



**PROGRAMACION LINEAL  
MULTIOBJETIVO APLICADO A  
SISTEMAS CAMPESINOS: SIMULACION  
DE EFECTOS MEDIOAMBIENTALES**

**Felix Hurtado Huamán**

**SERIE : INFORMES Y METODOLOGIAS - 8**

**iiur** INSTITUTO DE INVESTIGACION UNIVERSIDAD Y REGION

**CUSCO - PERU**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD Y REGIÓN - IIUR**

**PROGRAMACIÓN LINEAL  
MULTIOBJETIVO APLICADO A  
SISTEMAS CAMPESINOS:  
SIMULACIÓN DE EFECTOS  
MEDIOAMBIENTALES**

**FÉLIX HURTADO HUAMÁN**

**CUSCO-PERÚ**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	5
I. LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADA A LA AGRICULTURA.....	8
A. PROGRAMACIÓN LINEAL CLÁSICA.....	8
B. PROGRAMACIÓN LINEAL MULTIOBJETIVO .....	9
C. SUPUESTOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL .....	10
D. CONDICIONES QUE DEBE REUNIR UN TRABAJO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.....	11
E. VENTAJAS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL Y CORRECCIÓN DE SUPUESTOS .....	12
F. COMPONENTES DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL.....	12
G. RESPUESTAS A UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL .....	14
H. EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL.....	15
II. LOS SISTEMAS CAMPESINOS Y LOS MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL .....	22
A. SUB SISTEMA AGRÍCOLA .....	22
B. SUB SISTEMA PECUARIO .....	23
C. DIVERSIFICACIÓN DE LA CARTERA DE ACTIVIDADES.....	25
D. VALORACIÓN DE BIENES EN DINERO .....	25
E. CUANTIFICACIÓN DE SUB PRODUCTOS AGRÍCOLAS .....	26
III. LOS MODELOS DE SIMULACIÓN APLICADOS A SISTEMAS CAMPESINOS .....	27
A. OBJETIVOS DE LA SIMULACIÓN .....	27
B. UNIDAD DE ANÁLISIS .....	27
C. COEFICIENTES TÉCNICOS: DISPONIBILIDAD DE RECURSOS .....	27
D. IMPACTO AMBIENTAL .....	31
E. COEFICIENTES DE ACTIVIDAD .....	34
F. LOS MODELOS.....	35
IV. RESULTADOS .....	37
A. ESTRATO ALTO DE PALCCOYO .....	37
B. ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO.....	41
C. ESTRATO BAJO DE PALCCOYO.....	45
D. ESTRATO ALTO DE MAHUAYPAMPA.....	49
E. ESTRATO MEDIO DE MAHUAYPAMPA.....	54

<b>F. ESTRATO BAJO DE MAHUAYPAMPA .....</b>	<b>58</b>
<b>G. ESTRATO ALTO DE CHOQUECANCHA .....</b>	<b>62</b>
<b>H. ESTRATO MEDIO DE CHOQUECANCHA .....</b>	<b>66</b>
<b>I. ESTRATO BAJO DE CHOQUECANCHA .....</b>	<b>70</b>
<b>V. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS POR ESTRATOS CAMPESINOS .....</b>	<b>74</b>
<b>A. COMUNIDAD DE PALCCOYO .....</b>	<b>74</b>
<b>B. COMUNIDAD DE MAHUAYPAMPA.....</b>	<b>75</b>
<b>C. COMUNIDAD DE CHOQUECANCHA .....</b>	<b>77</b>
<b>D. COMPARACIÓN ENTRE ESTRATOS DE LAS TRES COMUNIDADES .....</b>	<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>

## INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigación Universidad y Región (**IIUR**) de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco ha desarrollado el proyecto de investigación denominado "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente"<sup>1</sup>, entre los años 1991 y 1993. Dos de los objetivos del referido proyecto tienen que ver con el presente trabajo; el primero; describir y evaluar el estado actual de los recursos naturales en las comunidades campesinas y relacionar, éste estado, con la sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios; y el segundo, desarrollar y aplicar modelos matemáticos para evaluar el impacto de los mercados nacionales, regionales y locales y, los cambios de política, sobre los sistemas agrícolas y el medio ambiente.

Con ésta finalidad; en primer lugar, se han seleccionado comunidades campesinas representativas de los Andes cusqueños y, dentro de ellas, estratos campesinos; en segundo lugar, se procedió a identificar y cuantificar los procesos de degradación medioambiental más relevantes y en tercer lugar, se ha seleccionado el modelo matemático más adecuado para los sistemas campesinos estudiados, con el que se simuló efectos medioambientales bajo diversos escenarios.

El estudio se llevó a cabo en las comunidades campesinas de Palccoyo, Mahuaypampa y Choquecancha del departamento del Cusco.

Palccoyo está ubicada entre los 3900 metros y 5000 metros de altitud, a 14° 03' 10" latitud sur y 71° 19' 55" longitud oeste; a 128 km al sur este de la ciudad del Cusco, sobre el eje carretero Cusco - Sicuani; en el distrito de Checacupe de la provincia de Canchis. Es una comunidad de origen pre-incaico, cuya actividad principal es la crianza de camélidos con agricultura de tubérculos en tierras de rotación sectorial. Los procesos de degradación más relevantes son la erosión de suelos en tierras agrícolas y el sobrepastoreo en los pastizales naturales.

Mahuaypampa está ubicada entre los 3000 metros y 4000 metros de altitud, a 13° 19' 27" latitud sur y 71° 36' 40" longitud oeste; a 97 km al noreste de la ciudad del Cusco, en el distrito y provincia de Paucartambo. Es una comunidad de origen reciente (formada en 1975), cuyas actividades principales son el cultivo de papa, cebada, haba y maíz, bajo técnicas modernas y con ganadería asociada a la agricultura. Los procesos de degradación más relevantes son la erosión de suelos y el sobrepastoreo.

Choquecancha está ubicada entre los 2700 metros y 4000 metros de altitud, a 13° 02' 30" latitud sur y 72° 11' 40" longitud oeste; a 124 km al noroeste de la ciudad del Cusco, sobre el eje carretero Cusco-Calca-Valle de Lares; pertenece al distrito de Lares, provincia de Calca. Es una comunidad de origen pre-incaico, cuyas

---

<sup>1</sup> Este proyecto contó con el apoyo de IDRC del Canadá.

actividades principales son el cultivo de papa y maíz bajo técnicas tradicionales y ganadería asociada a la agricultura. Los procesos de degradación más relevantes son la deforestación y la erosión de suelos.

En cada comunidad campesina se han distinguido tres estratos campesinos: alto, medio y bajo, clasificados de acuerdo a la tenencia de tierras, ganado, producción agropecuaria y artesanal.

La siguiente etapa del trabajo fue la identificación y cuantificación de los principales procesos de degradación medioambiental; habiéndose establecido que los problemas actuales de mayor relevancia son la erosión laminar de suelos agrícolas y el sobrepastoreo de pastizales naturales; un tercer proceso, la deforestación, se considera que es de origen muy antiguo en los Andes y otros procesos como la contaminación de suelos y aguas son menos importantes en las comunidades campesinas andinas; por lo tanto, el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente", en su primera etapa, puso énfasis en la evaluación de las magnitudes en que están ocurriendo los fenómenos de erosión laminar de suelos y el sobrepastoreo.

