrategias y enfoques participativos de investigación para el desarrollo, a través del manejo integrado de los recursos naturales de los sistemas de producción existentes en las microcuencas, ligado con una serie de decisiones políticas, en el que las instituciones como el Gobierno Provincial de Bolívar, jueguen un papel preponderante en la planificación participativa de la subcuenca, lo cual permitirá un manejo integrado de los recursos naturales, que se verá traducido en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y en la reducción de la pobreza de los hogares existentes en la subcuenca. (Barrera, *et al.*, 2007).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### 3.1.1. Ubicación del experimento

**Cuadro 1. Límites de la microcuenca de los ríos Illangama y Alumbre, Provincia Bolívar-Ecuador 2008.**

| Ubicación    | Microcuenca del río Illangama  | Microcuenca del río del Alumbre                               |
|--------------|--|---|
| Provincia    | Bolívar  | Bolívar   |
| Cantón       | Guaranda   | Chillanes   |
| Limite Norte | Microcuenca del río Colorado   | Microcuenca del río Dulcepamba                                |
| Limite Sur   | Microcuencas drenajes menores de la Subcuenca del río Chimbo y río Conventillo | Microcuencas del río Changue y río San Antonio                |
| Limite Este  | Microcuenca del río Chimborazo   | Microcuenca drenajes menores de la Subcuenca del río Yaguachi |
| Limite Oeste | Microcuencas El Salado y río Quinuacorrall                                     | El río Dulcepamba   |

Fuente: SIGAGRO, 2007.

##### 3.1.2. Condiciones geográficas y climáticas.

**Cuadro 2. Condiciones climáticas de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre. Provincia Bolívar-Ecuador 2008.**

| Parámetros         | Microcuenca del Illangama              | Microcuenca del Alumbre                 |
|--------------------|--|---|
| Altitud            | 2800-5000 m.s.n.m.                     | 1600-2800 m.s.n.m.                      |
| Temperatura Máxima | 13 °C                                  | 19 °C                                   |
| Temperatura Mínima | 2 °C                                   | 15 °C                                   |
| Precipitación      | 750-1300 mm (80%)<br>500-1300 mm (20%) | 750-1000 mm (90%)<br>1000-1400 mm (10%) |
| Superficie         | 12829 ha (128.2 Km <sup>2</sup> )      | 6556 ha (65.5 Km <sup>2</sup> )         |

Fuente: HGPB, 2004.

### 3.1.3. Sustento agrícola de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre

En la microcuenca del río Illangama, los principales sustentos agrícolas se basan en los cultivos de pastos, papa, cebada, quinua, chocho, raíces y tubérculos andinos (oca, melloco, mashua), ganadería y se encuentra con plantaciones de especies exóticas como el pino (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucaliptus globulus*). Existen pocas especies nativas de flora y fauna en pequeños rodales nativos. En cambio en la microcuenca del río Alumbre los principales sustentos agrícolas son maíz (duro y suave) y fréjol (voluble y arbustivo) y existen pocas especies nativas tanto de flora como fauna en peligro de extinción (Monar, C. 2008<sup>1</sup>).

### 3.1.4. Zonas de vida de la Provincia Bolívar

**Cuadro 3. Zonas de vida de las microcuencas de los ríos Alumbre e Illangama. Provincia Bolívar-Ecuador 2008.**

| Zonas de vida   | Altitud y clima  |
|---|--|
| Premontano o Subtropical (Bosque muy Húmedo Premontano y Bosque Húmedo Premontano)                              | De 300 hasta 2.000 m.; con temperaturas de 18 a 24 °C y precipitaciones entre 1.000 y 3.000 mm/año.  |
| Montano bajo o templado (Bosque Seco Montano Bajo, Bosque Húmedo Montano Bajo y Bosque muy Húmedo Montano Bajo) | De 2.001 a 3.000 m.; con temperaturas de 12 a 18 °C y precipitaciones entre 500 y 3.000 mm/año.      |
| Montano o zona Templada Fría (Bosque muy Húmedo Montano)  | De 3.001 a los 4.000 m.; con temperaturas de 6 a 12 °C y precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm/año. |
| Sub Alpino o Boreal (Páramo Pluvial Subalpino).   | 4.001 hasta los 4.500 m.; con temperaturas de 2 a 6 °C y precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm/año. |

**Fuente:** HOLDRIDGE, citado por Cañadas, 1993.

<sup>1</sup> Monar, C. 2008. Técnico del INIAP-UVTT Bolívar. Comunicación personal.

La microcuenca del río Illangama está enmarcada en altitudes que varían desde los 2.800 hasta 4.500 m. y la mayor actividad agrícola de esta microcuenca se encuentra en altitudes que van desde los 2.801 hasta 3.600 m. En la microcuenca del río Alumbre las altitudes van desde 2.000 hasta 2.800 m. que ocupa toda el área cultivada.

### **3.1.5. Materiales utilizados**

- Vehículo
- Computadora
- Programa estadístico SPSS, versión 13.0 para Windows
- Programa LINDO (Linear interactive discrete optimizer)
- Equipo fotográfico
- Libro de campo
- Materiales de oficina
- Mapas
- Papelógrafo, etc.

## **3.2. METODOLOGÍA**

### **3.2.1. Metodología para la tipificación de los modelos de hogares de las microcuencas del río Illangama y Alumbre**

Para definir los grupos de hogares y las estrategias de medios de vida que los diferencian, se utilizó la información recopilada y sistematizada por el INIAP como parte del proyecto SANREM-CRSP. Esta información es parte de una encuesta estática realizada a 286 hogares durante septiembre y noviembre del 2006 en las microcuencas de los ríos Illangama -117- y Alumbre -169- que forman parte de la subcuenca del río Chimbo. La información del estudio fue combinada en nuestros análisis con la opinión de expertos conocedores de las condiciones socioeconómicas y ambientales de las zonas en estudio como se puede observar en los diagramas de las dos microcuencas (ver Anexo 3 y 4).

Para direccionar el cúmulo de información disponible hacia el objetivo de definir los grupos de hogares existentes en la subcuenca del río Chimbo se tomaron en consideración variables que tienen relación con los aspectos de posesión y uso del suelo, productividad de los rubros de importancia económica y alimentaria, e ingresos económicos que obtienen los hogares de diferentes fuentes, tal como se muestra en los siguientes Cuadros 4 y 5.

**Cuadro 4. Estadísticas descriptivas de las variables consideradas para la tipificación de los hogares de la Microcuenca del río Illangama. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.**

| <b>Variables en estudio</b>  | <b>Promedio</b> | <b>Desviación</b> |
|--|-----------------|-------------------|
| Superficie total de la propiedad en hectáreas                        | 3,40            | 3,75              |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 0,48            | 0,21              |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a papa                   | 0,85            | 0,24              |
| Producción de papa en kilogramos por hectárea                        | 8.295           | 1.750             |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos mejorados        | 0,42            | 0,18              |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 0,47            | 0,22              |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 2.077           | 1.921             |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 545             | 385               |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 1.229           | 1.640             |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 522             | 291               |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 957             | 751               |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 563             | 362               |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 180             | 0                 |

Fuente: INIAP-SANREMCRSP, 2006.

**Cuadro 5. Estadísticas descriptivas de las variables consideradas para la tipificación de los hogares de la Microcuenca del río Alumbre. Subcuenca del río Chimbo-Ecuador, 2008.**

| <b>Variabes en estudio</b>   | <b>Promedio</b> | <b>Desviación</b> |
|--|-----------------|-------------------|
| Superficie total de la propiedad en hectáreas                        | 5,76            | 8,07              |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 0,78            | 0,28              |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a maíz blanco            | 0,75            | 0,30              |
| Producción de maíz blanco en kilogramos por hectárea                 | 438             | 149               |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a fréjol                  | 0,52            | 0,34              |
| Producción de fréjol en kilogramos por hectárea                      | 402             | 194               |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 0,46            | 0,22              |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 1.262           | 2.634             |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 368             | 392               |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 1.299           | 1.207             |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 508             | 331               |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 1.425           | 2.119             |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 994             | 847               |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 180             | 0                 |

Fuente: INIAP-SANREMCRSP, 2006.

### **3.2.1.1. Método cuantitativo de grupos**

Definimos las estrategias de medios de vida usando una herramienta estadística que permite agrupar los hogares de las microcuencas en estudio. El método multivariado usado es el análisis de conglomerados o grupos, que se basa en la teoría de información con similares características estadísticas que pueden agruparse y diferenciarse con aquellas que presenten otro tipo de tendencias (Aldenderfer y Blashfield, 1984). Desde esta perspectiva, con el propósito de obtener grupos de hogares que se diferencien entre sí a nivel de cada microcuenca en estudio, se utilizó el método de Ward (Ward, 1963), medido con el intervalo de la Distancia Euclidiana Ajustada (Everitt, 1993).

Hay varios pasos cruciales en el análisis cuantitativo de grupos. Las estrategias de vida se categorizaron en grupos usando las variables que constan en los Cuadros 4 y 5. Un paso fundamental para definir los grupos de hogares, mediante el análisis

de conglomerados, consistió en estandarizar las variables seleccionadas bajo la forma de Z-scores, asignándoles media = 0 y desviación estándar = 1 (Romesburg, 1990), con el propósito de eliminar los efectos de escala y unidades de medición, capaz de que cada variable tenga un mismo peso estadístico al momento del análisis. La fórmula utilizada para la estandarización fue:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$$

Donde:  $Z_{ij}$  representa los valores individuales,  $x_{ij}$  representa un valor de la variable en análisis, y  $\mu_j$  y  $\sigma_j$  representan la media y desviación estándar ( $i = 1, \dots, 117$  hogares para el Illangama e  $i = 1, \dots, 169$  para el Alumbre) de las variables ( $j = 1, \dots, 13$  para el Illangama, y  $j = 1, \dots, 14$  para el Alumbre).

Luego de que las variables se convirtieron en Z-scores, se establecieron 13 espacios dimensionales para el caso del Illangama y 14 espacios dimensionales para el caso del Alumbre, donde cada eje representó las variables en análisis. Los coeficientes de la Distancia Euclidiana Ajustada se calcularon entre cada par de hogares, eliminando el efecto -positivo o negativo- sobre la dirección del coeficiente de la distancia. La magnitud de cada uno de estos coeficientes midió como similares o no similares cada par en el espacio Euclidiano. Los hogares fueron más semejantes cuando tenían coeficientes de Distancia Euclidiana bajos y menos semejantes cuando tenían coeficientes de Distancia Euclidiana altos.

Como se señaló con anterioridad, el método de Ward o método de mínima varianza se utilizó porque reduce al mínimo la varianza dentro de los grupos y agrupa los hogares o el grupo de hogares con el menor incremento en la suma de cuadrados del error a la largo de cada etapa del proceso aglomerativo (Ward, 1963). Este algoritmo comenzó localizando cada hogar como grupo individual, después continuó con una serie de combinaciones sucesivas entre los hogares o los grupos de hogares que fueron los más similares. Terminó cuando todos los



hogares se agruparon en un grupo único basado en la Distancia Euclidiana Ajustada. La fórmula usada para calcular la suma de cuadrados del error fue:

$$\sum e^2 = \sum_{i=1}^I (Z_{ij} - \mu_j)^2$$

Donde:  $\mu_j$  representa la media de cada grupo a través de la *jésima* variable, e I es el número de hogares en cada grupo. Cuando los grupos son formados por un solo hogar o varios hogares con valores idénticos para todos los  $Z_{ij}$ , la suma de cuadrados de error del grupo es igual a cero, que es el valor más deseable para la formación homogénea de grupos (Ward, 1963).

Una vez establecidos los grupos de hogares para cada microcuencia, se procedió a realizar Análisis de Varianza Univariados (ADEVA), con el modelo matemático del Diseño Completamente al Azar (DCA), para cada una de las variables que se seleccionaron para definir los modelos de hogares, utilizando los grupos de hogares como tratamientos. Con estos análisis, se determinaron, a través de una prueba de *F estadística*, si existían o no diferencias estadísticas al nivel del 1% y 5% de probabilidad, entre las medias aritméticas de los tipos de hogares establecidos para cada microcuencia. Para la separación de promedios se empleó el Rango Múltiple de Duncan.

### **3.2.2. Metodología para la optimización de los modelos de hogares de las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre**

Se utilizó el método de programación lineal, que ayuda a determinar la combinación óptima de recursos para maximizar ganancias o minimizar costos de los sistemas de producción (Hillier, y Lieberman, 1991).

En el estudio, se cubrió etapas sucesivas con los siguientes aspectos:

- Determinar el plan de producción que optimiza el uso de los recursos con maximización de los ingresos netos en las circunstancias base.

- Determinar costos de oportunidad de procesos alternativos.
- Observar la sensibilidad de la solución óptima ante cambios en los procesos alternativos.

Para resolver el problema de maximización por programación lineal mediante el Método Simple, se utilizó el programa LINDO. Este programa permite trabajar con gran número de variables y restricciones y por lo tanto solucionar las dificultades planteadas con el método manual cuando las variables se presentan en cantidad superior a veinte o más.

### **3.2.2.1. La función lineal objetivo**

La función lineal a maximizar fueron los beneficios totales en consideración a procesos alternativos y los ingresos netos de cada proceso. La función económica a maximizar es la siguiente:

$$Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_m X_m$$

Donde:

Z = Beneficio Neto Total (\$)

C<sub>m</sub> = Coeficientes que representan los ingresos netos para cada proceso

X<sub>m</sub> = Niveles de los “n” procesos alternativos a determinar.

### **3.2.2.2. Coeficientes**

De la información secundaria y primaria recopilada se obtuvo los coeficientes para cada variable en estudio, los cuales representan los beneficios o pérdidas para cada proceso.

### 3.2.2.3. Restricciones

Son condiciones que impiden a la función lineal objetivo tomar valores infinitamente grandes o pequeños. En el planteamiento de programación lineal, las ecuaciones que expresan esas condiciones son las denominadas restricciones del problema.

Se representan por la siguiente ecuación:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1j}X_j + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2j}X_j + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ij}X_j + \dots + a_{in}X_n \leq b_i$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mj}X_j + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

sujeta a las restricciones:

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_j \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

Donde:

$b_m$  = Cantidades de recursos disponibles por los productores

$a_{ij}$  = (con  $i$  de 1,2, ...,n y con  $j$  de 1,2, ...,n) son las cantidades de recursos requeridos por cada unidad de producto del proceso (Hillier, y Lieberman, 1991).

### 3.2.2.4. La solución óptima

Se obtuvo la solución óptima básica para el caso típico de los modelos de hogares de las áreas en estudio. Adicionalmente se procedió a realizar análisis de sensibilidad ante cambios en algunos valores de restricciones y coeficientes para determinar resultados de optimización ante nuevas condiciones creadas que pueden ser: variación del precio de kilogramos de papa, maíz y otros cultivos, variación de la superficie del componente de producción de los cultivos, etc.

Para obtener la solución óptima económica se utilizó el programa LINDO creado por el Departamento de Nutrición y Economía de la Universidad de Florida, EEUU. En este estudio el programa resolverá problemas de maximización de beneficios económicos por medio de programación lineal (Hillier, y Lieberman, 1991).

### **3.2.2.5. Programación lineal**

El material básico empleado para la elaboración de los coeficientes que caracterizan los distintos procesos, fue obtenido de los datos de una encuesta realizada en el área en estudio (Barrera *et. al.*, 2007), y la información experimental existente en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y el conocimiento adquirido por el trabajo realizado en la zona en estudio.

## **3.3. ELEMENTOS DEL MODELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA**

### **3.3.1. Procesos**

En la presente investigación se utilizó los costos de producción para establecer los siguientes componentes para el cultivo de papa, autoconsumo (haba, chocho, cebada) y producción de leche (ver Anexo 6, 7, 8, 9, 10).