Las mediciones de éstos fenómenos se han efectuado durante la campaña agrícola 1991 - 1992. La erosión laminar de suelos de corto plazo (durante una campaña agrícola) se ha evaluado mediante la técnica de las "Estacas Enterradas"; la erosión laminar de suelos de largo plazo se ha evaluado mediante la técnica de las "Calicatas" y el sobrepastoreo se ha medido mediante la técnica de "Transección al Paso"; se han realizado un promedio de cuatro evaluaciones durante la campaña agrícola: la primera, antes de la temporada de lluvias (entre octubre y noviembre de 1991); las dos siguientes, durante la temporada de lluvias (entre diciembre 1991 y marzo de 1992) y la última, después de la temporada de lluvias (entre abril y junio de 1992).

Los estudios de carácter productivo se han realizado mediante seguimiento dinámico de los sistemas de producción agropecuario y para los estudios sociales, microeconómicos y macroeconómicos se emplearon encuestas de corte transversal y entrevistas a informantes clave.

Para la elección del instrumental matemático, se analizó la posibilidad de involucrar en los modelos, las múltiples actividades que desarrolla el campesino, las limitaciones que enfrentan, los objetivos que persiguen y la versatilidad para la simulación de los cambios de origen externo y sus efectos sobre los sistemas productivos y los recursos naturales.

La programación lineal multiobjetivo es una técnica matemática, derivada de la programación lineal clásica, que satisface los requisitos anteriores, y, además, permite incorporar en la simulación objetivos aparentemente contrapuestos como

la eficiencia económica y la eficiencia ecológica, es decir, la maximización de ganancias y la minimización de impactos ambientales, entre cuyos extremos, se supone, se encuentran los sistemas de producción campesinos.

El contenido del presente trabajo ha sido debatido y madurado en seminarios internacionales llevados a cabo en Quito y Santiago de Chile, con intervención de expertos internacionales del Grupo de Investigaciones Agrarias (GIA) de Chile y del Centro Andino de Acción Popular (CAAP) de Ecuador. En nuestro medio, el empleo de modelos matemáticos para la simulación de efectos medioambientales es todavía incipiente, por lo que uno de los objetivos de éste documento es el de contribuir con una metodología apropiada aplicada a los sistemas de producción campesinos tan heterogéneos en los Andes peruanos.

## CAPITULO I

### I. LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADA A LA AGRICULTURA

#### A. PROGRAMACIÓN LINEAL CLÁSICA

La programación lineal una técnica matemática usada en el análisis económico para la toma de decisiones tendientes a una mejor asignación de recursos, dados: varias alternativas de solución, una función objetivo, una serie de restricciones y una matriz de coeficientes técnicos. Se denomina programación lineal clásica, debido a que originalmente estos problemas se formulaban tomando en cuenta una sola función objetivo.

La toma de decisión es el proceso de selección de un posible curso de acción a partir de todas las alternativas disponibles.

Existen varios métodos para solucionar un problema de programación lineal: el método gráfico, el algebraico y el simplex; este último es apropiado para resolver problemas que presentan más de tres ecuaciones simultáneas.

El método simplex es un proceso matemático (algoritmo) que utiliza la suma, resta, división y multiplicación en un particular método secuencial para resolver problemas.

Un problema de programación lineal clásico se puede expresar matemáticamente del siguiente modo:

$$\text{Max } Z = c' x$$

Sujeto a:

$$Ax = b$$

$$x \geq 0$$

Donde:

Z = Función objetivo

A = Matriz de coeficientes técnicos

b = Restricciones

c = Coeficientes de la función objetivo

x = Variables o alternativas de solución (no negativo)

## B. PROGRAMACIÓN LINEAL MULTIOBJETIVO

La programación lineal clásica considera la toma de decisiones tomando en cuenta la maximización o minimización de un sólo objetivo; en cambio la programación lineal multiobjetivo toma en cuenta, simultáneamente, dos o más objetivos, los cuales pueden ser indistintamente de maximización y/o de minimización; es decir se pueden considerar objetivos contrapuestos.

La ventaja adicional de la programación multiobjetivo es la solución de problemas, en la que el centro decisor (por ejemplo el campesino) presenta múltiples aspiraciones, expresadas en objetivos y metas, con lo que se añade más realismo a los planteamientos y resolución de los problemas de planificación.

La programación multiobjetivo (denominada también técnica de optimización vectorial) realiza la optimización simultánea de varios objetivos sujetos a un conjunto de restricciones. Como una solución óptima no puede ser definida para varios objetivos en forma simultánea, la programación multiobjetivo entrega como resultado dos o más soluciones eficientes (denominadas soluciones no dominadas u óptimos de Pareto), entre las cuáles, el analista debe elegir el más adecuado, de acuerdo a los objetivos buscados y a criterios de eficiencia.

Estas dos o más soluciones eficientes (denominado conjunto eficiente) son soluciones factibles tales que no hay otras soluciones factibles que puedan realizar el mismo o mejor cumplimiento para todos los objetivos y estrictamente mejor para, al menos, un objetivo.

Dado que el propósito de la programación multiobjetivo es generar el conjunto eficiente, la naturaleza general del problema puede ser expresada matemáticamente como:

$$\text{Eff. } Z(X) = (Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_n(X))$$

$$\text{Sujeto a } : x \in F$$

Donde:

Eff. : Búsqueda del conjunto de soluciones eficientes

F : Conjunto de soluciones eficientes.

Z(X) : Función objetivo n-dimensional.

X : Variables de decisión.

e : Pertenece a.

Cuando existen hasta dos variables de decisión (alternativas o actividades) y dos objetivos es posible interpretar y resolver gráficamente el problema multiobjetivo,

pero cuando el número de variables de decisión es más de dos, éste análisis gráfico no puede ser usado. En ésta situación es necesaria la ayuda de técnicas multiobjetivo para generar o al menos aproximarse al conjunto eficiente.

### **Estas técnicas o métodos son:**

Método de programación por objetivos ponderados

Método de las restricciones

Método de NISE (Non inferior Set Estimation)

Método simplex multiobjetivo

El enfoque del método simplex multiobjetivo consiste, básicamente, en generar el conjunto de soluciones eficientes, desplazándose primero desde un punto extremo factible a un punto extremo eficiente y luego, de este, a los puntos extremos eficientes que le sean adyacentes.

Según Hwang y Masud (1979), citado por Rivas, T. (1990), el algoritmo de este método tiene tres pasos: primero, se debe encontrar un primer punto inicial o extremo factible; en segundo lugar, se debe mover desde el primer extremo factible encontrado al siguiente extremo no dominado, si es que existe y, finalmente, se deben encontrar todos los puntos extremos no dominados, este último paso genera el conjunto de soluciones eficientes.

El método del simplex multiobjetivo es el más eficiente pues entrega una representación exacta del conjunto eficiente o soluciones no dominadas; sin embargo, es necesario disponer de un programa computarizado que realice el algoritmo correspondiente.

La programación multiobjetivo se asienta sobre las mismas bases teóricas de la programación lineal clásica; por lo tanto presenta los mismos, supuestos, condiciones, componentes, limitaciones y ventajas, los que se exponen a continuación.