- **Variables utilizadas para el cultivo de papa**

$X_1$  = hectáreas de papa

$X_2$  = consumo de papa en kg

$X_3$  = semilla de papa en kg por hectárea

$X_4$  = fertilización para papa en kg

$X_5$  = fungicidas aplicados para papa en kg

$X_6$  = insecticidas aplicados para papa en kg

- X<sub>7</sub> = fertilización foliar para papa en kg
- X<sub>8</sub> = preparación del suelo para papa en horas
- X<sub>9</sub> = mano de obra familiar y presta-manos para papa

- **Variables utilizadas para la producción de leche**

- X<sub>10</sub> = número de vacas
- X<sub>11</sub> = consumo de leche en kg
- X<sub>12</sub> = venta de leche en kg
- X<sub>13</sub> = nacimiento de terneros
- X<sub>14</sub> = número de terneros que quedan
- X<sub>15</sub> = venta de terneros
- X<sub>16</sub> = semilla de pastos en kg
- X<sub>17</sub> = preparación del suelo para pastos en horas
- X<sub>18</sub> = sal mineral para animales en kg
- X<sub>19</sub> = alimento suplementario para animales en kg
- X<sub>20</sub> = mano de obra familiar para producción de leche

- **Variables utilizadas para cultivos de autoconsumo**

- X<sub>21</sub> = hectáreas de cultivos de autoconsumo
- X<sub>22</sub> = consumo en kg por época
- X<sub>23</sub> = semilla en kg por hectárea
- X<sub>24</sub> = fertilización en kg por hectárea
- X<sub>25</sub> = fungicidas en kg por hectárea
- X<sub>26</sub> = insecticidas en kg por hectárea
- X<sub>27</sub> = preparación del suelo en horas por hectárea
- X<sub>28</sub> = mano de obra familiar para autoconsumo

- **Variables utilizadas para la producción de cerdos**

- X<sub>29</sub> = número de cerdos

- $X_{30}$ = consumo en kg por época
- $X_{31}$ = venta en kg por época
- $X_{32}$ = alimento en kg por época
- $X_{33}$ = mano de obra familiar para producción de cuyes

- **Variables utilizadas para la producción de cuyes**

- $X_{34}$ = número de cuyes
- $X_{35}$ = consumo en kg por época
- $X_{36}$ = venta en kg por época
- $X_{37}$ = alimento en kg por época
- $X_{38}$ = mano de obra familiar para producción de cerdos

### 3.3.2. La función lineal objetivo

La función a maximizar son los beneficios totales en consideración a 38 procesos de siete alternativas de producción y los ingresos netos de cada alternativa. La función económica, es la siguiente:

$$Z = 1.001X_1 - 0,12X_2 - 0,14X_3 - 0,33X_4 - 15X_5 - 12X_6 - 14X_7 - 12X_8 - 0X_9 + 0X_{10} - 0,28X_{11} + 0,28X_{12} + 0X_{13} + 0X_{14} + 30X_{15} - 3X_{16} - 12X_{17} - 0,20X_{18} - 0,20X_{19} - 0X_{20} + 338X_{21} - 0,28X_{22} - 0,32X_{23} - 0,4X_{24} - 14X_{25} - 11X_{26} - 12X_{27} - 0X_{28} + 0X_{29} - 1,36X_{30} + 1,36X_{31} - 0,10X_{32} - 0X_{33} + 0X_{34} - 2X_{35} + 2X_{36} - 0,0227X_{37} - 0X_{38}.$$

### 3.3.3. Coeficientes

- **Para cultivo de papa**

$1.001 X_1$  = La producción por hectárea de 8.347 kg por el precio del kg de papa que es USD 0,12

$0,12 X_2$  = Precio del kg de papa para el consumo es USD 0,12

- 0,14 X<sub>3</sub> = Precio del kg de papa para la semilla es USD 0,14
- 0,33 X<sub>4</sub> = Precio del kg de fertilizante para papa es USD 0,33
- 15 X<sub>5</sub> = Precio del kg de fungicida para papa es USD 15
- 12 X<sub>6</sub> = Precio del kg de insecticida para papa es USD 12
- 14 X<sub>7</sub> = Precio del kg de fertilizante foliar para papa es USD 14
- 12 X<sub>8</sub> = Precio de la hora de labranza para papa es USD 12

• **Para producción de leche**

- 0,28 X<sub>11</sub> = Precio del kg de leche para el autoconsumo es USD 0,28
- 0,28 X<sub>12</sub> = Precio del kg de leche para la venta es USD 0,28
- 30 X<sub>15</sub> = Precio de la venta de un ternero es USD 30
- 3 X<sub>16</sub> = Precio del kg de semilla de pasto es USD 3
- 12 X<sub>17</sub> = Precio de la hora de labranza para pasto es USD 12
- 0,20 X<sub>18</sub> = Precio del kg de sal mineral es USD 0,20
- 0,20X<sub>19</sub> = Precio del kg de alimento suplementario es USD 0,20

• **Para cultivos de autoconsumo**

- 338 X<sub>21</sub> = La producción por ha es 1.208 kg por el precio del kg de cultivos de autoconsumo que es USD 0,28
- 0,28 X<sub>22</sub> = Precio del kg de cultivos de autoconsumo para consumo familiar es USD 0,28
- 0,32 X<sub>23</sub> = Precio del kg de semilla de cultivos de autoconsumo es USD 0,32
- 0,40 X<sub>24</sub> = Precio del kg de fertilizante para cultivos de autoconsumo es USD 0,40
- 14 X<sub>25</sub> = Precio del kg de fungicida para cultivos de autoconsumo es USD 14
- 11 X<sub>26</sub> = Precio del kg de insecticida para cultivos de autoconsumo es USD 11
- 12 X<sub>27</sub> = Precio de la hora de labranza (cultivos autoconsumo) es USD 12

- **Para producción de cerdos**

$1,36 X_{30} =$  Precio del kg de cerdo para autoconsumo es USD 1,36

$1,36 X_{31} =$  Precio del kg de cerdo para la venta es USD 1,36

$0,10 X_{32} =$  Precio del kg de alimento para cerdos es USD 0,10

- **Para producción de cuyes**

$2 X_{35} =$  Precio del kg de cuy para autoconsumo es USD 2

$2 X_{36} =$  Precio del kg de cuy para la venta es USD 2

$0,022X_{37} =$  Precio del kg de alimento para cuyes es USD 0,022

### **3.3.4. Restricciones**

- **Para cultivo de papa**

**$X_1 \leq 1,02$**

Las hectáreas del cultivo de papa deben ser menores o iguales a 1,02 ha, y sirven como un producto de subsistencia familiar y para la venta.

**$8.347 X_1 \geq 630$**

La producción del cultivo de papa de 8.347 kg/ha debe ser mayor o igual a 630 kg, que es la cantidad para el autoconsumo familiar.

**$X_2 \geq 630$**

Los kg de papa para autoconsumo de la familia de seis miembros deben ser mayores o iguales a 630 kg; una persona consume 0,25 kg al día.

**$X_3 - 1.136 X_1 \geq 0$**

Los kg de semilla de cultivo de papa deben ser mayores o iguales a 1.136 kg por ha.



$$X_4 - 328 X_1 \geq 0$$

Los kg de fertilizante para el cultivo de papa deben ser mayores o iguales a 328 kg por ha.

$$X_5 - 7 X_1 \geq 0$$

Los kg de fungicidas para el cultivo de papa deben ser mayores o iguales a 7 kg por ha en cuatro aplicaciones; la primera aplicación al 80% de emergencia de las plantas y las siguientes pasando 15 o 21 días dependiendo de la incidencia de las enfermedades (1,75 kg/ha por aplicación).

$$X_6 - 3 X_1 \geq 0$$

Los kg de insecticidas para el cultivo de papa deben ser mayores o iguales a 3 kg por ha en cuatro aplicaciones, que las hacen en conjunto con los fungicidas y fertilizante foliar (0,75 kg/ha por aplicación).

$$X_7 - 4 X_1 \geq 0$$

Los kg de fertilizante foliar para el cultivo de papa deben ser mayores o iguales a 4 kg por ha en cuatro aplicaciones, que las hacen en conjunto con los fungicidas e insecticidas (1 kg/ha por aplicación).

$$X_8 - 8 X_1 \geq 0$$

Las horas de tractor para labores de labranza en el cultivo de papa deben ser mayores o iguales a 8 horas/ha. En el arado utilizan 5 horas/ha y para la rastra 3 horas/ha.

$$X_9 - 130 X_1 \geq 0$$

La mano de obra para el cultivo de papa debe ser mayor o igual a 130 jornales por ha. Para la siembra 10 jornales, para la deshierba 15 jornales, para el aporque 18 jornales, para la fertilización 8 jornales, para los controles fitosanitarios 16 jornales, para la cosecha y selección 63 jornales.

- **Para producción de leche**

$$X_{10} \leq 3,09$$

El número de vacas en producción deben ser menores o iguales a 3,09, (debido a que se toma en consideración 2,86 ha para producción de leche con una carga animal de 1,08; entonces  $2,86 \text{ ha} * 1,08 \text{ UBA/ha} = 3,09 \text{ UBA}$ ).

$$X_{11} \geq 375$$

El consumo de leche por familia debe ser mayor o igual a 375 kg por época de 240 días.

$$X_{11} + X_{12} - 1.500 X_{10} \leq 0$$

El consumo de leche por familia más la venta de la leche deben ser menores o iguales a 1.500 kg que produce una vaca en producción por 240 días de lactancia.

$$X_{13} - 0,60 X_{10} \leq 0$$

Los nacimientos de terneros deben ser menores o iguales a 60% de natalidad de las vacas.

$$X_{14} - 0,4 X_{13} \geq 0$$

El número de terneros que quedan con el productor deben ser mayores o iguales al 40% de los animales que nacen.

$$X_{15} - 0,4 X_{13} \leq 0$$

El número de terneros que se vende deben ser menores o iguales al 40% de los animales que nacen.

$$X_{16} - 40 X_{10} \geq 0$$

Los kg/ha de semilla que se utilizan para la siembra del pasto deben ser mayores o iguales a 40 kg/ha (este valor resulta gracias a la siguiente conversión realizada: Si en una ha de potrero mantengo una carga animal de 1.08 UBA para traducirlo a ha, realizo una regla de tres y obtengo que es igual a  $0,93 X_{10}$  o sea una UBA en

0,93 ha; entonces si yo debo aplicar 43 kg/ha de semilla, al realizar la transformación me queda  $43 \text{ kg/ha} * 0,93 X_{10} = 40 X_{10}$ ).

$$X_{17} - 2,8 X_{10} \geq 0$$

Las horas de tractor/ha que se utilizan para la siembra del pasto deben ser mayores o iguales a 2,8 horas/ha (este valor resulta gracias a la siguiente conversión realizada: Si en una ha de potrero mantengo una carga animal de 1,08 UBA para traducirlo a ha, realizo una regla de tres y obtengo que es igual a 0,93  $X_{10}$  o sea una UBA en 0,93 ha; entonces si tengo que utilizar 3 horas de tractor, al realizar la transformación me queda  $3 \text{ horas/ha} * 0,93 X_{10} = 2,8 X_{10}$ ).

$$X_{18} - 30,8 X_{10} - 11,6 X_{14} \geq 0$$

Los kg de sal mineral utilizada para vacas y terneros deben ser mayores o iguales a 30,8 kg ( $0,128 \text{ kg/vaca} * 240 \text{ días}$ ) que es el consumo de las vacas, más 11,6 kg ( $0,048 \text{ kg/ternero} * 240 \text{ días}$ ) que es el consumo de los terneros que quedan con el productor.

$$X_{19} - 106,4 X_{10} - 86 X_{14} \geq 0$$

Los kg de alimento suplementario utilizado para vacas deben ser mayores o iguales a 106,4 kg que es el consumo de las vacas más 86 kg que es el consumo de los terneros que quedan con el productor.

$$X_{20} - 86 X_{10} \geq 0$$

La mano de obra para la producción de leche debe ser mayor o igual a 86 jornales. Este valor resulta de la siguiente conversión realizada: si en una ha de potrero se mantiene una carga animal de 1,08 UBA, para traducirlo a ha, se realiza una regla de tres y se obtiene un valor igual a 0,93  $X_{10}$  o sea, una UBA en 0,93 ha; entonces si se necesita 92 jornales por ha, al realizar la transformación queda  $92 \text{ jornales/ha} * 0,93 X_{10} = 86 X_{10}$ . Se utilizan 15 jornales para la siembra del pasto y 71 jornales (una persona trabajando 2,37 horas por día durante 240 días da 568 horas, si se considera que un jornal es una persona que trabaja 8 horas al día, al dividir  $568/8 = 71$  jornales) para cuidados de los animales.

- **Para cultivos de autoconsumo**

$$X_{21} \leq 0,57$$

Las hectáreas de cultivos de autoconsumo deben ser menores o iguales a 0,57 ha.

$$1.208 X_{21} \geq 562$$

La producción de cultivos de autoconsumo de 1.208 kg/ha debe ser mayor o igual a 562 kg, que es la cantidad para autoconsumo familiar.

$$X_{22} \geq 562$$

Los kg para autoconsumo de la familia de los cultivos de autoconsumo deben ser mayores o iguales a 562 kg por época de 8 meses.

$$X_{23} - 70 X_{21} \geq 0$$

Los kg de semilla de cultivos de autoconsumo deben ser mayores o iguales a 70 kg/ha.

$$X_{24} - 141,42 X_{21} \geq 0$$

Los kg de fertilizante para los cultivos de autoconsumo deben ser mayores o iguales a 141,42 kg/ha.

$$X_{25} - 1,95 X_{21} \geq 0$$

Los kg de fungicidas para los cultivos de autoconsumo deben ser mayores o iguales a 1,95 kg/ha en una aplicación.

$$X_{26} - 1,37 X_{21} \geq 0$$

Los kg de insecticidas para los cultivos de autoconsumo deben ser mayores o iguales a 1,37 kg/ha en una aplicación.

$$X_{27} - 3,12 X_{21} \geq 0$$

Las horas de tractor para los cultivos de autoconsumo, deben ser mayores o iguales a 3,12 horas/ha.

$$X_{28} - 55 X_{21} \geq 0$$

La mano de obra familiar para los cultivos de autoconsumo deben ser mayores o iguales a 55 jornales por ha. Para la siembra 8 jornales, para la deshierba 8 jornales, para la fertilización 6 jornales, para los controles fitosanitarios 6 jornales y para la cosecha 27 jornales.

- **Para producción de cerdos**

$$X_{29} \leq 4$$

El número de cerdos debe ser menor o igual a 4 por época de 240 días.

$$X_{30} \geq 50$$

El consumo de carne de cerdo por familia por época de 240 días debe ser mayor o igual a 50 kg.

$$X_{30} + X_{31} - 30 X_{29} \leq 0$$

El consumo de carne de cerdo más la venta de carne de cerdo deben ser menores o iguales al número de kg de cerdo que se produzca por época de 240 días.

$$X_{32} - 210 X_{29} \geq 0$$

El consumo de alimento por parte de los cerdos debe ser mayor o igual a 210 kg/cerdo por época de 240 días.

$$X_{33} - 4 X_{29} \geq 0$$

La mano de obra familiar para la producción de cerdos, deben ser mayores o iguales a 4 jornales por cerdo por época de 240 días.

- **Para producción de cuyes**

$$X_{34} \leq 30$$

El número de cuyes debe ser menor o igual a 30 por época de 240 días.

$$X_{35} \geq 10$$

El consumo de carne de cuy (cobayo) por familia por época de 240 días debe ser mayor o igual a 10 kg.

$$X_{35} + X_{36} - 0,5 X_{34} \leq 0$$

El consumo de carne de cuy más la venta de carne de cuy deben ser menores o iguales al número de kg de cuy que se produzca por época de 240 días.

$$X_{37} - 5 X_{34} \geq 0$$

El consumo de alimento por parte de los cuyes debe ser mayor o igual a 5 kg/cuy, por época de 240 días.

$$X_{38} - 0,5 X_{34} \geq 0$$

La mano de obra familiar para la producción de cuyes, deben ser mayores o iguales a 0,5 jornales por cuy por época de 240 días.

### **3.3.5. Restricción general**

$$X_1 + 0,93 X_{10} + X_{21} \leq 4,5$$

Las hectáreas de papa más las hectáreas de potreros (traducidas por carga animal) más las hectáreas de autoconsumo deben ser menores o iguales a 4,5 ha.

## **3.4. ELEMENTOS DEL MODELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE**

### **3.4.1. Procesos**

En la presente investigación se utilizó los costos de producción para establecer los siguientes componentes para el cultivo de maíz y fréjol (ver Anexo 11, 12).