## **C. SUPUESTOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL**

La programación lineal se basa en los siguientes supuestos:

### **a. Aditividad**

Significa que, si para obtener un producto se requieren dos insumos, entonces, se deben utilizar los dos insumos; de nada sirve agregar sólo uno de ellos. Por ejemplo: si un campesino para incrementar sus niveles de producción, adquiere 1 hectárea de tierra, al mismo tiempo debe incrementar semilla y mano de obra; si

no agrega los dos insumos no incrementará su producción.

### **b. Divisibilidad**

La programación lineal considera que tanto los recursos como los insumos son divisibles; sin embargo, algunos recursos como: un tractor o un reservorio no son divisibles.

### **c. Proporcionalidad o linealidad**

El cambio en una variable debe ser proporcional al cambio en otra variable (la relación es constante). Este es el enunciado más difícil de fijar y va contra la teoría marginal, según la cual, en los procesos productivos existen rendimientos constantes, rendimientos crecientes y rendimientos decrecientes; en el caso de la agricultura, estos rendimientos responden a procesos biológicos; por ejemplo, si se aplica nitrógeno al maíz, el primer kilo produce un incremento de 500 gr. de maíz, el segundo kilo produce un incremento de 400 gr. de maíz y un tercer kilo produce un incrementó de 300 gr. de maíz; en este caso se dice que los rendimientos son decrecientes y no existe relación lineal entre el volumen de la producción y la cantidad de insumo empleado.

### **d. Determinismo**

Se asume que los datos sobre insumos y productos considerados en la programación lineal están determinados, es decir son inamovibles. Así, se asume que los precios y rendimientos de las actividades agrícolas consideradas no van a variar con el tiempo. En la vida real es difícil tener esa certeza, por lo que, es necesario pronosticar con cierta exactitud los datos utilizados.

## **D. CONDICIONES QUE DEBE REUNIR UN TRABAJO DE PROGRAMACIÓN LINEAL**

- a. Se deben tener objetivos definidos y declarados matemáticamente.
- b. Los recursos involucrados en el problema deben ser declarados en términos cuantitativos.
- c. Debe haber un gran número de alternativas (actividades o variables) de acción para que la programación lineal pueda ser utilizada. Cuando solamente se cuentan con dos o tres alternativas, la respuesta se puede encontrar por métodos algebraicos o gráficos.
- d. Las variables involucradas en el problema deben estar relacionadas linealmente. Es decir, se debe satisfacer la condición de linealidad descrita entre los supuestos de la programación lineal.

## E. VENTAJAS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL Y CORRECCIÓN DE SUPUESTOS

- a. En los casos de problemas de divisibilidad se puede emplear la programación entera.
- b. En los casos de problemas de proporcionalidad o linealidad se puede emplear la programación separable que consiste en desglosar en varios puntos la función de producción.
- c. El problema de la teoría marginalista se puede subsanar con la programación cuadrática; sin embargo, en muchos de estos casos, se puede emplear la programación lineal clásica y/o multiobjetivo utilizando datos promediados sin cometer sesgos importantes.

Todos los tipos de programación mencionadas son variantes de la programación lineal clásica.

A pesar de los supuestos y restricciones, la programación lineal es una herramienta poderosa para seguir un curso de acción tendiente a una mejor asignación de recursos ya que en la práctica, generalmente se operan en regiones económicas cuasi-óptimas, por ejemplo, la agricultura, casi siempre, se practica sobre tierras de mediana calidad y no en tierras muy pobres o muy ricas.

## F. COMPONENTES DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL

### a. Función objetivo

La programación lineal clásica considera una única función objetivo que puede ser de maximización o minimización. Generalmente, se maximiza ingresos netos o ingresos menos costos variables y se minimiza costos.

En la programación lineal multiobjetivo se consideran, simultáneamente, dos o más objetivos, y estos pueden ser contrapuestos. Los últimos autores han incluido otros tipos de objetivos en la solución a sus problemas por ejemplo: minimización de riesgos y como en el presente trabajo, minimización de impacto ambiental o minimización de erosión de suelos.

### b. Variables

Denominadas también alternativas o actividades, existen tres clases de variables: reales de holgura y artificiales.

## **Variables reales**

Son las posibles actividades que se pueden llevar a cabo y entre las que se debe elegir para maximizar o minimizar la función objetivo. En el caso de la producción agropecuaria, las actividades reales más comunes se tienen; cultivos agrícolas, cría de ganado, venta de productos, compra o alquiler de recursos y servicios, procesamiento de productos y compra o venta de mano de obra. Los datos que aparecen en la matriz de coeficientes técnicos se refieren, básicamente, a las variables reales.

## **Variables de holgura**

Denominadas, también, variables disponibles. Matemáticamente, la variable de holgura convierte la desigualdad en igualdad. Se emplea en todos los casos en donde se tienen restricciones de máxima o de mínima.

## **Variables artificiales**

Son aquellas variables que se utilizan para obtener soluciones factibles o positivas. Se debe recordar que en programación lineal se debe satisfacer el requisito de no negatividad. Generalmente, se emplean estas variables en los casos donde se tienen restricciones de mínima.

## **c. Restricciones**

Denominadas también limitaciones. Existen tres tipos de restricciones: de máxima, de mínima y de igualdad.

### **Restricciones de máxima**

Son las que se simbolizan con el signo menor o igual ( $\leq$ ); significa que un determinado recurso existe en una cantidad limitada y sólo se puede usar como máximo la cantidad de recurso especificado. Son las restricciones propiamente dichas e indican la disponibilidad de recursos.

### **Restricciones de mínima**

Son las que se simbolizan con el signo mayor o igual ( $\geq$ ); significa que una determinada actividad (variable o alternativa) no se puede dejar de ejecutar en una cantidad menor a la especificada.

## **Restricciones de igualdad**

Son las que se simbolizan con el signo igual (=). Estas-restricciones se utilizan cuando se desea transferir un recurso, de una actividad hacia otra (u otras) actividad dentro de la programación y, también, cuando se incluyen en una misma restricción variables de holgura junto a variables artificiales, con la finalidad de satisfacer el requisito de no negatividad.

Las restricciones también pueden ser clasificadas en razón a su origen en:

**Restricciones de recursos o de origen interno** (restricciones propiamente dichas), que equivalen a las restricciones de máxima; se refieren a las limitaciones en tierra, capital, mano de obra u otras dentro de la finca.

**Restricciones de origen externo**, tales como límites al crédito o limitaciones en la superficie de terreno que la comunidad puede asignar al campesino.

**Restricciones subjetivas**, que se las impone el propio agricultor (como algunas restricciones de mínima); estos provienen de los objetivos personales, del planificador; así, el agricultor puede desear poco dinero proveniente de créditos (por los riesgos); también puede desear no llevar a cabo actividades muy variables en sus ingresos por cambios bruscos en los precios o puede desear llevar a cabo actividades, no muy rentables pero beneficiosas para la finca, por ejemplo: los cultivos mejoradores del suelo o la mantención de vacas lecheras y sementales.

## **d. Matriz de coeficientes, técnicos**

Es la matriz inicial en donde aparecen los datos sobre la cantidad de insumo (o insumos) que se emplea en cada unidad de actividad considerada en la programación. En realidad, se trata de una matriz insumo producto. Además de estos coeficientes, en esta matriz aparecen los coeficientes unitarios (la unidad) de las variables de holgura y variables artificiales.

## **G. RESPUESTAS A UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL**

Una respuesta completa del método simplex consta de cuatro partes:

- a. El valor de la función objetivo, que indica máxima ganancia, mínimo costo o el valor de la función objetivo (Z) especificada.
- b. La base de solución (columna b), que indica las actividades que se deben llevar a cabo para cumplir con la función objetivo especificada. También en la base de la solución aparecen los recursos no utilizados.

- c. Penalizaciones o pérdidas en el valor de la función objetivo por la incorporación forzosa en la base de la solución de una actividad no considerada inicialmente. En agricultura, frecuentemente es necesario introducir actividades menos rentables que otras, por varias razones, por ejemplo, cultivos conservadores o mejoradores de suelos. La cantidad de dinero que se pierde al introducir estas actividades son las penalizaciones al ingreso.
- d. Penalizaciones o pérdidas en el valor de la función objetivo por restricciones en los recursos. Es la magnitud de valor que se pierde en la función objetivo por disponer de una unidad menos de un recurso restrictivo. En algunos casos, existen recursos, dentro del programa, que no aparecen como restrictivos en la base de la solución, por lo que, la disminución de una unidad de ese recurso no afecta a la función objetivo.

## H. EJEMPLO DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL

Con el siguiente ejemplo se pretende ilustrar, paso a paso, los principales componentes, supuestos y respuestas de un problema de programación lineal aplicado a sistemas de producción campesinos.

Un campesino dispone de los siguientes recursos: 12 topes de tierra, 480 jornales anuales de mano de obra y 360 soles de capital. Las posibles actividades que puede llevar a cabo, dadas las condiciones climáticas y ecológicas, son: cultivo de maíz, cultivo de haba y cultivo de cebada. Con esos recursos y actividades desea maximizar beneficios netos sobre costos variables dado que: la producción de maíz requiere de 01 topo de terreno, 60 jornales de trabajo y 36 soles de capital; la producción de haba requiere 01 topo de tierra, 60 jornales de trabajo y 24 soles de capital; y la producción de cebada requiere de 01 topo de terreno, 20 jornales de trabajo y 18 soles de capital. Además, este campesino desea cultivar un mínimo de 02 topes de haba, porque la haba es un producto proteico y su cultivo mejora la fertilidad del suelo. Finalmente, 01 topo de maíz proporciona una ganancia neta de 40 soles, 01 topo de haba 30 soles y 01 topo de cebada 20 soles.

Este problema se puede expresar matemáticamente, del siguiente modo:

$$\text{Max } Z = 40 X_1 + 30 X_2 + 20 X_3 \quad \text{Función objetivo}$$

Sujeto a:

$$\begin{array}{rcll} 1 X_1 + 1 X_2 + 1 X_3 & \leq & 12 & \text{Restricción de máxima} \\ 60 X_1 + 60 X_2 + 20 X_3 & \leq & 480 & \text{Restricción de máxima} \\ 36 X_1 + 24 X_2 + 18 X_3 & \leq & 360 & \text{Restricción de máxima} \\ 0 X_1 + 1 X_2 + 0 X_3 & \geq & 2 & \text{Restricción de mínima} \end{array}$$

En éste sistema de ecuaciones las variables  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  representan a las actividades que puede llevar a cabo el agricultor: cultivo de maíz, haba, y cebada, respectivamente. Para transformar las inecuaciones anteriores en igualdades se debe hacer uso de las variables de holgura y de las variables artificiales, del siguiente modo:

$$\text{Max } Z = 40 X_1 + 30 X_2 + 20 X_3$$

$$\begin{array}{rcll} 1 X_1 + 1 X_2 + 1 X_3 + h_1 + 0 + 0 + 0 + 0 & = & 12 & \\ 60 X_1 + 60 X_2 + 20 X_3 + 0 + h_2 + 0 + 0 + 0 & = & 480 & \\ 36 X_1 + 24 X_2 + 18 X_3 + 0 + 0 + h_3 + 0 + 0 & = & 360 & \\ 0 X_1 + 1 X_2 + 0 X_3 + 0 + 0 + 0 - h_4 + a_1 & = & 2 & \end{array}$$

En el presente ejemplo,  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ , son las variables reales;  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  y  $h_4$  son las variables de holgura y  $a_1$  es la variable artificial. Las tres primeras restricciones son de máxima y la cuarta restricción es de mínima.

Las variables de holgura son un pequeño valor que se deben sumar a las inecuaciones originales de máxima con la finalidad de convertirlas en igualdades. A cada inecuación, con restricción de máxima, se le debe agregar una variable de holgura distinta, de tal modo que deben existir tantas variables de holgura como inecuaciones

En las restricciones de mínima, las variables de holgura en lugar de sumar deben restar ( $-h_4$ ); sin embargo, con la finalidad de eliminar la posibilidad de que la solución a la ecuación resulte negativa, se debe agregar una variable artificial que en teoría siempre es positiva ( $+ a_1$ ) y representa una cantidad tan grande como para convertir la inecuación en una ecuación de igualdad bajo cualquier circunstancia.

El anterior conjunto de ecuaciones se puede expresar en forma de una matriz que expresa las características iniciales del problema, del siguiente modo:

C			40	30	20	0	0	0	0	-M
	Recurso	b	X1	X2	X3	h1	h2	h3	h4	al
0	Tierra	12	1	1	1	1	0	0	0	0
0	Trabajo	480	60	60	20	0	1	0	0	0
0	Capital	360	36	24	18	0	0	1	0	0
-M	Haba	2	0	1	0	0	0	0	-1	1

La fila **C** corresponde a la función objetivo y la columna **b** representa a las restricciones.

La primera iteración se inicia con el cálculo de los costos de oportunidad y los precios sombra del sistema.

Los costos de oportunidad (fila **Z**) se calculan multiplicando los valores de la columna C por cada uno de los valores de las demás columnas, luego se suman los valores obtenidos para cada columna; por ejemplo, los costos de oportunidad de las columnas x1, x2, x3, h1, h4 y a1 se calculan del siguiente modo:

Columna X1	Columna X2	Columna X3	Columna h1	Columna h4	Columna a1
0 x 1 = 0	0 x 1 = 0	0 x 1 = 0	0 x 1 = 0	0 x 0 = 0	0 x 0 = 0
0 x 6 = 0	0 x 6 = 0	0 x 2 = 0	0 x 0 = 0	0 x 0 = 0	0 x 0 = 0
0 x 36 = 0	0 x 24 = 0	0 x 18 = 0	0 x 0 = 0	0 x 0 = 0	0 x 0 = 0
-M x 0 = 0	-M x 1 = -M	-M x 0 = 0	-M x 0 = 0	-M x -1 = M	-M x 1 = -M
Suma 0	-M	0	0	M	-M

El costo de oportunidad representa el valor más óptimo de cada actividad y recurso involucrado en el problema.

Los precios sombra (fila Z-C) se calculan restando las cifras de la fila Z anteriormente calculadas, de los valores de la fila C, que corresponde a la función objetivo; por ejemplo, los valores de las columnas x1, x2, x3, h1, h4 y a1 se calculan de la siguiente manera:

Columna X1	Columna X2	Columna X3	Columna h1	Columna h4	Columna a1
0 -	-M -	0 -	0 -	M -	-M -
40	30	20	0	0	-M
-40	-M-30	-20	0	M	0

El precio sombra es aquel que refleja la escasez de los recursos tomando en cuenta el equilibrio de las fuerzas de oferta y demanda en un mercado competitivo; es llamado también precio social, precio económico o precio que refleja el costo de oportunidad.