- **VARIABLES UTILIZADAS PARA EL CULTIVO DE MAÍZ SUAVE**

- $X_1$  = hectáreas de maíz suave
- $X_2$  = consumo de maíz suave en kg
- $X_3$  = semilla de maíz suave en kg por hectárea
- $X_4$  = fertilización para maíz suave en kg
- $X_5$  = insecticidas aplicados para maíz suave en kg
- $X_6$  = preparación del suelo para maíz suave en horas
- $X_7$  = mano de obra familiar y prestamano para maíz suave

- **VARIABLES UTILIZADAS PARA EL CULTIVO DE FRÉJOL VOLUBLE**

- $X_8$  = hectáreas del fréjol voluble
- $X_9$  = consumo de fréjol voluble en kg
- $X_{10}$  = semilla de fréjol voluble en kg
- $X_{11}$  = fertilización para fréjol voluble en kg
- $X_{12}$  = fungicidas aplicados para fréjol voluble en kg
- $X_{13}$  = insecticidas aplicados para fréjol voluble en kg
- $X_{14}$  = preparación del suelo para fréjol voluble en horas
- $X_{15}$  = mano de obra familiar y prestamano fréjol voluble

- **VARIABLES UTILIZADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERDOS**

- $X_{16}$  = número de cerdos
- $X_{17}$  = consumo en kg por época
- $X_{18}$  = venta en kg por época
- $X_{19}$  = alimento en kg por época
- $X_{20}$  = mano de obra familiar por época

- **VARIABLES UTILIZADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CUYES**

- $X_{21}$  = número de cuyes

- $X_{22}$ = consumo en kg por época
- $X_{23}$ = venta en kg por época
- $X_{24}$ = alimento en kg por época
- $X_{25}$ = mano de obra familiar por época

### 3.4.2. La función lineal objetivo

La función a maximizar son los beneficios totales en consideración a 25 procesos de seis alternativas de producción y los ingresos netos de cada alternativa. La función económica, es la siguiente:

$$Z = 475X_1 - 0,55X_2 - 0,60X_3 - 0,33X_4 - 12 X_5 - 15X_6 - 0X_7 + 480X_8 - 0,66X_9 - 0,70X_{10} - 0,33X_{11} - 12 X_{12} - 14X_{13} - 15X_{14} - 0X_{15} + 0X_{16} - 1,36X_{17} + 1,36 X_{18} - 0,10X_{19} - 0X_{20} + 0X_{21} - 2X_{22} + 2X_{23} - 0,0227X_{24} - 0X_{25}$$

### 3.4.3. Coeficientes

- **Para el cultivo de maíz suave**

- 475  $X_1$  = La producción por hectárea de 864 kg por el precio del kg de maíz que es \$ 0,55
- 0,55  $X_2$  = Precio del kg de maíz para el consumo es USD 0,55
- 0,60  $X_3$  = Precio del kg de maíz para la semilla es USD 0,60
- 0,33  $X_4$  = Precio del kg de fertilizante para el maíz es USD 0,33
- 12  $X_5$  = Precio del kg de insecticida para maíz es USD 12
- 15  $X_6$  = Precio de la hora de labranza para el maíz es USD 15

- **Para el cultivo de fréjol voluble**

- 480 $X_8$  = La producción por hectárea de 727 kg por el precio del kg de fréjol que es \$ 0,66
- 0,66  $X_9$  = Precio del kg de fréjol para el consumo es USD 0,66



- 0,70  $X_{10}$ = Precio del kg de fréjol para la semilla es USD 0,70
- 0,33  $X_{11}$ = Precio del kg de fertilizante para el fréjol es USD 0,33
- 12  $X_{12}$  = Precio del kg de insecticida para fréjol es USD 12
- 14  $X_{13}$  = Precio del kg de fertilizante foliar para fréjol es USD 14
- 15  $X_{14}$  = Precio de la hora de labranza para el fréjol es USD 15

- **Para producción de cerdos**

- 1,36  $X_{17}$ = Precio del kg de cerdo para autoconsumo es USD 1,36
- 1,36  $X_{18}$ = Precio del kg de cerdo para la venta es USD 1,36
- 0,10  $X_{19}$ = Precio del kg de alimento para cerdos es USD 0,10

- **Para producción de cuyes**

- 2  $X_{22}$ = Precio del kg de cuy para autoconsumo es USD 2
- 2  $X_{23}$ = Precio del kg de cuy para la venta es USD 2
- 0,022 $X_{24}$ = Precio del kg de alimento para cuyes es USD 0,022

#### 3.4.4. Restricciones

- **Para el cultivo de maíz suave**

$$X_1 \leq 1,85$$

Las hectáreas del cultivo de maíz deben ser menores o iguales a 1,85 ha, debido a que es un cultivo de subsistencia familiar.

$$864 X_1 \geq 192$$

La producción del cultivo de maíz de 864 kg/ha debe ser mayor o igual a 192 kg, que es la cantidad para autoconsumo.

$$X_2 \leq 192$$

Los kg de maíz para autoconsumo de la familia de cinco miembros deben ser menores o iguales a 192 kg, una persona consume 0,16 kg al día.

$$X_3 - 30 X_1 \geq 0$$

Los kg de semilla de cultivo de maíz deben ser mayores o iguales a 30 kg por ha.

$$X_4 - 90,9 X_1 \geq 0$$

Los kg de fertilizante para el cultivo de maíz deben ser mayores o iguales a 90,9 kg por ha.

$$X_5 - 1 X_1 \geq 0$$

Los kg de insecticidas para el cultivo de maíz deben ser mayores o iguales a 1 kg por ha, en la etapa de prefloración.

$$X_6 - 8 X_1 \geq 0$$

Las horas de la yunta para labores de labranza en el cultivo de maíz deben ser mayores o iguales a 8 horas/ha.

$$X_7 - 50 X_1 \geq 0$$

La mano de obra familiar para el cultivo de maíz debe ser mayor o igual a 50 jornales por ha; para la siembra 5 jornales, la deshierba 10 jornales, el aporque 10 jornales, los controles fitosanitarios 3 jornales, la aplicación de fertilizantes 3 jornales y para la cosecha, desgrane y secado 19 jornales.

- **Para el cultivo de fréjol voluble**

$$X_8 \leq 1,48$$

Las hectáreas del cultivo de fréjol deben ser menores o iguales a 1,48 ha, y sirven como un producto de subsistencia familiar y para la venta.

$$727 X_8 \geq 32$$

La producción del cultivo de fréjol de 727 kg/ha debe ser mayor o igual a 32 kg, que es la cantidad para autoconsumo.

$$X_9 \geq 32$$

Los kg de fréjol para autoconsumo de la familia de cinco miembros deben ser mayores o iguales a 32 kg, una persona consume 0,027 kg al día.

$$X_{10} - 50 X_8 \geq 0$$

Los kg de semilla de cultivo de fréjol deben ser mayores o iguales a 50 kg por ha.

$$X_{11} - 90,9 X_8 \geq 0$$

Los kg de fertilizante para el cultivo de fréjol deben ser mayores o iguales a 90,9 kg por ha.

$$X_{12} - 7 X_8 \geq 0$$

Los kg de fungicidas para el cultivo de fréjol deben ser mayores o iguales a 7 kg por ha en tres aplicaciones; la primera aplicación al 80% de emergencia de las plantas y las siguientes pasando 15 o 21 días dependiendo de la incidencia de las enfermedades (2.3 kg/ha por aplicación).

$$X_{13} - 3 X_8 \geq 0$$

Los kg de insecticidas para el cultivo de fréjol deben ser mayores o iguales a 3 kg por ha en tres aplicaciones, que las hacen en conjunto con los fungicidas y fertilizante foliar (1 kg/ha por aplicación).

$$X_{14} - 8 X_8 \geq 0$$

Las horas de la yunta para labores de labranza en el cultivo de fréjol deben ser mayores o iguales a 8 horas/ha en labranza reducida.

$$X_{15} - 45 X_8 \geq 0$$

La mano de obra familiar para el cultivo de fréjol debe ser mayor o igual a 45 jornales por ha. Para la siembra 11 jornales, la deshierba 10 jornales, los controles fitosanitarios 4 jornales y para la cosecha, trilla y aventado 20 jornales.

- **Para producción de cerdos**

$$X_{16} \leq 4$$

El número de cerdos debe ser menor o igual a 4 cerdos por época de 240 días.

$$X_{17} \geq 50$$

El consumo de carne de cerdo por familia por época de 240 días debe ser mayor o igual a 50 kg.

$$X_{17} + X_{18} - 35 X_{16} \leq 0$$

El consumo de carne de cerdo más la venta de carne de cerdo deben ser menores o iguales a 35 kg por cerdo por época de 240 días.

$$X_{19} - 210 X_{16} \geq 0$$

El consumo de alimento por parte de los cerdos debe ser mayor o igual a 210 kg/cerdo por época de 240 días.

$$X_{20} - 4 X_{16} \geq 0$$

La mano de obra familiar para la producción de cerdos deben ser mayores o iguales a 4 jornales por cerdo por época de 240 días.

- **Para producción de cuyes**

$$X_{21} \leq 30$$

El número de cuyes debe ser menor o igual a 30 cuyes por época de 240 días.

$$X_{22} \geq 10$$

El consumo de carne de cuy (cobayo) por familia por época de 240 días debe ser mayor o igual a 10 kg.

$$X_{22} + X_{23} - 0,5 X_{21} \leq 0$$

El consumo de carne de cuy más la venta de carne de cuy deben ser menores o iguales a 0,5 kg por cuy por época de 240 días.

$$X_{24} - 5 X_{21} \geq 0$$

El consumo de alimento por parte de los cuyes debe ser mayor o igual a 5 kg/cuy por época de 240 días.

$$X_{25} - 0,5 X_{21} \geq 0$$

La mano de obra familiar para la producción de cuyes debe ser mayor o igual a 0,5 jornales por cuy por época de 240 días.

#### **3.4.5. Constricciones generales**

$$X1 + X8 \leq 4,48$$

Las hectáreas de maíz más las hectáreas de fréjol deben ser menores o iguales a 4,48 ha.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. RESULTADOS DE LA TIPIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA

#### 4.1.1. Estadísticas descriptivas de las variables que tipifican los hogares

En el Cuadro 6, se muestra las estadísticas descriptivas de las 13 variables que se tomaron en consideración para el análisis multivariado. También se muestra el porcentaje reportado por los agricultores y sus familias respecto de sus respuestas a si poseen recursos o perciben ingresos por los servicios brindados, definidos como variables en estudio.

**Cuadro 6. Estadísticas descriptivas de las variables consideradas para la tipificación de los hogares de la Microcuenca del río Illangama, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador - 2008.**

| <b>Variables en estudio</b>  | <b>Promedio</b> | <b>Desviación</b> |
|--|-----------------|-------------------|
| Superficie total de la propiedad en hectáreas                        | 3,40            | 3,75              |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 0,48            | 0,21              |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a papa                   | 0,85            | 0,24              |
| Producción de papa en kilogramos por hectárea                        | 8.295           | 1.750             |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos mejorados        | 0,42            | 0,18              |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 0,47            | 0,22              |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 2.077           | 1.921             |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 545             | 385               |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 1.229           | 1.640             |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 522             | 291               |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 957             | 751               |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 563             | 362               |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 180             | 0                 |

Fuente: INIAP-SANREMCERSP, 2006.

#### 4.1.2. Definición de los grupos de hogares

Con el análisis de clúster se determinaron cuatro grupos en la microcuenca del río Illangama, distribuidos de la siguiente manera: Grupo 1, 37% de los hogares;

Grupo 2, 38% de los hogares; Grupo 3, 9% de los hogares; y Grupo 4, 16% de los hogares (ver Anexo 4). Para la denominación específica de los grupos de hogares se tomaron en consideración variables económicas, relacionadas con el ingreso, el cual procede de diferentes fuentes y no se presenta en todos los hogares Cuadro 7.

- Grupo 1: Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca.
- Grupo 2: Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.
- Grupo 3: Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por negocios propios.
- Grupo 4: Dependiente de la agricultura, ingresos por ayuda social e ingresos por migración.

**Cuadro 7. Porcentaje reportado por los hogares en la definición de los cuatro grupos de hogares para la microcuenca del río Illangama, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador 2008.**

| Variables en estudio   | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 100     | 100     | 100     | 100     |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 81      | 98      | 100     | 53      |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 21      | 18      | 36      | 21      |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 30      | 5       | 9       | 16      |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 49      | 66      | 18      | 42      |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 5       | 5       | 0       | 26      |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 0       | 0       | 0       | 84      |

Fuente: INIAP-SANREMCSP, 2006.

Para definir al Grupo 1 como *dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca* tal como se muestra en el Cuadro 5, nos basamos en el hecho de que el 100% de los hogares reciben ingresos por la producción agrícola, referida principalmente al cultivo de papa, el 81% reciben ingresos por la venta de productos pecuarios principalmente de queso y en menor proporción de la venta de leche y animales menores, y el 30% recibe ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca. Estos porcentajes representan los valores más altos de las variables consideradas en este grupo y la mejor contribución de los porcentajes de cada variable entre grupos.

En el Cuadro 8, se puede apreciar los promedios de las variables que tipifican los hogares de la microcuenca del río Illangama.

**Cuadro 8. Promedio de variables de los cuatro grupos de hogares reportados para la microcuenca del río Illangama, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador- 2008.**

| Variables en estudio   | Promedio       |                |               |                |
|--|----------------|----------------|---------------|----------------|
|  | Grupo 1<br>37% | Grupo 2<br>38% | Grupo 3<br>9% | Grupo 4<br>16% |
| Total de miembros de la familia                                      | 5              | 6              | 7             | 6              |
| Sexo del responsable del hogar (% hombres)                           | 93             | 89             | 91            | 74             |
| Sexo del responsable del hogar (% mujeres)                           | 7              | 11             | 9             | 26             |
| Edad del responsable del hogar                                       | 43             | 41             | 48            | 46             |
| Posee nivel educativo el responsable del hogar (%)                   | 74             | 68             | 73            | 53             |
| Años de aprobación de estudio  | 3,87           | 4,65           | 3,71          | 3,78           |
| Poseen tierra propia (%)   | 86             | 100            | 100           | 90             |
| Superficie total de la propiedad en Ha                               | 3,36           | 2,33           | 10,08         | 2,10           |
| Superficie dedicada a los cultivos en Ha                             | 1,08           | 1,04           | 3,98          | 0,94           |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 0,42           | 0,53           | 0,45          | 0,53           |
| Superficie de papa que posee en Ha                                   | 0,63           | 0,99           | 3,27          | 0,88           |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a papa                   | 0,70           | 0,97           | 0,83          | 0,96           |
| Producción de papa en kilogramos por superficie                      | 5.733          | 8.126          | 23.175        | 6.748          |
| Producción de papa en kilogramos por Ha                              | 8.964          | 8.084          | 7.580         | 7.681          |
| Superficie dedicada a pasturas mejoradas en Ha                       | 1,24           | 1,09           | 4,76          | 0,76           |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos mejorados        | 0,38           | 0,44           | 0,43          | 0,39           |
| Superficie dedicada a pastos naturales en Ha                         | 2,27           | 1,54           | 2,77          | 1,65           |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 0,53           | 0,35           | 0,24          | 0,53           |
| Número de animales bovinos   | 7              | 8              | 9             | 4              |
| Producción de leche en kilogramos por día                            | 16             | 21             | 18            | 13             |
| Producción de quesos en kilogramos por año                           | 472            | 614            | 537           | 429            |
| Porcentaje de mujeres del total de jornales                          | 0,33           | 0,32           | 0,32          | 0,33           |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 1.462          | 1.814          | 6.419         | 1.563          |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 453            | 642            | 667           | 309            |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 532            | 979            | 4050          | 477            |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 627            | 240            | 240           | 347            |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 980            | 974            | 3.000         | 466            |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 275            | 220            | 0             | 819            |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 0              | 0              | 0             | 360            |
| Ingresos brutos por familia en dólares por año                       | 2.627          | 3.256          | 9.126         | 2.434          |
| Disponen de agua para riego (%)                                      | 35             | 50             | 36            | 21             |
| Utilizan gas (%)   | 74             | 73             | 82            | 84             |
| Suelos de buena calidad (%)  | 58             | 59             | 46            | 63             |
| Suelos erosionados (%)   | 54             | 46             | 73            | 21             |
| Poseen árboles nativos (%)   | 67             | 48             | 27            | 79             |
| Manejan sus recursos naturales (%)                                   | 2              | 5              | 0             | 0              |
| Poseen problemas ambientales (%)                                     | 84             | 86             | 82            | 95             |
| Se han capacitado (%)  | 37             | 46             | 36            | 42             |
| Poseen organizaciones locales (%)                                    | 100            | 96             | 100           | 95             |

Fuente: INIAP-SANREMCRSP, 2006.



#### 4.1.3. Confiabilidad de la diferencia entre grupos para cada variable en estudio

En el Cuadro 9, se muestran los Análisis de Varianza (ADEVA) de las 14 variables que se seleccionaron para definir los grupos de hogares de la microcuenca, con los cuales se determinaron, a través de una prueba de *F estadística*, que existen diferencias estadísticas al nivel del 1% y 5% de probabilidad, entre las medias aritméticas de los cuatro tipos de hogares establecidos; es decir, cada grupo de hogares es independiente y presenta sus propias características.

**Cuadro. 9. Análisis de varianza de las variables que definen los modelos de hogares de la microcuenca del río Illangama, localizada en la subcuenca del río Chimbo- Ecuador, 2008.**

| Variables en estudio   | Fc.   | Sig. |
|--|-------|------|
| Agricultores que poseen tierra                                       | 2,71  | *    |
| Superficie total de la propiedad en hectáreas                        | 20,40 | **   |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 2,26  |      |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a papa                   | 14,18 | **   |
| Producción de papa en kilogramos por hectárea                        | 3,98  | **   |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos mejorados        | 8,83  | **   |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 14,18 | **   |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 44,48 | **   |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 9,20  | **   |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 8,83  | **   |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 5,73  | **   |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 1,54  |      |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 8,32  | **   |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 88,16 | **   |

Fuente: INIAP-SANREMCERSP, 2008.

Fc.= F calculado; Sig.= Significación: \*= Significación al 5%, \*\*= Significación al 1%.

#### **4.1.4. Descripción de los grupos establecidos**

##### **4.1.4.1 Grupo 1: Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca**

Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia un promedio de 5 personas. En este grupo se prioriza la participación del hombre como responsable del manejo del hogar (93%), mismo que posee un nivel educativo de 3,87 años de estudio en promedio. La edad promedio del responsable del hogar es de 43 años. Un buen porcentaje de los hogares de este grupo (74%) utilizan el gas como fuente de energía, principalmente para cocinar sus alimentos. En la microcuenca del Illangama, este grupo reporta un porcentaje relativamente bajo en haber recibido capacitación (37%) y la totalidad de los responsables de los hogares pertenecen al menos a una de las organizaciones sociales locales existentes.

En la microcuenca del Illangama, este grupo de hogares es el que reporta menos porcentaje de tierras propias (86%), localizadas en las zonas donde se asienta la población y las zonas de páramo, con un promedio de superficie por finca de 3,36 ha que representa uno de los más bajos en la microcuenca, y que está dedicada principalmente al cultivo de papa y a los pastos naturales y mejorados, así como también a cultivos de subsistencia en pequeña escala como arveja, cebada, melloco, trigo, haba, chocho, quinua, entre otros. Un bajo porcentaje del grupo dispone de agua para riego (35%), lo cual imposibilita a la mayoría de productores su aprovechamiento en la producción de los cultivos de papa y pasto. En este grupo los jornaleros contratados se utilizan principalmente para el cultivo de papa, dejando las labores pecuarias para los jornales que proporciona la misma familia. El porcentaje de jornales proporcionado por las mujeres es relativamente representativo (0,33) y se destinan principalmente a la ganadería y actividades puntuales del cultivo de papa como la siembra y cosecha.