En las matrices anteriores aparece -M; éste símbolo representa a una cantidad negativa superior a todas las existentes dentro del sistema, se coloca siempre encima de las variables artificiales y sirve para eliminar, en la primera oportunidad, las actividades menos rentables, debido a que para maximizar ganancias, se buscan las actividades de mayor rentabilidad.

La iteración continúa con el cálculo del número pivot; con ésta finalidad, primero se elige el menor número en la fila de los precios sombra (Z-C), luego, las cifras de la columna correspondiente al menor número se dividen entre los valores correspondientes a la columna b; los números obtenidos se colocan en la columna del ratio 0; seguidamente, se elige la fila con menor valor 0; finalmente, el número correspondiente a la intersección entre la fila con menor ratio 0 y la columna con menor precio sombra constituye el número pivot.

En el presente ejemplo, el número más bajo de la fila de los precios sombra es -M-30; luego, se dividen los valores de la columna x2 con los de la columna b; es decir,  $b/x_2$ , en éste caso:

$$\begin{aligned} 12/1 &= 12 \\ 48/6 &= 8 \\ 360/24 &= 15 \\ 2/1 &= 2 \end{aligned}$$

Los números 12, 8, 15 y 2 son los valores de la columna 0; el menor número de ésta columna es el 2; por lo tanto, el número 1 que corresponde a la intersección entre la fila correspondiente al número 2 y la columna correspondiente al número -M-30, constituye el número pivot.

Con éstos cálculos queda conformada la primera matriz básica inicial:

C			40	30	20	0	0	0	0	-M	
	Recurso	b	X1	X2	X3	h1	h2	h3	h4	a1	0
0	Tierra	12	1	1	1	1	0	0	0	0	12
0	Trabajo	480	60	60	20	0	1	0	0	0	8
0	Capital	360	36	24	18	0	0	1	0	0	15
-M	Haba	2	0	1	0	0	0	0	-1	1	2
	Z		0	-M	0	0	0	0	M	-M	
	Z-C	-2M	0	-M-30	-20	0	0	0	M-0	-M+M	

Los datos que aparecen en doble recuadro constituyen la solución básica inicial.

Antes de dar inicio al cálculo de coeficientes para la segunda matriz, se debe tener

en cuenta que la actividad correspondiente a la columna del número pivot pasa a formar parte de las soluciones, por lo que, en la segunda matriz, en lugar de Haba se coloca  $x_2$  y en su correspondiente columna C, en lugar de -M se coloca el número 30, que es el valor de la actividad  $x_2$  (cultivo de haba).

La segunda iteración se inicia dividiendo cada uno de los números correspondientes a la fila del número pivot, entre el número pivot, de la siguiente manera:

b	X1	X2	X3	h2	h3	h4	a1
2 ÷	0 ÷	1 ÷	0 ÷	0 ÷	0 ÷	-1 ÷	1 ÷
1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	1	0	0	0	-1	1

Estas cifras se colocan en la segunda matriz, en los casilleros correspondientes a la nueva fila  $x_2$ .

Para el cálculo de los valores de las otras filas de la segunda matriz se consideran como semipivot a las otras cifras que acompañan al pivot en la misma columna de la primera matriz.

Así, para calcular los valores de la primera fila de la segunda matriz, se restan de los valores de la primera fila de la primera matriz, los valores obtenidos en la anterior operación multiplicadas por el semipivot (número 1), de la siguiente manera:

12-	1-	1-	1-	1 -	0-	0-	0 -	0-
2x1	0x1	1x1	0x1	0x1	0x1	0x1	-1x1	1x1
10	1	0	1	1	0	0	1	-1

Los valores de la segunda fila para la segunda matriz se calculan con el número 6 como semipivot, del siguiente modo:

48 -	6 -	6 -	2 -	0 -	1 -	0 -	0 -	0-
2x6	0x6	1x6	0x6	0x6	0x6	0x6	-1x6	1x6
36	6	0	2	0	1	0	6	-6

Los valores de la tercera fila para la segunda matriz; se calculan con el número 24 como semipivot:

360 - 2x24	36 - 0x24	24 - 1x24	18 - 0x24	0 - 0x24	0 - 0x24	1 - 0x24	0 - -1x24	0 - 1x24
312	36	0	18	0	0	1	24	-24

Una vez obtenidos los coeficientes, se procede a calcular los valores de los costos de oportunidad (Z) y los precios sombra (Z-C) de la segunda matriz del mismo modo que para el caso de la primera matriz; con estos datos la segunda matriz queda conformada del siguiente modo:

C			40	0	20	0	0	0	0	0	-M	
	Recurso	b	X1	X2	X3	h1	h2	h3	h4	a1		
0	Tierra	10	1	0	1	1	0	0	1	-1	10	
0	Trabajo	360	60	0	20	0	1	0	6	-6	6	
0	Capital	312	36	0	18	0	0	1	24	-24	8,6	
30	Haba	2	0	1	0	0	0	0	-1	1		
	Z		0	30	0	0	0	0	-30	30		
	Z-C		-40	0	-20	0	0	0	-30	30+M		

Siendo -40 la menor cifra de la fila de los precios sombra y 6 el menor número de la columna de los ratios 0, entonces 60 es el pivot para el cálculo de los coeficientes de la tercera matriz; por lo tanto, x1 (cultivo de maíz) pasa a formar parte del conjunto de soluciones del problema.

La tercera iteración se inicia tomando el número 60 como pivot; la secuencia es la misma que las ejemplificadas para las dos primeras matrices, quedando conformada la tercera matriz del siguiente modo:

C			0	0	20	0	0	0	0	-M	
	Recurso	b	X1	X2	X3	h1	h2	h3	h4	a1	
0	Tierra	4	1	0	2/3	1	-1/6	0	0	0	6
40	X1	6	0	0	1/3	0	1/6	0	1	-1	18
0	Capital	96	0	0	6	0	-6	1	-12	12	16
30	X2	2	0	1	0	0	0	0	-1	1	
	Z	300	40	30	40/3	0	40/6	0	10	-10	
	Z-C		0	0	-20/3	0	40/6	0	10	-10+M	

Siendo -20/3 la menor cifra de la fila de los precios sombra y 6 el menor número de la columna de los ratios 0, entonces 2/3 es el pivot para el cálculo de los coeficientes de la cuarta matriz; por lo tanto, x3 (cultivo de cebada) pasa a formar

parte del conjunto de soluciones del problema.

La cuarta iteración se inicia tomando como pivot el número  $2/3$  y concluye con el cálculo de los costos de oportunidad y los precios sombra, quedando conformada la cuarta matriz de la siguiente manera:

C			0	0	20	0	0	0	0	0	
	Recurso	b	X1	X2	X3	h1	h2	h3	h4	a1	
20	X3	6	0	0	1	$3/2$	$-1/4$	0	0	0	
40	X1	4	1	0	0	$-1/2$	$1/4$	0	1	-1	
0	Capital	60	0	0	0	-9	$-9/2$	1	-12	12	
30	X2	2	0	1	0	0	0	0	-1	1	
	Z	340	40	30	20	10	5	0	10	-10	
	Z-C		0	0	0	10	5	0	10	$-10+M$	

Las iteraciones concluyen y el problema queda resuelto cuando en la fila de los precios sombra (Z-C) todas las cifras son positivas; en éste caso,  $-10+M$  es una cifra positiva debido a que  $+M$  posee un valor positivo más grande que  $-10$ .