Este grupo alcanza ingresos relativamente bajos, cuyo promedio es de \$ 2.627 dólares por año y dependen principalmente de los ingresos proporcionados por la agricultura (\$ 1.462 dólares por año), la ganadería (\$ 453 dólares por año) y el trabajo agrícola fuera de la finca (\$ 627 dólares por año), donde sobresalen actividades como motosierrista, jornalero agrícola e intercambio de mano de obra. Ellos poseen, en promedio 7 cabezas de ganado pero no les proporcionan una fuente aceptable de ingresos, referidos principalmente a la venta de queso tierno que lo procesan con tecnología tradicional, y en muy poca escala a la venta de la leche que no es una práctica tradicional, como normalmente ocurre en otras zonas de producción de leche de la zona andina; sin embargo, la producción de leche transformada a quesos les proporciona a los hogares una fuente constante de ingresos a través del año.

Según los responsables de los hogares que pertenecen a este grupo (58%), los suelos que poseen son de buena calidad, pero ya comienzan a tener problemas referidos a la erosión (54%). Los hogares de este grupo se preocupan por disponer de árboles nativos (67%), mismos que posteriormente son utilizados como fuente de energía así como también para la venta, por la cual reciben pequeños recursos económicos. En este grupo, no se reporta ningún indicio del establecimiento de Buenas Prácticas de manejo de sus recursos naturales que les permita mantener estables estos recursos. Un alto porcentaje de los hogares (84%) reporta tener problemas ambientales, relacionados con la deforestación de los bosques y el cambio climático producido, mismo que afecta la producción agrícola y pecuaria de sus sistemas de producción a la cantidad y calidad de agua.

#### **4.1.4.2. Grupo 2: Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario**

En este grupo el número de miembros por familia es de 6 personas y la participación del hombre como responsable del manejo del hogar es del 89%. El nivel educativo de los responsables del hogar es el más alto de la microcuenca con 4,65 años de estudio en promedio y su edad promedio es de 41 años considerada

la edad más baja entre los grupos. Casi la totalidad de los hogares (73%) utilizan el gas como fuente de energía para cocinar sus alimentos. En la microcuenca del Illangama, este grupo es el que más ha recibido y se ha preocupado por recibir capacitación (46%) y no todos los responsables del hogar pertenecen a una o varias organizaciones sociales locales existentes en la microcuenca.

Todos los hogares de este grupo poseen tierras propias, cuya superficie promedio de la finca es de 2,33 ha y su mayor porcentaje (0,53) está dedicado a la producción de cultivos, entre los que sobresale principalmente el cultivo de papa al cual se dedica el mayor porcentaje de la superficie cultivada (0,99). Se debe destacar en este grupo que el porcentaje de la superficie total dedicada a los pastos mejorados es bastante aceptable (0,44) y estaría dando lugar a propiciar el desarrollo de la ganadería de leche, principalmente. La mitad de los hogares de este grupo dispone de agua para riego (50%), lo cual posiblemente estaría permitiendo un mejor aprovechamiento en la producción del cultivo de papa y el manejo de las pasturas mejoradas que disponen. En lo que se refiere a la producción de leche y quesos, este grupo muestra ser el más eficiente en relación a la producción de leche, a pesar que el número de animales bovinos que posee (8 cabezas) es menor en comparación al grupo 3. Al igual de lo que acontece en el grupo 1, los jornaleros contratados se utilizan principalmente para el cultivo de papa, dejando las labores pecuarias para los jornales que proporciona la misma familia. El porcentaje de jornales proporcionado por las mujeres es relativamente representativo (0,32) y se destinan principalmente a la ganadería y actividades puntuales del cultivo de papa como la siembra y cosecha.

En este grupo se localizan los hogares que alcanzan un ingreso promedio de \$ 3.256 dólares por año, y dependen principalmente de los ingresos que les proporciona actividades como la agricultura (\$ 1.814 dólares por año), la ganadería (\$ 642 dólares por año) y el trabajo fuera de la finca con salario (\$ 974 dólares por año), donde sobresalen actividades como cocinera, chofer, carpintero, músico, lavandera, empleada doméstica, médico, albañil, y empleado a contrato y fijo, principalmente. Como se mencionó anteriormente, los ingresos por

agricultura provienen principalmente del cultivo de la papa y los ingresos por ganadería están asociados al número de animales bovinos que poseen, que en término promedio asciende a 8 cabezas de ganado, lo cual les proporciona una fuente aceptable de ingresos, referidos principalmente a la venta de queso tierno que lo procesan con tecnología tradicional, principalmente.

Un buen porcentaje de los responsables de los hogares de este grupo (59%) reportaron poseer suelos de buena calidad y observan serios problemas referidos a la erosión de los mismos (46%), lo cual posiblemente podría ser una de las causas para no obtener mejores producciones a las obtenidas actualmente en los cultivos como la papa y los pastos. Un bajo porcentaje de los hogares de este grupo (48%) poseen árboles nativos, mismos que los utilizan como leña y para la venta, principalmente. De forma similar a lo que ocurre en el grupo 1 y como observaremos en los otros grupos definidos para la microcuenca, es preocupante observar que solamente el 5% de ellos realizan prácticas que propician el manejo de los recursos naturales. Lo anterior es concordante con la apreciación del 86% de los jefes de familia que manifiestan tener problemas ambientales, relacionados principalmente con la deforestación de los bosques el cambio climático producido y la reducción en cantidad y calidad del agua.

#### **4.1.4.3. Grupo 3: Dependiente de la agricultura, ganadería e ingresos por negocios propios**

En este grupo el número de miembros por familia es de 7 personas, en donde se observa la participación del hombre como responsable del manejo del hogar en el 91% de los casos. El nivel educativo de los responsables del hogar sólo reporta 3,71 años de estudio en promedio. La edad del responsable del hogar en promedio es de 48 años. El 82% de las familias utilizan el gas como fuente de energía para cocinar sus alimentos. Este grupo reporta un porcentaje relativamente bajo en la capacitación (36%) y todos los responsables del hogar pertenecen a una o varias organizaciones sociales.

Todos los hogares de este grupo poseen tierras propias (100%), cuya superficie promedio de la finca es la más grande de la microcuenca alta (10,08 ha), dedicadas principalmente al cultivo de la papa y a los pastos mejorados y naturales. Un bajo porcentaje del grupo dispone de agua para riego 36%, lo cual no les permitiría optimizar el uso de la tierra y disponer de buenas producciones tanto en los cultivos como la ganadería. Ellos poseen, en término promedio, 9 cabezas de ganado que proporcionan una fuente aceptable de ingresos. En este grupo se utilizan los jornales para las labores agropecuarias, principalmente para el cultivo de papa y en menos proporción en el manejo de la ganadería de leche. El porcentaje de jornales proporcionado por las mujeres es igual que el segundo grupo (0,32%) y se destinan principalmente a la ganadería y actividades del cultivo de papa como la siembra y cosecha.

Este grupo tiene el ingreso más alto de la microcuenca, alcanzando en promedio \$ 9.126 dólares por año, que está muy por arriba del promedio general para la microcuenca. Los miembros de este grupo son ampliamente dependientes de los ingresos que les genera las actividades de la agricultura (\$ 6.419 por año), principalmente por la producción de papa y la producción de pastos, tanto naturales como mejorados que sirven de alimento para la ganadería de bovinos. También son relevantes en este grupo los ingresos por las actividades comerciales o negocios propios (\$ 4.050 dólares por año) en donde sobresalen artesanías, abarrotos, productos agropecuarios, bazar, molino, alquiler vehículos, préstamos, entre otros. Los ingresos por las actividades de ganadería están en el nivel de los \$ 667 dólares por año.

Según los responsables de los hogares que pertenecen a este grupo, los suelos que poseen son de buena calidad y reportan problemas referidos a la erosión de esos suelos. Los hogares de este grupo poseen un bajo porcentaje de árboles nativos (27%) y los utilizan como leña y para la venta, y ninguno de ellos realiza prácticas de manejo de sus recursos naturales que les permita mantener estables estos recursos. También reportan tener problemas ambientales, relacionados

principalmente con la deforestación de los bosques y el cambio climático producido, la reducción de la cantidad y calidad del agua.

#### **4.1.4.4. Grupo 4: Dependiente de la agricultura, ingresos por ayuda social e ingresos por migración**

Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia a un promedio de 6 personas y la participación del hombre como responsable del hogar es de (74%), mismo que posee un nivel educativo de 3,78 años de estudio en promedio, y que representa uno de los más bajos de la microcuenca. La edad promedio del responsable del hogar es de 46 años. Un buen porcentaje de los hogares de este grupo (84%) utilizan el gas como fuente de energía, principalmente para cocinar sus alimentos. En la microcuenca del Illangama, este grupo es el que ha recibido y se ha preocupado por recibir capacitación (42%) y la mayoría de los responsables de los hogares pertenecen al menos a una de las organizaciones sociales locales existentes (95%). La mayoría de los hogares de este grupo poseen tierras propias (90%), localizadas en las zonas donde se asienta la población y las zonas de páramo, con un promedio de superficie por finca de 2,10 ha que representa uno de los más bajos en la microcuenca del Illangama, y que está dedicada principalmente al cultivo de papa y a los pastos naturales y mejorados. La disponibilidad del agua de riego está limitada solamente a un 21% de los hogares lo cual estaría representando una seria limitante para impulsar la agricultura y la ganadería.

Ellos poseen, en término promedio 4 cabezas de ganado, mismas que proporcionan un bajo ingreso, referidos principalmente a la venta de queso tierno que lo procesan con tecnología tradicional, y en muy poca escala a la venta de la leche que no es una práctica tradicional, como normalmente ocurre en otras zonas de producción de leche de la zona andina. El ganado representa una porción relativamente baja de ingreso. En este grupo los jornaleros contratados se utilizan principalmente para el cultivo de papa, dejando las labores pecuarias para los jornales que proporciona la misma familia. El porcentaje de jornales

proporcionado por las mujeres es igual que el segundo y tercer grupo (0,33%) y se destinan principalmente a la ganadería y actividades del cultivo de papa como la siembra y cosecha.

Este grupo alcanza ingresos relativamente bajos, cuyo promedio es de \$ 2.434 dólares por año y dependen principalmente de los ingresos que les proporciona la agricultura con \$ 1563 dólares por año, la ayuda social del Gobierno Ecuatoriano como Bono de Desarrollo Social (\$ 360 dólares por año) y a los ingresos producto de la migración estacional a Quito y otras ciudades andinas (\$ 819 dólares por año), principalmente. Los responsables de estos hogares revierten los ingresos de la migración para producir papas y otros cultivos menores como arveja, cebada, melloco, trigo, haba, chocho y quinua.

Según la mayoría de los responsables de los hogares que pertenecen a este grupo (63%), los suelos que poseen son de buena calidad, pero ya comienzan a tener problemas referidos a la erosión (21%). Los hogares de este grupo se preocupan por disponer de árboles nativos (79%), mismos que posteriormente son utilizados como fuente de energía así como también para la venta, por la cual reciben pequeños recursos económicos. En este grupo, no se reporta ningún indicio del establecimiento de prácticas de manejo de sus recursos naturales que les permita mantener estables estos recursos. Un alto porcentaje de los hogares (95%) reporta tener problemas ambientales, relacionados principalmente con la deforestación de los bosques y el cambio climático producido, mismo que afecta la producción agrícola y pecuaria de sus sistemas de producción así como la reducción de la cantidad y calidad del agua.

## **4.2. RESULTADOS DE LA TIPIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE**

### **4.2.1. Estadísticas descriptivas de las variables que tipifican los hogares**

En el Cuadro 10, se muestra las estadísticas descriptivas de las 14 variables que se tomaron en consideración para el análisis multivariado. También se muestra el



porcentaje reportado por los agricultores y sus familias respecto de sus respuestas a si poseen recursos o perciben ingresos por los servicios brindados, definidos como variables en estudio.

**Cuadro 10. Estadísticas descriptivas de las variables consideradas para la tipificación de los hogares de la Microcuenca del río Alumbre, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador - 2008.**

| <b>Variables en estudio</b>  | <b>Promedio</b> | <b>Desviación</b> |
|--|-----------------|-------------------|
| Superficie total de la propiedad en hectáreas                        | 5,76            | 8,07              |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 0,78            | 0,28              |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a maíz blanco            | 0,75            | 0,30              |
| Producción de maíz blanco en kilogramos por hectárea                 | 438             | 149               |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a fréjol                  | 0,52            | 0,34              |
| Producción de fréjol en kilogramos por hectárea                      | 402             | 194               |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 0,46            | 0,22              |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 1.262           | 2.634             |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 368             | 392               |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 1.299           | 1.207             |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 508             | 331               |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 1.425           | 2.119             |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 994             | 847               |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 180             | 0                 |

Fuente: INIAP-SANREMCRSP, 2006.

#### **4.2.2. Definición de los grupos de hogares**

Con el análisis de clúster se determinaron tres grupos en la microcuenca del río Alumbre, distribuidos de la siguiente manera: Grupo 1, 40% de los hogares; Grupo 2, 35% de los hogares; y Grupo 3, 25% de los hogares (ver Anexo 5). Como aconteció para la denominación específica de los grupos de hogares de la microcuenca del río Illangama, se tomaron en consideración variables económicas, relacionadas principalmente con el ingreso, el cual procede de diferentes fuentes y no se presenta en todos los hogares Cuadro 11.

Los grupos definidos para la microcuenca del río Alumbre son los siguientes:

- Grupo 1: Dependiente de la agricultura, ganadería, ingresos por negocios propios e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.
- Grupo 2: Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por ayuda social.

- Grupo 3: Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por migración.

**Cuadro 11. Porcentaje reportado por los hogares en la definición de los tres grupos de hogares para la Microcuenca del río Alumbre, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador - 2008.**

| VARIABLES EN ESTUDIO   | GRUPO 1 | GRUPO 2 | GRUPO 3 |
|--|---------|---------|---------|
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 100     | 100     | 100     |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 52      | 30      | 40      |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 28      | 18      | 10      |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 30      | 73      | 55      |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 54      | 28      | 36      |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 25      | 18      | 29      |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 0       | 12      | 0       |

Fuente: INIAP-SANREMCSP, 2006.

Para definir al Grupo 1 como *dependiente de la agricultura, ganadería, ingresos por negocios propios e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario* tal como se muestra en el Cuadro 11, nos basamos en el hecho de que el 100% de los hogares reciben ingresos por la producción agrícola, referida principalmente al cultivo de maíz en asociación con fréjol y fréjol arbustivo, el 54% reciben ingresos por trabajo fuera de la finca con salario, el 52% reciben ingresos por la venta de productos pecuarios donde esta el queso y en menor proporción de la venta de leche y animales menores, y el 28% recibe ingresos por negocios propios. Estos porcentajes representan los valores más altos de las variables consideradas en eses grupo y la mejor contribución de los porcentajes de cada variable entre grupos de la microcuenca del río Alumbre.

En el Cuadro 12, se puede apreciar los promedios de las variables que tipifican los hogares de la microcuenca del río Alumbre.

**Cuadro 12. Promedio de variables de los tres grupos de hogares reportados para la Microcuenca del río Alumbre, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador- 2008.**

| <b>VARIABLES EN ESTUDIO</b>  | <b>GRUPO 1<br/>40%</b> | <b>GRUPO 2<br/>35%</b> | <b>GRUPO 3<br/>25%</b> |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Etnia mestizos (%)   | 64                     | 63                     | 69                     |
| Etnia indígenas (%)  | 36                     | 37                     | 31                     |
| Total de miembros de la familia                                      | 5                      | 5                      | 4                      |
| Sexo del responsable del hogar (% hombres)                           | 90                     | 78                     | 79                     |
| Sexo del responsable del hogar (% mujeres)                           | 10                     | 22                     | 21                     |
| Edad del responsable del hogar                                       | 52                     | 55                     | 61                     |
| Posee nivel educativo el responsable del hogar (%)                   | 79                     | 68                     | 71                     |
| Años de aprobación de estudio  | 4,72                   | 4,56                   | 4,62                   |
| Poseen tierra propia (%)   | 91                     | 62                     | 93                     |
| Superficie total de la propiedad en Ha                               | 8,32                   | 2,30                   | 6,63                   |
| Superficie dedicada a los cultivos en Ha                             | 5,22                   | 2,13                   | 2,70                   |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 0,80                   | 0,97                   | 0,47                   |
| Superficie de maíz blanco que posee en Ha                            | 2,34                   | 1,61                   | 1,92                   |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a maíz blanco            | 0,48                   | 0,83                   | 0,78                   |
| Producción de maíz blanco en kilogramos por superficie               | 920                    | 631                    | 829                    |
| Producción de maíz blanco en kilogramos por hectárea                 | 400                    | 431                    | 466                    |
| Superficie de fréjol que posee en Ha                                 | 2,32                   | 0,84                   | 2,70                   |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a fréjol                 | 0,58                   | 0,24                   | 0,40                   |
| Producción de fréjol en kilogramos por superficie                    | 1.055                  | 211                    | 379                    |
| Producción de fréjol en kilogramos por hectárea                      | 447                    | 263                    | 183                    |
| Superficie dedicada a pastos naturales en Ha                         | 5,46                   | 1,68                   | 4,00                   |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 0,38                   | 0,39                   | 0,53                   |
| Número de animales bovinos   | 7                      | 4                      | 5                      |
| Producción de leche en kilogramos por día                            | 9,4                    | 7,2                    | 6,7                    |
| Porcentaje de mujeres del total de jornales                          | 0,29                   | 0,26                   | 0,24                   |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 2.493                  | 331                    | 628                    |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 490                    | 241                    | 251                    |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 1.526                  | 1.224                  | 420                    |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 389                    | 574                    | 483                    |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 1.707                  | 522                    | 1.773                  |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 1.509                  | 596                    | 628                    |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 0                      | 360                    | 0                      |
| Ingresos brutos por familia en dólares por año                       | 4.598                  | 1.327                  | 1.847                  |
| Disponen de agua para riego (%)                                      | 12                     | 7                      | 10                     |
| Utilizan gas (%)   | 18                     | 28                     | 24                     |
| Suelos de buena calidad (%)  | 48                     | 42                     | 45                     |
| Suelos erosionados (%)   | 69                     | 85                     | 64                     |
| Poseen árboles nativos (%)   | 70                     | 65                     | 76                     |
| Manejan sus recursos naturales (%)                                   | 3                      | 15                     | 7                      |
| Poseen problemas ambientales (%)                                     | 81                     | 73                     | 60                     |
| Se han capacitado (%)  | 9                      | 5                      | 10                     |
| Poseen organizaciones locales (%)                                    | 27                     | 30                     | 19                     |
| Suelos de buena calidad (%)  | 48                     | 42                     | 45                     |
| Suelos erosionados (%)   | 69                     | 85                     | 64                     |
| Poseen árboles nativos (%)   | 70                     | 65                     | 76                     |
| Manejan sus recursos naturales (%)                                   | 3                      | 15                     | 7                      |
| Poseen problemas ambientales (%)                                     | 81                     | 73                     | 60                     |
| Se han capacitado (%)  | 9                      | 5                      | 10                     |
| Poseen organizaciones locales (%)                                    | 27                     | 30                     | 19                     |

Fuente: INIAP-SANREMCRSP, 2006.

### 4.2.3. Confiabilidad de la diferencia entre grupos para cada variable en estudio

En el Cuadro 13, se muestra los Análisis de Varianza (ADEVA) de las 15 variables que se seleccionaron para definir los modelos de hogares. Con estos análisis, se muestra a través de una prueba de *F estadística*, que existen diferencias entre las medias aritméticas de los tres clúster establecidos para la microcuenca del río Alumbre; es decir, cada grupo o modelo de hogar es independiente entre ellos y tiene sus propias características.

**Cuadro. 13. Análisis de varianza de las variables que definen los modelos de hogares de la microcuenca del río Alumbre, localizada en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador - 2008.**

| Variables en estudio   | Fc.    | Sig. |
|--|--------|------|
| Agricultores que poseen tierra                                       | 12,98  | **   |
| Superficie total de la propiedad en hectáreas                        | 10,15  | **   |
| Porcentaje de superficie dedicada a los cultivos                     | 76,96  | **   |
| Porcentaje de superficie cultivada dedicada a maíz blanco            | 100,96 | **   |
| Producción de maíz blanco en kilogramos por hectárea                 | 63,04  | **   |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a fréjol                  | 15,27  | **   |
| Producción de fréjol en kilogramos por hectárea                      | 18,52  | **   |
| Porcentaje de la superficie total dedicada a pastos naturales        | 78,90  | **   |
| Ingreso agrícola en dólares por año                                  | 14,20  | **   |
| Ingreso pecuario en dólares por año                                  | 6,72   | **   |
| Ingreso por negocios propios en dólares por año                      | 3,80   | *    |
| Ingreso por trabajo agrícola fuera de la finca en dólares por año    | 14,12  | **   |
| Ingreso por trabajo fuera de la finca con salario en dólares por año | 4,31   | *    |
| Ingreso por migración en dólares por año                             | 3,79   | *    |
| Ingreso por ayuda social en dólares por año                          | 7,07   | **   |

Fuente: INIAP-SANREMCRSP, 2008.

Fc.= F calculado; Sig.= Significación: \*= Significación al 5%, \*\*= Significación al 1%.

#### **4.2.4. Descripción de los grupos establecidos**

##### **4.2.4.1. Grupo 1: Dependiente de la agricultura, ganadería, ingresos por negocios propios e ingresos por trabajo fuera de la finca con salario.**

En este grupo la etnia denominada mestizos representa el mayor porcentaje (64%) en comparación de la etnia de los indígenas. El número de miembros por familia es de 5 personas y la participación del hombre como responsable del manejo del hogar es del (90%). Del 79% de los responsables de hogar que poseen nivel educativo, este tiene un promedio de 4,72 años de estudio y su edad promedio es de 52 años. Solamente el 18% de los hogares utilizan el gas como fuente de energía para cocinar sus alimentos. En este grupo se reporta un porcentaje de responsables de los hogares capacitados en la microcuenca, que apenas llega a un 9%. Solamente el 27% de los responsables del hogar pertenecen al menos a una de las organizaciones sociales locales existentes en las localidades localizadas en la microcuenca, siendo notorio la falta de organización de la población.

Se aprecia que el (91%) de los hogares de este grupo poseen tierras propias, cuya superficie promedio de la finca es la más alta de la subcuenca del río Chimbo 8,32 ha, y está dedicada principalmente a los cultivos de maíz blanco y fréjol, así como también a los pastos mejorados y pastos naturales. La disponibilidad del agua de riego está concentrada solamente en un (12%) de los hogares, lo cual podría estar limitando el impulso de la agricultura, principalmente. En lo que se refiere a la producción de leche, este grupo es el más representativo de la microcuenca y está ligado con el número de animales bovinos que poseen 7 cabezas de ganado que proporcionan una fuente aceptable de ingreso, referidos principalmente a la venta de leche. Este grupo es el que utiliza el mayor número de jornales para la producción de maíz y fréjol, en comparación con los otros grupos encontrados; los jornales para la producción de leche son reducidos y provienen principalmente de la familia.

Este grupo tiene el ingreso más alto de la microcuenca, alcanzando en promedio \$ 4.598 dólares por año, que está muy por arriba del promedio general para la microcuenca. Los miembros de este grupo son ampliamente dependientes de los ingresos que les generan las actividades de la agricultura (\$ 2.463 dólares por año), principalmente por la producción de maíz y frejol. También son relevantes en este grupo los ingresos por las actividades comerciales o negocios propios (\$ 1.526 dólares por año) en donde sobresalen artesanías, abarrotos, productos agropecuarios, bazar, molino, alquiler vehículos, préstamos, entre otros, además los ingresos por actividades fuera de la finca con salario (\$ 1.707 dólares por año) en donde sobresalen actividades como cocinera, chofer, carpintero, músico, lavandera, empleada doméstica, médico, albañil, y empleado a contrato y fijo. Los ingresos por las actividades de ganadería están en el nivel de los \$ 490 dólares por año.

Un buen porcentaje de los responsables de los hogares de este grupo (48%) reportaron que posee suelos de buena calidad y que observaban serios problemas referidos a la erosión (69%), lo cual posiblemente podría ser una de las causas para las bajas producciones obtenidas en los cultivos como maíz blanco y fréjol, y los pastos mejorados. Un aceptable porcentaje de los hogares de este grupo (70%) poseen árboles nativos, mismos que los utilizan como leña y para la venta. En este grupo, solamente el 3% de los hogares realiza prácticas que propician el manejo de los recursos naturales, lo cual es preocupante. Lo anterior es concordante con la apreciación del 81% de los jefes de familia que manifiestan tener problemas ambientales, relacionados principalmente con la deforestación de los bosques y el cambio climático producido.

#### **4.2.4.2. Grupo 2: Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por ayuda social**

En términos de la etnia que representan los pobladores de los hogares de este grupo, tiene una representación casi similar a la del grupo 1, siendo los mestizos el mayor porcentaje (63%) en comparación con la etnia de los indígenas. El

promedio del número de personas por familia es de 5, que tradicionalmente se reporta para los hogares de la subcuenca del río Chimbo. En este grupo se prioriza mucho la participación de la mujer como responsable del manejo del hogar (22%). Solamente un 68% de los responsables de los hogares de este grupo poseen un cierto nivel educativo, alcanzando el más bajo promedio en relación a los años de estudio (4,56 años). La edad promedio del responsable del hogar es de 55 años. Un alto porcentaje de los hogares de este grupo (28%) utilizan el gas como fuente de energía, principalmente para cocinar sus alimentos. En este grupo, apenas el 5% de los responsables de los hogares ha recibido capacitación, lo cual es sumamente preocupante. Solamente el 30% de los responsables del hogar pertenecen al menos a una de las organizaciones sociales locales existentes en la microcuenca.

No todos los hogares de este grupo poseen tierras propias (62%), cuya superficie promedio de la finca es la más baja de la microcuenca (2,30 ha), y está dedicada principalmente a los cultivos de maíz blanco y fréjol, así como también a los pastos naturales, y cultivos de pequeña escala como arveja, cebada, trigo, y chocho, entre otros. Apenas el 7% del grupo dispone de agua para riego, lo cual posiblemente estaría limitando seriamente su aprovechamiento en la producción de los cultivos de maíz blanco y fréjol, y representa el grupo con los más bajos promedios de producción y productividad en la microcuenca. Ellos poseen, en término promedio, 4 cabezas de ganado que no es una fuente importante de ingreso, referidos principalmente a la venta de leche. En este grupo los jornaleros se utilizan principalmente para los cultivos de maíz blanco y fréjol, sin prestar mucha atención a las actividades de ganadería.

Este grupo alcanza los ingresos más bajos de la microcuenca, con un promedio de \$ 1.327 dólares por año y dependen de la agricultura principalmente (\$ 331 dólares por año). Ellos gastan mucho tiempo trabajando fuera de su finca, especialmente en actividades agrícolas (\$ 574 dólares por año) como motosierrista, jornalero agrícola e intercambio de mano de obra. Este grupo es el más sensible a los eventos de riesgo, relacionados principalmente al que se reporta

con la agricultura que es su principal ingreso, y por lo tanto tienen pocos recursos para manejar este riesgo. Además cuentan con la ayuda social del Gobierno Ecuatoriano como el Bono de Desarrollo Social (\$ 360 dólares por año).

Según los responsables de los hogares que pertenecen a este grupo (42%), los suelos que poseen son de buena calidad, pero ya comienzan a tener problemas referidos a la erosión de los suelos (85%). Los hogares de este grupo se preocupan por disponer de árboles nativos (65%), mismos que posteriormente son utilizados como fuente de energía así como también para la venta, por la cual reciben pequeños recursos económicos. En este grupo, se reportan pocas iniciativas para el establecimiento de prácticas de manejo de sus recursos naturales que les permita mantener estables estos recursos. El porcentaje de los hogares (73%) reporta tener problemas ambientales, relacionados principalmente con la deforestación de los bosques y el cambio climático producido, mismo que afecta la producción agrícola de sus sistemas de producción.

#### **4.2.4.3. Grupo 3: Dependiente de la agricultura, ingresos por trabajo agrícola fuera de la finca e ingresos por migración**

Como acontece en los grupos 1 y 2, la etnia denominada mestizos representa el mayor porcentaje (69%) en comparación de la etnia de los indígenas. Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia a un promedio de 4 personas, el cual representa el más bajo de la subcuenca del río Chimbo.

En este grupo la participación de los hombres como responsables del manejo de los hogares es 79%. Un aceptable porcentaje (71%) de los responsables de los hogares de este grupo poseen un cierto nivel educativo, alcanzando un valor promedio de la subcuenca del río Chimbo (4,62 años). La edad promedio del responsable del hogar es de 61 años, uno de los más altos de la microcuenca del río Alumbre lo cual es un indicador de un alto porcentaje de migración de los jóvenes. El 24% de las familias utilizan el gas como fuente de energía para cocinar sus alimentos. Este grupo es el que más ha recibido capacitación (10%). Y solamente el 19% de los responsables del hogar pertenecen al menos a una de las



organizaciones sociales locales existentes en la microcuenca. Estos resultados nos infieren una limitada capacitación y una débil organización de los productores/as.

Casi todos los hogares de este grupo poseen tierras propias (93%), cuya superficie promedio de la finca es superior al promedio de la microcuenca (6,63 ha), y está dedicada principalmente a los cultivos de maíz blanco, fréjol, arveja, cebada, trigo, y chocho, así como también a los pastos naturales. Un bajo porcentaje del grupo dispone de agua para riego (10%), lo cual no les permitiría optimizar el uso de la tierra y disponer de buenas producciones en los cultivos. Ellos poseen, en término promedio, 5 cabezas de ganado que proporcionan una fuente aceptable de ingreso, referidos principalmente a la venta de leche. En este grupo los jornales se utilizan para todos los cultivos, sin prestar mucha atención a las actividades de ganadería.

Este grupo alcanza ingresos relativamente aceptables en la microcuenca, representando un promedio de \$ 1.847 dólares por año y dependen de la agricultura (\$ 628 dólares por año), principalmente de los cultivos maíz blanco, fréjol, arveja, trigo y cebada. Debido al riesgo que este grupo enfrenta para mantener sus hogares, debido a que se sustenta en la agricultura los responsables de los hogares de este grupo han visto la necesidad de disponer de otras fuentes de ingresos, dando relevancia a los ingresos por actividades fuera de la finca (\$ 483 dólares por año) como motosierrista, jornalero agrícola e intercambio de mano de obra, y a la migración estacional hacia la región de la costa (\$ 628 dólares por año) para trabajar durante la cosecha de la caña, principalmente.

Según el porcentaje de los responsables de los hogares que pertenecen a este grupo (45%), los suelos que poseen son de buena calidad, y el 64% de ellos señalan tener problemas referidos a la erosión de esos suelos. Los hogares de este grupo se preocupan por disponer de árboles nativos (76%), mismos que posteriormente son utilizados como fuente de energía así como también para la venta, por la cual reciben pequeños recursos económicos. En este grupo, no existen iniciativas del establecimiento de prácticas de manejo de sus recursos

naturales que les permita mantener estables estos recursos. Un gran porcentaje de los hogares (60%) reporta tener problemas ambientales, relacionados principalmente con la deforestación de los bosques y el cambio climático, referido a la disminución de la precipitación en cantidad y distribución, así como un rango más amplio de la temperatura.

### **4.3. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA**

#### **4.3.1. Optimización del sistema de producción original**

Los resultados obtenidos para el problema de programación lineal planteado en este estudio se presenta en el Cuadro 14, en donde se puede observar que la solución final es la maximización de beneficios en USD 784 durante un período de 8 meses. La maximización de beneficios del hogar se cumple, luego de que se han considerado todas las condiciones de sobrevivencia explicadas en las respectivas constricciones.

Para obtener este beneficio los hogares mantienen el componente de producción de papa que se encuentra representado por la siembra de 1,02 ha; para lo cual, utilizan 133 jornales de mano de obra, siendo en la mayoría de los casos proporcionada por medio del intercambio entre productores y de la familia. El consumo de este producto que es la base de la alimentación de los hogares de esta zona alcanza los 630 kg durante 8 meses, para una familia de seis personas como promedio.

El componente de producción de leche ocupa 2,86 ha de pasto en donde se mantienen tres vacas en producción, con las cuales la venta de la leche producida alcanza a 4.258 kg durante 8 meses. La producción de leche por vaca por lactancia de 8 meses es de 1.500 kg, con una producción promedio por vaca por día de 6,25 kg. La mano de obra utilizada en esta actividad es básicamente de la familia, alcanzando a 266 jornales por época. El consumo de leche por parte del hogar es de 375 kg durante 8 meses.

El componente de producción de cultivos para autoconsumo (haba, cebada, y chocho) está representado por la siembra de 0,57 ha, para lo cual utilizan 31 jornales,

únicamente de la mano de obra familiar. La utilización de los productos de autoconsumo es casi total, ya que solamente una mínima proporción es utilizada para la venta. En la mayoría de casos la producción de cultivos de autoconsumo alcanza sólo para la utilización del hogar, ya que se produce sólo 562 kg en una época de 8 meses.

La producción de cerdos y cuyes es utilizada básicamente para el autoconsumo, siendo esporádicas las ventas que realiza durante el tiempo que se considera en este estudio. La cantidad de carne de cerdo y cuy consumida por parte del productor y su familia haciende a 50 kg y 10 kg durante 8 meses, respectivamente.

Como se puede apreciar en el Cuadro 15, la mayor rentabilidad (precio sombra) está dada por el cultivo de papa y la producción de leche. En el caso de la producción de papa, si las condiciones fueran favorables para aumentar la superficie de este cultivo, los ingresos se incrementarían en USD 441 por cada hectárea que se incremente. Algo similar ocurriría con la producción de leche, con la cual los ingresos se incrementarían en USD 241 por cada hectárea de pasto que se aumente. Si bien el cultivo de papa presenta un incremento considerable en el máximo beneficio en comparación al máximo beneficio que se obtiene con la producción de leche, es importante tomar en consideración que el precio de venta del kg de papa en el mercado es muy variable debido a la fluctuación de la oferta y demanda. Además, el cultivo de papa ha disminuido su superficie en el transcurso del tiempo, debido a problemas fitosanitarios que en muchos de los casos no han permitido cosechar el producto final. Por lo anotado, la producción de leche ha surgido en los últimos años como una alternativa para mejorar los ingresos de los hogares de la microcuenca en estudio.