Los datos que aparecen en el doble recuadro constituyen la solución básica final o base de la solución. Las cuatro respuestas del método simplex son las siguientes:

- El valor de la función objetivo es 340 soles. Es decir, la máxima ganancia que se puede obtener, dadas las condiciones del problema es de 340 soles.
- La base de la solución indica que: se deben cultivar 6 topos de cebada, 4 topos de maíz y 2 topos de haba. Se utiliza toda la tierra y la mano de obra; quedan sin emplear 60 soles de capital. Este último recurso no es restrictivo.
- Las pérdidas en el valor de la función objetivo por incorporación forzosa del cultivo de haba son a razón de 10 soles por hectárea. En total se han perdido 20 soles por la incorporación de 2 hectáreas de haba que es una actividad menos rentable que las otras dos.
- Las pérdidas en el valor de la función objetivo, en el caso hipotético de que se dispusiera de una hectárea menos de tierra, serían de 10 soles; si se dispusiera una unidad menos de mano de obra se perderían 5 soles. Si disminuye el capital en 1 sol no se pierde nada porque, el capital no es un recurso restrictivo. Otros coeficientes que aparecen en la matriz de resultados constituyen las tasas marginales de sustitución técnica (debajo de las variables de holgura).

## **CAPITULO II**

### **II. LOS SISTEMAS CAMPESINOS Y LOS MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL**

La aplicación de modelos de simulación y evaluación económico-ambiental basadas en la programación matemática multiobjetivo presenta algunas particularidades que, previamente, deben ser adaptadas para ser utilizadas en el caso del campesinado andino. Estas particularidades se derivan de las características de la producción, agropecuaria campesina.

A continuación se expondrán algunos de estos casos y las dificultades que se presentan para una adecuada solución.

#### **A. SUB SISTEMA AGRÍCOLA**

Mientras el agricultor de tipo empresarial practica los cultivos puros, el campesino cultiva, frecuentemente, dos a más especies distintas en una misma parcela.

La distribución espacial de los cultivos en las parcelas cultivadas por los campesinos, frecuentemente, presenta muchas formas de arreglo distintas a las del cultivo puro. Se han identificado hasta 45 tipos de arreglos espaciales, con diferentes combinaciones de cultivos asociados, múltiples, intercalados; en borde y en parcelas sub divididas, cada cual con características propias que las diferencian unas de otras.

Estos tipos de arreglo espacial dificultan la elaboración de fichas técnicas para cada cultivo por separado, debido a que se emplean, los mismos insumos en forma simultánea (mano de obra, fertilizantes, pesticidas, yunta y guano de corral) para los cultivos presentes en la parcela.

Con la finalidad de superar esta dificultad, se deben identificar previamente los arreglos espaciales y rotaciones de cultivos más relevantes practicados por cada estrato campesino en cada comunidad. Por lo tanto, se deben elaborar fichas técnicas para cada tipo de arreglo espacial y/o, rotación de cultivos, considerando la producción en estas parcelas como unidades de producción conjunta, en donde se cosechan simultáneamente varios productos a la vez.

En resumen, en lugar de utilizar los cultivos puros como variables de decisión, se deben considerar los distintos tipos de arreglos espaciales y las diferentes rotaciones de cultivos.

## B. SUB SISTEMA PECUARIO

Este rubro presenta una de las mayores dificultades. En la ganadería de tipo empresarial, el agricultor o ganadero dispone, expresamente, de una cierta cantidad de hectáreas de tierra destinadas exclusivamente para la crianza y explotación de su ganado; en cambio, en la ganadería campesina, el agricultor, generalmente no dispone, en forma privada, de tierras para la explotación pecuaria, sino que esta se realiza básicamente, en territorios de propiedad comunal, cubiertos con pastizales naturales (praderas), cuya extensión utilizada por cada familia en particular es difícil de establecer, porque en estos pastizales, todos los miembros de la comunidad tienen potestad para pastorear su ganado. Por lo que, generalmente se conocen el total de hectáreas de pastizales naturales comunales pero queda indeterminada las hectáreas que utilizan o podrían utilizar cada familia.

Aparentemente el campesino no tendría restricciones en cuanto al uso del suelo con fines pecuarios; sin embargo, la desigualdad en capital pecuario, las diferencias en sistemas de pastoreo y en estrategias campesinas para el usufructo de mayores extensiones de pastizales hacen pensar en la existencia de restricciones de tipo explícito e implícito.

Con la finalidad de encontrar límites cuantificables en cuanto a la disponibilidad de praderas naturales comunales y, en general, a la tenencia de capital pecuario a nivel familiar, se han esbozado las siguientes alternativas de solución:

### **a. El capital pecuario como una función directa de la cantidad de tierras cultivadas**

Se ha encontrado que si un campesino cultiva más tierras entonces contará con mayor cantidad de sub productos agrícolas (paja, chala u otros) para alimentar a su ganado y si tiene más ganado contará con más estiércol para abonar sus cultivos.

Con la finalidad de encontrar coeficientes técnicos en la ganadería se deben efectuar mediciones de uso de sub productos agrícolas por cada estrato campesino.

Si solamente se considera a la cantidad total de sub productos agrícolas como una restricción para el incremento del capital pecuario, entonces se supondría la inexistencia de pastos naturales, hecho que le hace perder realismo. Sin embargo, esta restricción se puede combinar con otras.

## **b. El capital pecuario como una función directa de la disponibilidad de mano de obra familiar**

Se considera que la cantidad de mano de obra familiar disponible es una restricción para el crecimiento del capital pecuario. Para cuantificar este aspecto se debe tener en cuenta que son los niños y, mayormente, las niñas analfabetas, quienes se dedican al pastoreo del ganado familiar. La restricción estribaría en el hecho de que un pastor, sea niño o adulto, solamente puede pastorear una determinada cantidad de ganado, siendo necesario cuantificar la capacidad de pastoreo por edades. Esta, restricción supone que el campesino puede pastorear en cualquier lugar (sea pastizales naturales comunales o en propias parcelas) y que no existen otra clase de barreras para el pastoreo.

## **c. El capital pecuario como una función directa de la extensión comunal de pastos naturales, soportabilidad de estos pastizales y número de familias residentes en la comunidad**

Si se cuenta con las hectáreas de territorio comunal cubiertas con pastizales naturales, así como con datos de soportabilidad de estos pastos, resulta factible determinar las unidades ovino que estos pastos podrían soportar siendo adecuadamente pastoreados. Si este resultado se divide entre el total de jefes de familia residentes en la jurisdicción de la comunidad, entonces se tendrían los datos sobre las hectáreas que podrían usufructuar a nivel familiar y, por lo tanto, las unidades ovino que puede pastorear por familia.

Esta restricción supone el acceso igualitario al recurso pradera natural, el pastoreo exclusivo en pastizales naturales comunales y la no utilización sub productos agrícolas.

## **d. La extensión de pradera comunal usufructuada como una función del capital pecuario y la soportabilidad del pastizal**

Si se cuenta con datos de soportabilidad de pastizal y el capital pecuario promedio por estrato campesino se puede calcular fácilmente las hectáreas de pastizal que actualmente usufructúan.

Se puede suponer que esas hectáreas calculadas son el tope para cada estrato.

Las investigaciones del IIUR, en sistemas campesinos y medio ambiente, han cuantificado para cada comunidad aspectos como: soportabilidad de pastizal, capital pecuario por estratos campesinos, extensión de praderas naturales comunales, uso de residuos de cosecha y, mano de obra familiar disponible, de modo que es factible combinar los criterios de restricción antes señalados.

Finalmente, es necesario señalar que existen otros factores difíciles de cuantificar, y que inclusive no son económicos, pero funcionan como restricciones, un ejemplo evidente es el abigeato.

### **C. DIVERSIFICACIÓN DE LA CARTERA DE ACTIVIDADES**

Para reducir el riesgo procedente del clima o del mercado, y asegurar sus ingresos, el campesino diversifica, a veces extremadamente, su cartera de actividades. A los sub sistemas agrícola y pecuario, que de por sí incluyen entre 10 a 12 actividades, se deben agregar los trabajos asalariados, migraciones temporales y los ingresos provenientes de actividades consideradas secundarias como la artesanía y el comercio en pequeña escala.

La minimización del riesgo económico se ha abordado con éxito en los casos en que disponen de series de tiempo, utilizando el modelo de Hazzell (citado por Rivas, Teodoro; 1990); pero para las comunidades bajo estudio y, menos aún para las familias muestreadas no existen datos de series de tiempo.

Para este caso es necesario incorporar en la programación todas las actividades que realiza cada estrato campesino y en los casos de actividades poco rentables pero necesarias para el normal funcionamiento del sistema se debe incluir restricciones de mínima.

### **D. VALORACIÓN DE BIENES EN DINERO**

Muchas de las actividades que realiza el campesino presentan dificultades para su valoración porque su precio social resulta siendo mucho mayor que el mayor precio de mercado vigente; por ejemplo: el salario más alto que paga un campesino de estrato alto en la comunidad de Mahuaypampa es de 2.00 soles/día (febrero 1992), pero muchos jefes de familia de los estratos bajos no desean trabajar por dinero, sino, a cambio de productos, así por la misma jornada de trabajo, estos campesinos reciben hasta 35 kilos de papa que valorado en dinero equivale a 7.00 soles (0.2 soles/kilo, precio en chacra, febrero 1992). Este mismo fenómeno ocurre con el pago por yunta de bueyes, guano de corral y otros insumos.

Por otro lado, productos como la quínuva y tarwi, también presentan dificultades para su valoración puesto que, muchas veces, su precio de mercado es bajo, pero el precio sombra para el propio productor resulta siendo mucho mayor, porque estos productos son imprescindibles para su autoconsumo, por lo que no lo comercializan a ningún precio.

En estos casos, se deben emplear datos sobre términos de intercambio de bienes los que luego deben ser valorados por sus precios en chacra.

## **E. CUANTIFICACIÓN DE SUB PRODUCTOS AGRÍCOLAS**

Otra característica de la producción campesina es el uso generalizado de sub productos agrícolas en la actividad pecuaria y viceversa. Así, son utilizados el follaje de papa inmediatamente antes de la cosecha, rastrojo de trigo, cebada, chala de maíz y malezas presentes en todos los cultivos.

La dificultad estriba en la cuantificación de los coeficientes técnicos tanto de los rendimientos de sub productos por hectárea como del volumen que requiere cada especie pecuaria por año; también se presentan dificultades para asignar precios a estos sub productos, porque generalmente no se comercializan y no existen precios de referencia.

En este caso es necesario efectuar, mediciones de peso de sub productos por parcela y calcular sus respectivos rendimientos. Para la valoración es necesario utilizar términos de intercambio, si es que existen, o precios vigentes en realidades parecidas u otros indicadores.

## **CAPITULO III**

### **III. LOS MODELOS DE SIMULACIÓN APLICADOS A SISTEMAS CAMPESINOS**

#### **A. OBJETIVOS DE LA SIMULACIÓN**

En general, los modelos de simulación pretenden reproducir situaciones futuras en base a datos sobre tendencias actuales. En el presente trabajo se trata de analizar cuantitativamente los efectos de los sistemas de producción campesinos sobre los niveles de erosión de los suelos, bajo escenarios de optimización de recursos y de incremento de capitales.

Con este objetivo, en primer lugar, se han comparado los niveles de ganancia obtenidos y los niveles de erosión que ocasionan actualmente los sistemas campesinos con los de un escenario de optimización de recursos para establecer los estratos campesinos que asignan mejor sus recursos y ocasionan menores impactos negativos sobre el suelo.

En segundo lugar, se ha simulado escenarios con mayor disponibilidad de capitales con la finalidad de analizar sus efectos sobre los niveles de ganancia del productor y sobre los niveles de erosión de los suelos.

#### **B. UNIDAD DE ANÁLISIS**

Se ha considerado como unidad de análisis a la familia campesina agrupada en estratos socio-económicos. En cada comunidad se han distinguido tres estratos: alto, medio y bajo; por lo que, en total se tienen nueve estratos campesinos bajo estudio. Estos estratos presentan diferencias en cuanto a recursos y actividades, especialmente entre estratos de diferentes comunidades; por lo que se ha elaborado un modelo de programación para cada estrato campesino.

La metodología seguida para el cálculo de los datos que han servido de insumo para la elaboración de las matrices, iniciales de los modelos de simulación ha sido la siguiente.

#### **C. COEFICIENTES TÉCNICOS: DISPONIBILIDAD DE RECURSOS**

##### **1. TIERRAS**

Se han distinguido tierras de cultivo continuo, tierras de cultivo anual, tierras de rotación sectorial cultivadas y tierras de rotación sectorial en descanso; ésta última no se ha tomado en cuenta con fines de programación.

Las extensiones promedio por estratos campesinos y comunidades, que aparecen en los cuadros números 1, 2 y 3 se han calculado utilizando los datos de las encuestas dinámicas, los que se han complementado con mediciones directas en campo de áreas de parcelas.

**CUADRO N° 01**  
**DISPONIBILIDAD DE TIERRAS POR ESTRATOS Y POR COMUNIDAD (ha)**

COMUNIDAD	TIERRAS	ESTRATO		
		ALTO	MEDIO	BAJO
PALCOYO	Tierras de cultivo continuo	-----	-----	-----
	Tierras de cultivo anual	0.2348	0.0792	0.1988
	Tierras de rotación s.t. cultivadas	-----	-----	-----
	Tierras de rotación s.t. descanso	-----	-----	-----
	Tierras de rotación s.g. cultivadas	0.3700	0.2672	0.1971
	Tierras de rotación s.g. descanso	1.9942	1.0310	0.7323
MAHUAYPAMPA	Tierras de cultivo continuo	1.3700	0.7125	0.8241
	Tierras de cultivo anual	1.1760	1.1350	1.4270
	Tierras de rotación s.t. cultivadas	-----	-----	-----
	Tierras de rotación s.t. descanso	-----	-----	-----
	Tierras de rotación s.g. cultivadas	0.5300	0.0750	0.0250
	Tierras de rotación s.g. descanso	2.7000	0.4792	0.0250
CHOQUECANCHA	Tierras de cultivo continuo	-----	-----	-----
	Tierras de cultivo anual	1.0000	1.5280	1.1895
	Tierras de rotación s.t. cultivadas	0.2375	0.2800	0.1875
	Tierras de rotación s.t. descanso	0.8125	0.7729	0.8000
	Tierras de rotación s.g. cultivadas	0.4250	0.3810	0.1125
	Tierras de rotación s.g. descanso	1.3125	1.3704	1.0250

s.t. = siembra temprana

s.g = siembra grande

**Fuente:** Batos recopilados y procesados por el proyecto “Sistemas Campesinos y Medio Ambiente”.  
IIUR.

Cabe señalar que en Choquecancha existen tierras agrícolas de rotación para la siembra temprana (s.t) de papa; en cambio, en Palccoyo y Mahuaypampa sólo existen tierras de rotación para la siembra grande (s.g).