**Cuadro 14. Maximización de beneficios para el sistema de producción original en la microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2008. Solución óptima.**

| Componente del sistema  | Solución |
|---|----------|
| <b>Papa (1,02 ha)</b>   |          |
| X <sub>1</sub> = hectáreas de papa                                | 1,02     |
| X <sub>2</sub> = consumo en kg                                    | 630      |
| X <sub>3</sub> = semilla en kg                                    | 1.158,72 |
| X <sub>4</sub> = fertilización en kg                              | 334,56   |
| X <sub>5</sub> = fungicidas en kg                                 | 7,14     |
| X <sub>6</sub> = Insecticidas en kg                               | 3,1      |
| X <sub>7</sub> = Fertilización foliar en kg                       | 4,1      |
| X <sub>8</sub> = Preparación del suelo por horas                  | 8,2      |
| X <sub>9</sub> = mano de obra                                     | 133      |
| <b>Leche (2,86 ha)</b>  |          |
| X <sub>10</sub> = número de vacas                                 | 3        |
| X <sub>11</sub> = consumo de leche en kg                          | 375      |
| X <sub>12</sub> = venta de leche en kg                            | 4.258    |
| X <sub>13</sub> = nacimientos de terneros                         | 1,85     |
| X <sub>14</sub> = número de terneros que quedan                   | 0,74     |
| X <sub>15</sub> = venta de terneros                               | 0,74     |
| X <sub>16</sub> = semilla de pastos                               | 123,55   |
| X <sub>17</sub> = preparación del suelo en horas                  | 8,65     |
| X <sub>18</sub> = sal mineral en kg                               | 103,73   |
| X <sub>19</sub> = alimento suplementario en kg                    | 392,4    |
| X <sub>20</sub> = mano de obra familiar                           | 266      |
| <b>Autoconsumo (0,57 ha)</b>                                      |          |
| X <sub>21</sub> = hectáreas de cultivos autoconsumo               | 0,57     |
| X <sub>22</sub> = consumo en kg                                   | 562      |
| X <sub>23</sub> = semilla en kg por hectárea                      | 39,9     |
| X <sub>24</sub> = fertilizante en kg por hectárea                 | 80,61    |
| X <sub>25</sub> = fungicidas en kg por hectárea                   | 1,11     |
| X <sub>26</sub> = insecticidas en kg por hectárea                 | 0,78     |
| X <sub>27</sub> = preparación del suelo en horas                  | 1,78     |
| X <sub>28</sub> = mano de obra familiar                           | 31       |
| <b>Porcinos</b>   |          |
| X <sub>29</sub> = número de cerdos                                | 4        |
| X <sub>30</sub> = consumo en kg                                   | 50       |
| X <sub>31</sub> = venta en kg                                     | 70       |
| X <sub>32</sub> = alimento en kg                                  | 840      |
| X <sub>33</sub> = mano de obra familiar                           | 16       |
| <b>Cobayos</b>  |          |
| X <sub>34</sub> = número de cuyes                                 | 30       |
| X <sub>35</sub> = consumo en kg                                   | 10       |
| X <sub>36</sub> = venta en kg                                     | 5        |
| X <sub>37</sub> = alimento en kg                                  | 150      |
| X <sub>38</sub> = mano de obra familiar                           | 15       |
| <b>Maximización de Beneficios = USD 784 dólares en ocho meses</b> |          |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

La producción de los cultivos para autoconsumo y la producción de cerdos y cuyes, no contribuyen significativamente a maximizar los ingresos del productor y su familia. Estos forman parte importante de la dieta alimenticia, por lo que deben ser tomados en consideración al momento de realizar cualquier tipo de mejora en este tipo de sistema. En el caso de que el productor decidiera incrementar los cultivos de autoconsumo y la producción de cerdos, los ingresos de éste se incrementarían en USD 179 por cada hectárea adicional de cultivos de autoconsumo y USD 19 por cada cerdo adicional.

Según la solución óptima encontrada para el modelo planteado, la mano de obra familiar disponible de 500 jornales por un período de 8 meses, es suficiente para alcanzar los niveles productivos de mayor rentabilidad, ya que ésta alcanza para la producción de leche, autoconsumo, cerdos, cuyes y parte de la producción de papa.

Para la restricción relacionada con la superficie del sistema de producción se consideró un máximo de 4,5 ha, de los cuales la solución óptima reportó que el productor utiliza 1,02 ha para la producción de papa, 2,86 ha para la producción de leche y 0,57 ha para la producción de cultivos de autoconsumo. No se consideró en este estudio la superficie ocupada para la producción de cerdos y cuyes, ya que normalmente el productor los mantiene en espacios muy reducidos.

#### **4.3.1. Optimización ante nuevas condiciones creadas**

Posteriormente a la obtención de la solución óptima encontrada para el modelo que representa los procesos que practican los productores de la microcuenca del río Illangama, se procedió a realizar cambios en algunos valores de restricciones y coeficientes de beneficios para determinar los resultados de optimización ante nuevas condiciones creadas. Estas condiciones fueron las siguientes:

- Variación del precio del kilogramo de leche
- Variación del precio del kilogramo de papa
- Variación de la superficie del componente de producción de leche.

#### 4.3.1.1. Variación del precio del kilogramo de leche

Dado que la producción de leche es una alternativa viable para el productor y su familia, y debido a que el precio del kilogramo de leche en el mercado varía progresivamente, se afectó el coeficiente del precio del kilogramo de leche, tanto para la venta como para el consumo, en un rango de USD 0,26 a USD 0,30 por kilogramo de leche, siendo el coeficiente original de USD 0,28 por kg.

Los resultados obtenidos Cuadro 15, al variar el precio del kilogramo de la leche en el modelo original, indican que los máximos beneficios que puede alcanzar el productor y su familia tienen una tendencia lineal; es decir, a medida que se incrementa el precio de la leche, los beneficios también se incrementan, desde USD 707 cuando el precio de la leche es de USD 0,26 el kilogramo, hasta un beneficio de USD 862 cuando el precio de la leche se incrementa a USD 0,30 el kg. Es importante señalar que se mantienen constantes los componentes del sistema, es decir el cultivo de papa, la producción de leche, los cultivos de autoconsumo, el número de porcinos y el número de cuyes.

**Cuadro 15. Maximización de beneficios y precios sombra en el sistema de producción de pequeños productores de la microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, al variar el precio del kilogramo de leche. Soluciones óptimas.**

| Componentes del sistema            | Precio sombra en USD por ha |            |            |
|------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                                    | USD 0,26                    | USD 0,28   | USD 0,30   |
| Producción de papa                 | 441                         | 441        | 441        |
| Producción de leche                | 211                         | 241        | 271        |
| Producción de autoconsumo          | 179                         | 179        | 179        |
| <b>Beneficios (USD en 8 meses)</b> | <b>707</b>                  | <b>784</b> | <b>862</b> |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

Por otra parte, tanto en la producción de papa como en la producción de autoconsumo, los precios sombra permanecen invariables en USD 441 y USD 179, respectivamente. Contrariamente, el precio sombra de la producción de leche

presenta una tendencia lineal desde USD 211 cuando el precio es de USD 0,26 hasta USD 271 cuando el precio se incrementa a USD 0,30.

Es importante destacar que cuando el precio del kilogramo de leche baja hasta USD 0,26, el precio sombra de la producción de papa es superior en un 109% al precio sombra de la producción de leche, lo que estimularía al productor a incrementar su cultivo de papa; sin embargo, por el hecho de que la producción de papa es de alto riesgo tanto por la oferta y demanda (660% de incremento o decremento en los precios, si se establece precios entre USD 5 y USD 38, como ha sucedido en el último período) como por problemas fitosanitarios del cultivo, este incremento en comparación a los beneficios de la producción de leche, no le resultaría atractivo al productor.

Cuando el precio de la leche se establece en USD 0,28 los precios sombra de la producción de papa, leche y autoconsumo son los establecidos en el modelo original y cuando el precio del kilogramo de leche se incrementa hasta USD 0,30, el precio sombra de la producción de papa es un 63% más que el precio sombra de la producción de leche. Este incremento en la producción de papa le resultaría riesgoso, como se anotó anteriormente.

En conclusión, se puede señalar que la producción de papa es el componente que les genera mayores beneficios a los productores de la microcuenca del río Illangama, pero el riesgo de perder su patrimonio y/o recurso es alto. Entonces, se debe mantener el componente de producción de leche como uno de los más relevantes del sistema, ya que no es muy riesgoso y le genera a los productores ingresos diarios para el sustento de sus familias (caja chica de la familia).

#### **4.3.1.2. Variación del precio del kilogramo de papa**

Dado los resultados obtenidos en el modelo original, el cultivo de papa influye en gran medida sobre los beneficios obtenidos por el productor y su familia (USD 441 por ha). Sin embargo, los productores de la microcuenca del río Illangama han ido disminuyendo la superficie de siembra de la papa, por las fluctuaciones en los

precios debido a la oferta y demanda variable; por estas razones, se creyó adecuado variar el precio de la papa; es decir, se consideró que si la oferta es alta el precio del kilogramo podría bajar a USD 0,10 y si la oferta es baja el precio se podría incrementar a USD 0,14, dejando constante el precio original de USD 0,12 por kilogramo de papa.

En el Cuadro 16, se aprecia que al variar el precio del kilogramo de la papa en los valores establecidos para este análisis, el modelo determina que los máximos beneficios que puede alcanzar el productor y su familia tienen una tendencia lineal definida, es decir a medida que se incrementa el precio de la papa los beneficios se incrementan proporcionalmente. Cuando se consideró el precio de la papa en USD 0,10 el kilogramo, los diferentes procesos del sistema se mantuvieron constantes al modelo inicial; para el cultivo de papa 1,02 ha; la producción de leche 2,86 ha, los cultivos de autoconsumo 0.57 ha, el número de porcinos es de 4 y el número de cuyes es de 30. Con estos componentes el productor alcanza una maximización de beneficios de USD 650 en 8 meses. Cuando el precio del kilogramo de papa se establece entre USD 0,12 y USD 0,14, los componentes en estudio se mantuvieron constantes, y los beneficios se establecieron entre USD 784 y USD 920, respectivamente.

**Cuadro 16. Maximización de beneficios y precios sombra en el sistema de producción de pequeños productores de la microcuenca del río Illangama provincia Bolívar-Ecuador, al variar el precio del kilogramo de papa. Soluciones óptimas.**

| Componentes del sistema            | Precio sombra en USD por ha |            |            |
|------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                                    | USD 0,10                    | USD 0,12   | USD 0,14   |
| Producción de papa                 | 296                         | 411        | 586        |
| Producción de leche                | 241                         | 241        | 241        |
| Producción de autoconsumo          | 179                         | 179        | 179        |
| <b>Beneficios (USD en 8 meses)</b> | <b>650</b>                  | <b>784</b> | <b>920</b> |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.



Cuando el precio de la papa varía entre USD 0,10 y USD 0,14 el kilogramo, los precios sombra de la producción de autoconsumo y leche no varían. Para el caso de la producción de papa el precio sombra es USD 296 cuando el kilogramo de papa es USD 0,10, indicando esto que ese sería el beneficio que recibiría si aumentaría la superficie del cultivo de papa en una hectárea. Es importante resaltar que cuando sube el precio de la papa a USD 0,14 el kilogramo, el precio sombra se establece en USD 586, valor o beneficio que sería muy significativo para el productor. Si el precio de la papa se estableciera en USD 0,14 el kilogramo, el productor podría optar por incrementar la superficie del cultivo de papa; sin embargo, el sabe y siempre toma en consideración los problemas que acarrea el cultivo como tal y los mercados imperfectos que este rubro ha presentado y presenta.

Es importante resaltar que cuando el precio del kilogramo de papa se reduce a USD 0,10, el precio sombra de la producción de leche es menor en un 19% en comparación al precio sombra de la producción de papa. Esto posiblemente es lo que ha sucedido en la zona en estudio, en donde el productor ha optado por ir incrementando la producción de leche, dejando como una alternativa en la rotación de los cultivos al rubro papa, que de todas maneras les genera beneficios extras y seguridad alimentaria.

#### **4.3.1.3. Variación de la superficie del componente de producción de leche**

Los resultados del Cuadro 17, indican que al variar la restricción para superficie de producción de leche de 1 hasta 3 ha, los máximos beneficios que puede alcanzar el productor y su familia tienen una tendencia lineal, es decir a medida que se incrementa las hectáreas para leche, los beneficios marginales disminuyen en USD 68, pasando desde UUS 1052 cuando la superficie para producción de leche es 0,9 ha, hasta un beneficio de USD 984 cuando la superficie para leche es de 1,8 ha.

**Cuadro 17. Maximización de beneficios y superficie ocupada por los componentes del sistema de producción de pequeños productores de la microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, al variar la superficie para producción de leche.**

| Componentes del sistema            | Superficie para producción de leche en ha |            |            |
|------------------------------------|---|------------|------------|
|                                    | 1 ha                                      | 2 ha       | 3 ha       |
| Producción de papa (ha)            | 3,03                                      | 2,13       | 1,23       |
| Producción de leche (ha)           | 0,9                                       | 1,8        | 2,7        |
| Producción de autoconsumo (ha)     | 0,57                                      | 0,57       | 0,57       |
| <b>Beneficios (USD en 8 meses)</b> | <b>1.052</b>                              | <b>984</b> | <b>833</b> |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

En el problema planteado, cuando varía la superficie para producción de leche de 0,9 hasta 2,7 ha, la superficie de papa va disminuyendo desde 3,03 ha cuando la superficie para leche es 0,9 ha, hasta 1,23 ha de papa, cuando la restricción para la superficie de producción de leche se establece en 2,7 ha. Es importante resaltar que la producción de cultivos que sirven para el autoconsumo del productor y su familia permanecen constantes en 0,57 ha, lo que determina su importancia ante cualquier propuesta de cambio.

#### **4.3.2. Optimización del sistema original ante nuevas alternativas**

Los resultados obtenidos para el problema de programación lineal planteado en esta investigación se presenta en el Cuadro 18, donde se puede observar que la solución final es la maximización de beneficios en USD 1.387 durante ocho meses.

**Cuadro 18. Maximización de beneficios para el sistema de producción original ante nuevas alternativas, en la microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2008. Solución óptima.**

| Componentes del sistema                                     | Solución |
|---|----------|
| <b>Papa (1,02 ha)</b>                                       |          |
| X <sub>1</sub> = hectáreas de papa                          | 1,02     |
| X <sub>2</sub> = consumo en kg                              | 630      |
| X <sub>3</sub> = semilla en kg                              | 1.158,72 |
| X <sub>4</sub> = fertilización en kg                        | 555,90   |
| X <sub>5</sub> = fungicidas en kg                           | 10,71    |
| X <sub>6</sub> = Insecticidas en kg                         | 1,53     |
| X <sub>7</sub> = Fertilización foliar en kg                 | 6,12     |
| X <sub>8</sub> = Preparación del suelo por horas            | 8,16     |
| X <sub>9</sub> = mano de obra                               | 157,08   |
| <b>Leche (2,86 ha)</b>                                      |          |
| X <sub>10</sub> = número de vacas                           | 4        |
| X <sub>11</sub> = consumo de leche en kg                    | 375      |
| X <sub>12</sub> = venta de leche en kg                      | 7.312,68 |
| X <sub>13</sub> = nacimientos de terneros                   | 2,40     |
| X <sub>14</sub> = número de terneros que quedan             | 1,20     |
| X <sub>15</sub> = venta de terneros                         | 1,20     |
| X <sub>16</sub> = semilla de pastos                         | 128,13   |
| X <sub>17</sub> = preparación del suelo en horas            | 8,52     |
| X <sub>18</sub> = sal mineral en kg                         | 137,26   |
| X <sub>19</sub> = fertilización en kg                       | 776,78   |
| X <sub>20</sub> = alimento suplementario en kg              | 529,34   |
| X <sub>21</sub> = mano de obra familiar                     | 264,26   |
| <b>Autoconsumo (0,57 ha)</b>                                |          |
| X <sub>22</sub> = hectáreas de cultivos autoconsumo         | 0,57     |
| X <sub>23</sub> = consumo en kg                             | 562      |
| X <sub>24</sub> = semilla en kg por hectárea                | 39,9     |
| X <sub>25</sub> = fertilizante en kg por hectárea           | 80,61    |
| X <sub>26</sub> = fungicidas en kg por hectárea             | 1,11     |
| X <sub>27</sub> = insecticidas en kg por hectárea           | 0,78     |
| X <sub>28</sub> = preparación del suelo en horas            | 1,78     |
| X <sub>29</sub> = mano de obra familiar                     | 31       |
| <b>Porcinos</b>   |          |
| X <sub>30</sub> = número de cerdos                          | 4        |
| X <sub>31</sub> = consumo en kg                             | 50       |
| X <sub>32</sub> = venta en kg                               | 70       |
| X <sub>33</sub> = alimento en kg                            | 840      |
| X <sub>34</sub> = mano de obra familiar                     | 16       |
| <b>Cobayos</b>  |          |
| X <sub>35</sub> = número de cuyes                           | 30       |
| X <sub>36</sub> = consumo en kg                             | 10       |
| X <sub>37</sub> = venta en kg                               | 5        |
| X <sub>38</sub> = alimento en kg                            | 150      |
| X <sub>39</sub> = mano de obra familiar                     | 15       |
| <b>Maximización de Beneficios = USD 1.387 en ocho meses</b> |          |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

Para obtener este beneficio los productores de la microcuenca del río Illangama, en el componente papa, deberán utilizar 1.158 kg de semilla de calidad (con un tamaño adecuado, libre de enfermedades y seleccionada), 556 kg de fertilizante (repartidos entre la siembra y el rascadillo o medio aporque), y manejo integrado de plagas y enfermedades (a través de trampeo para el adulto de gusano blanco, trampas con plástico para los insectos, aplicación de insecticidas orgánicos, etc.; y en último caso la aplicación de productos químicos). Para la preparación del terreno deberán utilizar 4,08 horas/ha con el pase de arado y 4,08 horas/ha con el pase de rastra para que el suelo quede completamente mullido. Con todas estas alternativas, la producción subirá desde 8.347 kg/ha que actualmente producen los agricultores en la zona a 14.000 kg/ha durante el ciclo del cultivo.

El componente de producción de leche, que ocupa 2,86 ha, deberá ser optimizado a través del mejoramiento de las pasturas (45 kg/ha de semilla de pasto mejorado: Ryegrass anual 9 kg, Ryegrass bianual 14 kg, Ryegrass perenne 9 kg, pasto azul 10 kg, trébol blanco 2 kg, trébol rojo 1 kg), el manejo del hato bovino, la alimentación suplementaria, el uso de cercas eléctricas, aplicación de sal mineral, etc. Estas alternativas permitirán alcanzar una producción para la venta de leche de 7.313 kg durante ocho meses, con una producción de leche por vaca por día de 8 kg. La mano de obra utilizada en esta actividad alcanza 264 jornales por ocho meses para la siembra de los pastizales y el manejo y cuidado de animales. El consumo de leche por parte de la familia es de 375 kg durante ocho meses.

#### **4.4. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE**

##### **4.4.1. Optimización del sistema de producción original**

Los resultados obtenidos para el problema de programación lineal planteado en este estudio se presenta en el Cuadro 19, en donde se puede observar que la solución final es la maximización de beneficios en USD 626 dólares durante un período de 8 meses. La maximización de beneficios del hogar se cumple, luego de que se han

considerado todas las condiciones de sobrevivencia explicadas en las respectivas constricciones.

Para obtener este beneficio los hogares de la microcuenca del río Alumbre mantienen los componentes de producción de maíz, fréjol, cerdos y cuyes principalmente. Para la constricción relacionada con la superficie del sistema de producción se consideró un máximo de 4,48 ha, de los cuales la solución óptima reportó que el productor utiliza 1,85 ha para la producción de maíz y 1,48 ha para la producción de fréjol. No se consideró en este estudio la superficie ocupada para la producción de cerdos y cuyes, ya que normalmente el productor los mantiene en espacios muy reducidos.

El componente de producción de maíz se encuentra representado por la siembra de 1,85 ha; para lo cual, utilizan 93 jornales de mano de obra, siendo en la mayoría de los casos proporcionada por medio del intercambio entre productores y de la familia; el consumo de este producto, que es la base de la alimentación de los hogares de esta zona, alcanza los 192 kg durante 8 meses, para una familia de cinco personas como promedio. En cambio, el componente de producción de fréjol está representado por la siembra de 1,48 ha, los hogares de la zona utilizan 67 jornales de mano de obra, proporcionada de manera similar que en el cultivo del maíz, por medio del intercambio entre productores y de la familia; el consumo de este producto, que también es la base de la alimentación de los hogares de esta zona alcanza los 32 kg durante 8 meses, para una familia de cinco personas como promedio. Tanto en el cultivo de maíz como en el de fréjol, los productores utilizan fertilización química al momento de la siembra, pero en dosis mínimas, que no son las más adecuadas para estos cultivos; también realizan aplicaciones de pesticidas, que en promedio son mucho mayores para el cultivo de fréjol. La producción de cerdos y cuyes es utilizada básicamente para el autoconsumo, siendo esporádicas las ventas que realiza durante el tiempo que se considera en este estudio. La cantidad de carne de cerdo y cuy consumida por parte del productor y su familia haciende a 50 kg y 10 kg durante 8 meses, respectivamente.

Como se puede apreciar en el Cuadro 20, la mayor rentabilidad está dada por el cultivo de maíz, cuyo precio sombra señala que si las condiciones fueran favorables para aumentar la superficie de este cultivo, los ingresos de los productores y sus familias se incrementarían en USD 295 dólares por cada hectárea que se incremente en sus sistemas de producción. Algo similar ocurriría con la producción de fréjol, con la cual los ingresos se incrementarían en USD 169 dólares por cada hectárea que se aumente.

**Cuadro 19. Maximización de beneficios para el sistema de producción original en la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador, 2008. Solución óptima.**

| Componente del sistema  | Solución |
|---|----------|
| <b>Maíz (1,85 ha)</b>   |          |
| X <sub>1</sub> = hectáreas de maíz suave                          | 1,85     |
| X <sub>2</sub> = consumo en kg                                    | 192      |
| X <sub>3</sub> = semilla en kg                                    | 55,50    |
| X <sub>4</sub> = fertilización en kg                              | 168,16   |
| X <sub>5</sub> = insecticidas en kg                               | 1,85     |
| X <sub>6</sub> = preparación del suelo por horas                  | 14,80    |
| X <sub>7</sub> = mano de obra familiar                            | 93       |
| <b>Fréjol (1,48 ha)</b>   |          |
| X <sub>8</sub> = hectáreas de fréjol voluble                      | 1,48     |
| X <sub>9</sub> = consumo en kg                                    | 32       |
| X <sub>10</sub> = semilla en kg                                   | 74,00    |
| X <sub>11</sub> = fertilización en kg                             | 134,53   |
| X <sub>12</sub> = fungicidas en kg                                | 10,36    |
| X <sub>13</sub> = insecticidas en kg                              | 4,44     |
| X <sub>14</sub> = preparación del suelo por horas                 | 11,84    |
| X <sub>15</sub> = mano de obra familiar                           | 67       |
| <b>Porcinos</b>   |          |
| X <sub>16</sub> = número de cerdos                                | 4        |
| X <sub>17</sub> = consumo en kg                                   | 50       |
| X <sub>18</sub> = venta en kg                                     | 90       |
| X <sub>19</sub> = alimento en kg                                  | 840      |
| X <sub>20</sub> = mano de obra familiar                           | 16       |
| <b>Cobayos</b>  |          |
| X <sub>21</sub> = número de cuyes                                 | 30       |
| X <sub>22</sub> = consumo en kg                                   | 10       |
| X <sub>23</sub> = venta en kg                                     | 5        |
| X <sub>24</sub> = alimento en kg                                  | 150      |
| X <sub>25</sub> = mano de obra familiar                           | 15       |
| <b>Maximización de Beneficios = USD 626 dólares en ocho meses</b> |          |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

Es importante tomar en consideración que el cultivo de maíz presenta un incremento considerable en el máximo beneficio en comparación al máximo beneficio que se obtiene con la producción de fréjol, lo cual es interesante al momento de decidir el cultivo a priorizar, ya que el precio de venta del kg de fréjol en el mercado es muy variable debido a la fluctuación de la oferta y demanda, lo que no acontece en el caso del maíz; además, el cultivo de fréjol ha disminuido su superficie en el transcurso del tiempo, debido al apareamiento de múltiples problemas fitosanitarios, y de resistencia a las condiciones climáticas que en muchos de los casos no han permitido cosechar el producto final, tal cual aconteció en el ciclo del cultivo del año 2008.

La producción de cerdos y cuyes, no contribuyen significativamente a maximizar los ingresos del productor y su familia. Estos forman parte importante de la dieta alimenticia, por lo que deben ser tomados en consideración al momento de realizar cualquier tipo de mejora en este tipo de sistema. En el caso de que el productor decidiera incrementar la producción de cerdos, los ingresos de éste se incrementarían USD 27 por cada cerdo adicional.

#### **4.4.2. Optimización ante nuevas condiciones creadas**

Posteriormente a la obtención de la solución óptima encontrada para el modelo que representa los procesos que practican los productores de la microcuenca del río Alumbre, se procedió a realizar cambios en algunos valores de constricciones y coeficientes de beneficios para determinar los resultados de optimización ante nuevas condiciones creadas. Estas condiciones fueron las siguientes:

- Variación del precio del kilogramo de maíz
- Variación del precio del kilogramo de fréjol

##### **4.4.2.1. Variación del precio del kilogramo de maíz**

Dado que la producción de maíz es una alternativa viable para el productor y su familia, y debido a que el precio del kilogramo de maíz en el mercado varía progresivamente, se afectó el coeficiente del precio del kilogramo de maíz, tanto

para la venta como para el consumo, en un rango de USD 0,44 dólares a USD 0,66 dólares por kilogramo de maíz, siendo el coeficiente original de USD 0,55 dólares por kilogramo.

Los resultados obtenidos Cuadro 20, al variar el precio del kilogramo de la maíz en el modelo original, indican que los máximos beneficios que puede alcanzar el productor y su familia tienen una tendencia lineal; es decir, a medida que se incrementa el precio del maíz los beneficios también se incrementan, desde USD 477 dólares cuando el precio del maíz es de USD 0,44 dólares el kilogramo, hasta un beneficio de USD 775 cuando el precio de 1 maíz se incrementa a USD 0,66 el kg. Es importante señalar que se mantiene constante el componente de producción de fréjol, el número de porcinos y el número de cuyes.

**Cuadro 20. Maximización de beneficios y precios sombra en el sistema de producción de pequeños productores de la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador, al variar el precio del kilogramo de maíz. Soluciones óptimas.**

| Componentes del sistema            | Precio sombra en USD por ha |            |            |
|------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                                    | USD 0,44                    | USD 0,55   | USD 0,66   |
| Producción de maíz                 | 203                         | 295        | 387        |
| Producción de fréjol               | 169                         | 169        | 169        |
| <b>Beneficios (USD en 8 meses)</b> | <b>477</b>                  | <b>626</b> | <b>775</b> |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

Es importante destacar que cuando el precio del kilogramo de maíz baja hasta USD 0,44 dólares por kilogramo, el precio sombra de la producción de fréjol es inferior en un 17% al precio sombra de la producción de maíz, lo que estimularía al productor a incrementar el cultivo de maíz; que se vería complementado por la condicionante que la producción de maíz es de menos riesgo, tanto por la oferta y demanda, y por problemas fitosanitarios del cultivo del fréjol. Esta situación obviamente que hace más atractivo para los productores, el incrementar las superficies de siembra del cultivo de maíz.



Cuando el precio del maíz se establece en USD 0,55 dólares el kilogramo, el precio sombra de la producción de maíz es el establecido en el modelo original y cuando el precio del kilogramo del maíz se incrementa hasta USD 0,66 dólares, el precio sombra de la producción de maíz es un 56% mayor que el precio sombra de la producción de fréjol.

En conclusión, se puede señalar que la producción de maíz es el componente que les genera mayores beneficios a los productores de la microcuenca del río Alumbre, y el riesgo de perder su patrimonio y/o recurso es más bajo que si se sembrara en mayor superficie el cultivo de fréjol.

#### **4.4.2.2. Variación del precio del kilogramo de fréjol**

Dado los resultados obtenidos en el modelo original, el cultivo de fréjol influye en gran medida sobre los beneficios obtenidos por el productor y su familia (USD 169 dólares por ha). Sin embargo, los productores de la microcuenca del río Alumbre han ido disminuyendo la superficie de siembra de la fréjol, por las fluctuaciones en los precios debido a la oferta y demanda variable; por estas razones, se creyó adecuado variar el precio del fréjol; es decir, se consideró que si la oferta es alta el precio del kilogramo podría bajar a USD 0,55 dólares y si la oferta es baja el precio se podría incrementar a USD 0,77 dólares, dejando constante el precio original de USD 0,66 dólares por kilogramo de fréjol.

En el Cuadro 21, se aprecia que al variar el precio del kilogramo de fréjol en los valores establecidos para este análisis, el modelo determina que los máximos beneficios que puede alcanzar el productor y su familia tienen una tendencia lineal definida, es decir a medida que se incrementa el precio de fréjol los beneficios se incrementan proporcionalmente.

**Cuadro 21. Maximización de beneficios y precios sombra en el sistema de producción de pequeños productores de la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador, al variar el precio del kilogramo de fréjol. Soluciones óptimas.**

| Componentes del sistema            | Precio sombra en USD por ha |            |            |
|------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                                    | USD 0,55                    | USD 0,66   | USD 0,77   |
| Producción de maíz                 | 295                         | 295        | 295        |
| Producción de fréjol               | 94                          | 169        | 243        |
| <b>Beneficios (USD en 8 meses)</b> | <b>519</b>                  | <b>626</b> | <b>732</b> |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

Cuando se consideró el precio de fréjol en USD 0,55 dólares el kilogramo, los diferentes procesos del sistema se mantuvieron constantes al modelo inicial; para el cultivo de fréjol 1,48 ha; el cultivo de maíz 1,85 ha, el número de porcinos es de 4 y el número de cuyes es de 30. Con estos componentes el productor alcanzaría una maximización de beneficios de USD 518,17 dólares en 8 meses. Es importante destacar que cuando el precio del kilogramo de fréjol baje hasta USD 0,55 dólares por kilogramo, el precio sombra de la producción del maíz sería superior en un 213% al precio sombra de la producción de fréjol, lo que estimularía al productor a incrementar el cultivo de maíz.

Cuando el precio del fréjol se establece en USD 0,66 dólares el kilogramo, el precio sombra de la producción de fréjol es el establecido en el modelo original, y cuando el precio del kilogramo del fréjol se incrementa hasta USD 0,77 dólares, el precio sombra de la producción de maíz es un 18% mayor que el precio sombra de la producción de fréjol.

En conclusión, se puede señalar que la producción de fréjol es un componente relevante en la generación de beneficios de los productores de la microcuenca del río Alumbre, pero que sin embargo, no genera mejores beneficios que el cultivo de maíz. No cabe duda que si se incrementaran los precios del fréjol a valores mayores que USD 0,77 dólares el kilogramo, el precio sombra sería mucho mayor que el del maíz, lo cual resultaría una excelente alternativa para los productores.

#### 4.4.3. Optimización del sistema original ante nuevas alternativas

Los resultados obtenidos para el problema de programación lineal planteado para la optimización del sistema original ante nuevas alternativas se presenta en el Cuadro 22, donde se puede observar que la solución final es la maximización de beneficios en USD 1.199 durante ocho meses. Para obtener este beneficio los productores de la microcuenca del río Alumbre, en el componente maíz, deberán utilizar 56 kg de semilla de calidad (con un tamaño adecuado, libre de enfermedades y seleccionada), 505 kg de fertilizante (repartidos entre la siembra y en el aporque), y manejo integrado de plagas en la etapa de plántula (aplicación con insecticidas como Cipermetrina o Lorsban, para insectos trozadores como el *Agrotys* sp.), en una cantidad de 2,77 kg en dos aplicaciones. Para la preparación del terreno deberán utilizar 4,08 horas/ha con el pase de arado y 4,08 horas/ha con el pase de rastra para que el suelo quede completamente mullido. Con todas estas alternativas, la producción subirá desde 864 kg/ha que actualmente producen los agricultores en la zona a 1.273 kg/ha durante el ciclo del cultivo.

Para el componente de fréjol los agricultores deberán utilizar 148 kg de semilla de calidad (con un tamaño adecuado, libre de enfermedades y seleccionada), 135 kg de fertilizante a la siembra, y manejo integrado de plagas y enfermedades (para plagas se recomienda realizar en la etapa de plántula, una aplicación con insecticidas como Cipermetrina y Lorsban para insectos trozadores como el *Agrotys* sp., y en prefloración y floración, una aplicación respectivamente con insecticidas como Nuvacron y Lorsban, para insectos como lorito verde *Empoasca* sp.; en cambio, para enfermedades, a partir de la prefloración, con fungicidas como Benomil, Clorotalonil y un azufrado, para enfermedades como Mustia hilachosa *Thanatephorus cucumeris*, antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum*, la mancha angular *Phaeoisariopsis griseola* y mildiu polvoso *Erysiphe polygoni*), en una cantidad de 11,84 kg de fungicidas y 6,66 kg de insecticidas en tres o cuatro aplicaciones, dependiendo de la presencia o ausencia de las plagas. Con todas estas alternativas, la producción subirá desde 727 kg/ha que actualmente producen los agricultores en la zona a 1.136 kg/ha durante el ciclo del cultivo.

**Cuadro 22. Maximización de beneficios para el sistema de producción original ante nuevas alternativas, en la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador, 2008. Solución óptima.**

| Componente del sistema   | Solución |
|--|----------|
| <b>Maíz (1,85 ha)</b>  |          |
| X <sub>1</sub> = hectáreas de maíz suave                               | 1,85     |
| X <sub>2</sub> = consumo en kg   | 192      |
| X <sub>3</sub> = semilla en kg   | 56       |
| X <sub>4</sub> = fertilización en kg                                   | 505      |
| X <sub>5</sub> = insecticidas en kg                                    | 2,77     |
| X <sub>6</sub> = preparación del suelo por horas                       | 14,80    |
| X <sub>7</sub> = mano de obra familiar                                 | 93       |
| <b>Fréjol (1,48 ha)</b>  |          |
| X <sub>8</sub> = hectáreas de fréjol voluble                           | 1,48     |
| X <sub>9</sub> = consumo en kg   | 32       |
| X <sub>10</sub> = semilla en kg  | 148      |
| X <sub>11</sub> = fertilización en kg                                  | 135      |
| X <sub>12</sub> = fungicidas en kg                                     | 11,84    |
| X <sub>13</sub> = insecticidas en kg                                   | 6,66     |
| X <sub>14</sub> = preparación del suelo por horas                      | 11,84    |
| X <sub>15</sub> = mano de obra familiar                                | 67       |
| <b>Porcinos</b>  |          |
| X <sub>16</sub> = número de cerdos                                     | 4        |
| X <sub>17</sub> = consumo en kg  | 50       |
| X <sub>18</sub> = venta en kg  | 90       |
| X <sub>19</sub> = alimento en kg                                       | 840      |
| X <sub>20</sub> = mano de obra familiar                                | 16       |
| <b>Cobayos</b>   |          |
| X <sub>21</sub> = número de cuyes                                      | 30       |
| X <sub>22</sub> = consumo en kg  | 10       |
| X <sub>23</sub> = venta en kg  | 5        |
| X <sub>24</sub> = alimento en kg                                       | 150      |
| X <sub>25</sub> = mano de obra familiar                                | 15       |
| <b>Maximización de Beneficios = USD 1.198,74 dólares en ocho meses</b> |          |

Fuente: Programa INIAP, SENACYT, SANREM CRSP, 2008.

La mayor rentabilidad está dada por el cultivo de maíz, cuyo precio sombra señala que si las condiciones fueran favorables para aumentar la superficie de este cultivo, los ingresos de los productores y sus familias se incrementarían en USD 452 dólares por cada hectárea que se incremente en sus sistemas de producción. Algo similar ocurriría con la producción de fréjol, con la cual los ingresos se incrementarían en USD 361 dólares por cada hectárea que se aumente.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- El análisis de conglomerados o clúster permitió establecer cuatro grupos en la microcuenca del río Illangama y tres grupos en la microcuenca del río Alumbre para determinar sus estrategias de medios de vida y su bienestar.
- En la microcuenca del río Illangama, la mayoría de hogares basan su sustento en las actividades agrícolas y pecuarias dentro de la finca, y con salario fuera de la finca; en cambio, en el Alumbre el sustento se basa en las actividades agrícolas e ingresos por actividades diversificadas.
- Los hogares que manejan como principales actividades a la agricultura y la ganadería poseen una mayor cantidad de recursos naturales y físicos, mientras que los hogares dedicados a actividades no agrícolas tienen, en promedio, más recurso humano con habilidades especiales como carpintero, albañil, etc. Además, necesitan cantidades grandes de capital financiero como inversión inicial; sin embargo, no hay muchas fuentes de financiamiento que proporcionen un crédito adecuado en el sector rural.
- La maximización de beneficios del modelo original en la microcuenca del río Illangama es de USD 784 mientras que en la microcuenca del río Alumbre el beneficio es de USD 626; mismas que se verían mejoradas a través de la implementación del nuevo escenario de alternativas de producción, hasta alcanzar un beneficio de USD 1.387 en la del Illangama y USD 1.199 en la del Alumbre.
- Los precios sombra de la producción de leche-papa en la microcuenca del río Illangama y en la producción de maíz-fréjol en la del Alumbre muestran evidencias que se pueden generar mayores ingresos en los productores y sus familias, promoviendo nuevas alternativas de manejo del sistema, para que

contribuyan al mejoramiento del capital social, natural, económico y ambiental.

- Las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre disponen de recursos naturales como suelo, agua y especies nativas por lo que se muestra una adaptabilidad de la diversidad de los cultivos pero el inconveniente que existe es la falta de organización para que haya acceso y control a los recursos que poseen en la zona, además se ha identificado que las actividades humanas se han convertido en una amenaza para el ambiente por lo que será necesario que los técnicos impartan conocimientos sobre educación ambiental y/o manejo de los recursos naturales.
- En el mercado nacional se pudo establecer que los precios en el tiempo varían radicalmente debido a la saturación de productos, ocasionando que los márgenes de ganancia de los agricultores sean muy reducidos, además la falta de información sobre precios en el mercado y la participación de un gran número de intermediarios ocasionan problemas muy notorios en la comercialización y en la generación de ingresos de los hogares.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- En razón de que el componente de producción de leche provee a los productores de la microcuenca del río Illangama beneficios económicos estables y debido a que las limitantes principales de ese sistema son el escaso acceso al crédito y la aversión del productor al riesgo, que implica la adopción de nuevas alternativas, se debe promover la implementación de las diferentes alternativas en ganadería, que se disponen en la actualidad para la zona en estudio. Esta misma apreciación se puede establecer en el caso del cultivo de papa, maíz y fréjol si se deja de lado el problema de sus precios variables, ya que las alternativas que se disponen para su manejo integrado contribuirán a la sostenibilidad ambiental y de salud de los productores y sus familias, por el uso adecuado de los productos químicos.
- Promover el manejo integrado de los cultivos de papa, maíz y fréjol para obtener productos sanos, reducir los costos de producción, un manejo adecuado de los pesticidas y una mayor disponibilidad de las pasturas para la alimentación animal de bovinos.
- Es necesario plantear procesos de capacitación flexibles, que se adecúen a la propia dinámica socio-económica y agroecológica de las microcuencas; o sea, capacitaciones precisas que solucionen los problemas encontrados, como pueden ser el manejo integrado de los cultivos más relevantes, valor alimenticio de los productos que cultivan, comercialización y agroindustria de los productos que producen, temas sociales, tecnológicos y ambientales.
- Se debería fortalecer la comercialización de productos agropecuarios, forestales y de otras actividades de sustento, consolidando las organizaciones de base de las dos microcuencas, para mejorar su competitividad, optimizando las relaciones comerciales existentes y diversificando sus mercados.

- Es necesario aplicar alternativas tecnológicas apropiadas que cumplan con un manejo sustentable y competitivo para que los hogares puedan producir y tener buenos rendimientos de sus productos sin olvidar la conservación de los recursos naturales a través del tiempo.



## **VI. RESUMEN Y SUMMARY**

### **6.1. RESUMEN**

#### **Optimización de los modelos de hogares rurales con base en las formas de sustento en la subcuenca del río Chimbo provincia Bolívar – Ecuador.**

Los objetivos de la investigación fueron: i) identificar las principales determinantes de la asignación de los recursos en los diferentes tipos de hogares de la subcuenca del río Chimbo (caso de estudio microcuenca de Illangama y Alumbre), ii) determinar alternativas en agricultura y otras actividades que permitan que los hogares de la subcuenca del río Chimbo mejoren sus ingresos familiares.

Para definir los grupos de hogares y las estrategias de medios de vida que los diferencian, utilizamos la información recopilada por INIAP como parte del proyecto SANREM-CRSP. Esta información es parte de una encuesta estática realizada a 286 hogares en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre que forman parte de la subcuenca del río Chimbo. Los grupos característicos de cada microcuenca fueron establecidos usando un análisis de conglomerados o grupos.

Los resultados obtenidos muestran cuatro tipos de sustento en la microcuenca del río Illangama basados en las actividades agrícolas y pecuarias dentro de la finca y en el trabajo agrícola y con salario fuera de la finca y tres tipos de sustento en la microcuenca del río Alumbre basados en las actividades agrícolas e ingresos por actividades diversificadas.

La maximización fue establecida usando un análisis de optimización económica de todos los procesos que se presentan en los sistemas de producción, a través de la programación lineal. Los resultados obtenidos indican que los valores del margen bruto total para los sistemas de producción en un período de 8 meses en la microcuenca del río Illangama es de USD 784 que proviene de la producción de

papa-leche, mientras que en la del Alumbre es de USD 626, el mismo que proviene de la producción de maíz-fréjol. En la microcuenca del río Illangama si los hogares realizaran actividades para mejorar los componentes de sus sistemas, ellos podrían maximizar sus beneficios en USD 1.387; en cambio, en la microcuenca del Alumbre con las mejoras en sus sistemas de producción obtendrían un beneficio de USD 1.199 para el mismo período. Estos incrementos en los ingresos de los hogares, permitiría mejorar todos los recursos que utilizan o poseen como medios de vida.

## 6.2. SUMMARY

### **Optimization of the models of rural homes with base in the sustenance forms in the subriver basin of the river Chimbo province Bolivar Ecuador.**

The objectives of the investigation were: i) To identify the main determinants of the allocation of the resources of the different types from homes of the subriver basin of the river Chimbo (case of study micro-hollow of Illangama and Alumbre), ii) To determine alternatives in agriculture and other activities that allow that the homes of the subriver basin of the river Chimbo improve their familiar income.

In order to define the groups of homes and the life means strategies differentiate that them, we used the information compiled by INIAP like part of project SANREM-CRSP. This information is part of a static survey realized to 286 homes in the micro-hollows of the rivers Illangama and Alumbre that comprise of the subriver basin of the river Chimbo. The groups characteristic of each micro-hollow were established using an analysis of conglomerates or groups.

The obtained results show four types of sustenance in the micro-hollow of the river Illangama based on the agricultural and cattle activities within the property and the agricultural work and with wage outside the property and three types of sustenance in the micro-hollow of the river Alumbre based on the agricultural activities and income by diversified activities.

The maximization was established using an analysis of economic optimization of all the processes that appear in the production systems through the linear programming. The obtained results indicate that the values of total the gross margin for the production systems in a period of eight months in the micro-hollow of the river Illangama USD 784 that comes from the pope production milk whereas in the one of Alumbre it is of USD 626 the same that comes from the maize-frejol production. In the micro-hollow of the Illangama river if the homes

realised activities to improve the components of their systems they could maximize their benefits in USD 1.387 however in the micro-hollow of Alumbre with the improvements in his production systems they would obtain a benefit of USD 1.199 for the same period. These increases in the income of the homes will allow to improve all the resources that use or own like life means.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADE, R. 2008. *Household Assets, Livelihood Decisions and Well-being in Chimbo Ecuador*. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture and Applied Economics, Virginia Tech.
2. ADATO y MEINZEN-DICK. 2002. *Métodos de modelos de hogares*. 104pp.
3. ABASCAL, E. 1989. *Métodos Multivariantes para la Investigación Comercial*. Editorial Ariel. Barcelona, España. pp. 5-20.
4. ALDENDERFER, M., and BLASHFIELD, R. 1984. *Cluster Analysis; Series: Quantitative Applications in the Social Science*. Beverly Hills: SAGE University Paper.
5. ARCE, B.; BARRERA, V. y SUQUILLO, J. 1993. *Caracterización del sistema de producción del pequeño productor del cantón Espejo, Provincia del Carchi. Resultados de la Encuesta Estática*. INIAP-FUNDAGRO. Quito-Ecuador. 46 pp.
6. ARSHAM, H. 2002 Modelos deterministas: optimización lineal. 6ta. Edición. [www.//ubmail.ubal.edu/harsham/opre640S/SpanishD.htm](http://ubmail.ubal.edu/harsham/opre640S/SpanishD.htm) 59 pp.
7. BARRERA, V.; CÁRDENAS, F.; ESCUDERO, L. y ALWANG, J. 2007. *Manejo de recursos naturales basado en cuencas hidrográficas en agricultura de pequeña escala: El caso de la subcuenca del río Chimbo: Estudio de Línea Base*. INIAP-SANREM CRSP. Quito, Ecuador. 146 pp.

8. BARRERA, V.; CÁRDENAS, F. y MONAR, C. 2005. *Diagnóstico Participativo con enfoque de género para la subcuenca hidrográfica del Río Chimbo*. INIAP-SANREM CRSP Guaranda Ecuador. 24 pp.
9. BARRERA, V. 2004. *Informe final del proyecto Mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción mixtos: cultivos-ganadería en la ecoregión andina del Ecuador*. INAP-CIP-PROMSA. Quito, Ecuador. 127 pp.
10. BARRERA, V.; LEÓN-VELARDE, C.; GRIJALVA, J. Y CHAMORRO, F. 2004. *Manejo del Sistema de Producción "Papa-Leche" en la Sierra ecuatoriana: Alternativas Tecnológicas*. Editorial ABYA-YALA. Boletín Técnico No. 112. INIAP-CIP-PROMSA. Quito, Ecuador. 196 pp.
11. BARRERA, V.; LEÓN-VELARDE, C. Y GRIJALVA, J. 2004. *Mejoramiento de los sistemas de producción de leche en la ecoregión andina del Ecuador*. In. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2004. 12(2): 43-51.
12. BARRERA, V.; MONAR, C.; GRIJALVA, J.; REA, A. y RUEDA, G. 2001. *Caracterización y tipificación de los sistemas de producción mixtos: cultivos-ganadería en el alto Guanujo del Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, Ecuador*. INIAP-CIP-PROMSA. Guaranda, Ecuador. 55 pp.
13. BARRERA, V. y GRIJALVA, J. 2000. *Maximización de beneficios en el sistema de producción agropecuaria de pequeños productores del Carchi*. Instituto Superior de Investigaciones Pecuarias (ISIP). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Volumen I, No. 1. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. pp. 19-28.

14. BARRERA, V. 1996. Factores que afectan la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador. Modelo de simulación. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 117pp.
15. CAÑADAS, L. 1983. *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Programa Nacional de Regionalización –PRONAREG- y Ministerio de Agricultura y Ganadería –MAG. Quito, Ecuador.
16. CHAMBERS, R. 1995. *Poverty and Livelihoods: Whose Reality Counts?* Environment and Urbanization 7, 173.
17. DUNTEMAN, G. 1989. *Principal Components Análisis*. Sage Publications. California, Estados Unidos. pp. 15-50.
18. ELLIS, F., KUTENGULE, M. and NYASULU, A. 2003. *Livelihoods and Rural Poverty Reduction in Malawi*. World Development 31, 19, 1495-1510.
19. ESCOBAL, J.; AGREDA, V. y AGÜERO, J. 1998. *Los determinantes de la asignación del trabajo entre actividades Agrícolas y no Agrícolas en el sector rural de Perú*.
20. ESTRADA, D. 2002. La programación lineal como herramienta para la construcción de modelos. Seminario Análisis de cuencas hidrográficas. Proyecto Manejo de los Recursos Naturales (MANRECUR). Quito – Ecuador. 41 pp.
21. EVERITT, B. 1993. *Cluster Analysis*. New York: Edward Arnold A Division of Hodder & Stoughton, Third Edition.

22. FAO. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.*
23. GALLARDO, G. 2000. *Informe Final Memoria Técnica Programa de manejo integrado de recursos naturales en cuencas hidrográficas y un plan de inversiones, en el sector agropecuario.* MAG-BID-IICA. pp. 2-15.
24. GRIJALVA, J., LLANGARI, P. y SUQUILLO, J. 1998. *Caracterización de los sistemas de producción lecheros en Carchi y Chimborazo.* INIAP-CIP-ILRI. Quito, Ecuador. 140 pp.
25. GOBIERNO PROVINCIAL DE BOLÍVAR. 2004. *Plan Estratégico de Desarrollo Provincial, 2004-2024.* Dirección de Planificación. AH/editorial. Guaranda, Ecuador. 224 pp.
26. HILLIER, F Y LIEBERMAN, G. 1991. *Introducción a la investigación de operaciones. Tercera edición en español. Traducido de la quinta edición en inglés Introduction to operations research, por Marcia González.* México DF, México. 956 pp.
27. HILLIER, F. Y LIEBERMAN, G. 1986. *Introduction to operations research.* 4th edition. Hoden-Day, Inc. Oakland, California. 887 pp.
28. HOLLE, M. 1990. *El concepto de sistemas y una metodología de investigación agropecuaria.* En: Segundo Seminario – Taller Enfoque y análisis de sistemas agropecuarios andinos. Puno. Perú. 190 pp.
29. JANVRY, A. and SADOULET, E. 1996. *Household Modeling for the Design of Poverty Alleviation Strategies, Working Paper, Berkeley, Department of Agricultural and Resource Economics (University of California at Berkeley).*



30. JANVRY, A.; FAFCHAMPS, M.; RAKI, M. and SADOULET, E. 1992. *“Structural adjustment and the peasantry in Morocco: a computable household model.” European Journal of Agricultural Economics. pp. 427-453.*
31. Kovacevic, A. 1974. *Aspectos prácticos de la programación lineal.* Universidad Católica de Chile, Escuela de Administración. Publicación docente No. 10. Santiago, Chile. 63 pp.
32. ONG. *Organizaciones no Gubernamentales.*
33. PROFOGAN, MAG. Y GTZ. 1996. *Proceso de Análisis y Mejoramiento de los Sistemas de Producción en Chimborazo.* Proyecto de Fomento Ganadero; Ministerio de Agricultura y Ganadería y Deutsche Gesellschaft Technische Für Zusammenarbeit. Riobamba, Ecuador. pp. 34-208.
34. REINOSO, A.; BARRERA, V.; ARCE, B. y VALDIVIA, R. 1993. *Manual de Utilización del SPSS/PC+ para analizar información obtenida en la investigación de sistemas agropecuarios.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Fundación para el Desarrollo Agropecuario. Quito, Ecuador. pp. 54-64.
35. ROMESBURG, C. 1990. *Cluster Analysis for Researchers.* Malabar: Robert E Kieger Publishing Company.
36. SIISE.4.0 2005. *Si Agro.* Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador CD.
37. WARD, H. 1963. Hierarchical Grouping to Optimize and Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* 58, 301, 236-244.

38. WINTERS, P., DAVIS, B and CORRAL, L. 2002. *Assets, activities and income generation in rural México: factoring in social and public capital*. *Agricultural Economics* 27, 139-156.