## 2. PASTOS NATURALES

Para el cálculo de la extensión de pradera natural comunal usufructuada por cada familia; en primer lugar se ha calculado el capital pecuario promedio (en unidades ovino) que posee cada estrato campesino; luego, utilizando los datos de soportabilidad de pastizal, se ha obtenido, por simple división, las hectáreas utilizadas por cada estrato.

El cuadro muestra la disponibilidad de pastos naturales por estratos familiares para las tres comunidades campesinas:

**CUADRO N° 02**  
**DISPONIBILIDAD DE PASTOS NATURALES POR ESTRATOS Y POR**  
**COMUNIDAD**

COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESTRATOS		
			ALTO	MEDIO	BAJO
PALCCOYO	Capital pecuario	u.o.	255.34	141.90	38.56
	Soportabilidad	u.o./ha	1.50	1.50	1.50
	Pasto natural	ha	170.00	95.00	26.00
MAHUAYPAMPA	Capital pecuario	u.o.	120.28	72.06	42.54
	Soportabilidad	u.o./ha	4.53	4.53	4.53
	Pasto natural	ha	27.00	16.00	10.00
CHOQUECANCHA	Capital pecuario	u.o.	173.02	66.10	18.88
	Soportabilidad	u.o./ha	2.02	2.02	2.02
	Pasto natural	ha	86.00	33.00	9.00

u.o. = unidad ovino

ha = hectárea

**Fuente:** Batos recopilados y procesados por el proyecto “Sistemas Campesinos y Medio Ambiente”. IIUR.

### 3. MANO DE OBRA FAMILIAR

El cálculo de la mano de obra familiar disponible presenta algunas dificultades de tipo conceptual, por lo que existen diversas maneras de calcular este dato; para el presente caso se ha distinguido la fuerza laboral adulta (mayores de 18 años) y fuerza laboral joven (de 6 a 18 años); no se han efectuado distinciones de sexo y edad porque se considera que todos los miembros de la familia aportan por igual a la economía familiar campesina. Más bien, para el cálculo de la disponibilidad de tiempo, se ha considerado que los adultos disponen de 300 días efectivos al año, descontando los días domingos y festivos, y que los jóvenes disponen de 195 días efectivos al año, descontando los días efectivos que asisten a la escuela.

Por otro lado, del procesamiento de datos de la encuesta dinámica, se ha obtenido la fuerza laboral adulta y joven promedio para cada estrato campesino, los que multiplicados por sus respectivos días disponibles proporcionan el total de la mano de obra familiar disponible al año.

**CUADRO N° 03**  
**DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA POR ESTRATOS Y POR COMUNIDAD**

COMUNIDAD	RUBRO	UNIDAD	ESTRATOS		
			ALTO	MEDIO	BAJO
PALCCOYO	F. lab. adulta	Personas/fam.	3.2	2.4	2.8
	F. lab. joven	Personas/fam.	0.6	0.6	0.6
	F. lab. total	Jornales/año	1077.0	837.0	957.0
MAHUAYPAMPA	F. lab. adulta	Personas/fam.	2.4	2.0	2.0
	F. lab. joven	Personas/fam.	2.4	1.2	1.4
	F. lab. total	Jornales/año	1188.0	834.0	873.0
CHOQUECANCHA	F. lab. adulta	Personas/fam.	2.0	3.0	2.0
	F. lab. joven	Personas/fam.	2.8	2.2	2.0
	F. lab. total	Jornales/año	1146.0	1329.0	990.0

F. lab. adulta = fuerza laboral adulta

F. lab. joven = fuerza laboral joven

F. lab. total = fuerza laboral total

**Fuente:** Batos recopilados y procesados por el proyecto “Sistemas Campesinos y Medio Ambiente”. IIUR.

#### 4. CAPITAL

El cálculo del capital disponible para la realización de actividades productivas se ha efectuado considerando los ingresos monetarios obtenidos por la familia campesina provenientes de la venta de productos y sub productos agrícolas y pecuarios, así como los obtenidos por migraciones temporales. Por otro lado, se han calculado los egresos monetarios por concepto de gastos en alimentación, producción agropecuaria, vestido y escolaridad. El saldo entre ingresos y egresos monetarios más los gastos efectuados en producción agropecuaria constituyen el capital disponible para cada estrato campesino.

El cuadro muestra la disponibilidad de capital por estratos campesinos para las tres comunidades:

**CUADRO N° 04**  
**DISPONIBILIDAD DE CAPITAL POR ESTRATOS Y COMUNIDADES**  
**(soles/año, agosto 1992)**

COMUNIDAD	RUBRO	ESTRATOS		
		ALTO	MEDIO	BAJO
PALCCOYO	Ingresos	340.22	180.53	160.44
	Egresos	323.39	169.07	138.35
	Gasto agropecuario	73.34	24.24	1.31
	Capital	90.17	35.70	23.40
MAHUAYPAMPA	Ingresos	1307.97	823.76	561.49
	Egresos	694.29	457.04	375.55
	Gasto agropecuario	208.64	84.54	32.55
	Capital	822.33	451.26	218.50
CHOQUECANCHA	Ingresos	461.17	378.31	333.48
	Egresos	390.88	359.09	275,84
	Gasto agropecuario	56.93	77.37	0.97
	Capital	127.86	96.53	58.61

**Fuente:** Batos recopilados y procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente".  
 IIUR.

#### **D. IMPACTO AMBIENTAL**

Las actividades agrícolas y pecuarias desarrolladas por el campesino generan un impacto sobre el medio ambiente, específicamente sobre el recurso suelo. Este impacto ha sido medido a través de un indicador: erosión hídrica de suelos por campaña agrícola. La magnitud de la erosión hídrica ha sido medida en las diferentes clases de tierras agrícolas y praderas existentes en cada comunidad, siguiendo la técnica de las "estacas enterradas". Los indicadores utilizados en la programación han sido las desviaciones de erosión ocurridas en cada clase de suelos con respecto a la mínima magnitud de erosión, la cual se ha considerado como cuasi-normal.

En los cuadros números 07, 08 y 09 se muestran los niveles de erosión ocasionados por los diferentes cultivos y crianzas, así como, sus respectivas desviaciones, para cada comunidad campesina.

**CUADRO N° 05**  
**IMPACTO AMBIENTAL POR ACTIVIDADES Y CLASES DE TIERRAS**  
**EN PALCCOYO**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TIERRAS</b>	<b>EROSIÓN (t/ha)</b>	<b>INDICADOR (desviación)</b>
Crianza de alpaca	Pasto natural	27.05	0.00
Crianza de llama	Pasto natural	27.05	0.00
Crianza de ovino	Pasto natural	27.05	0.00
Crianza de alpaca y llama	Pasto natural	27.05	0.00
Crianza de alpaca y ovino	Pasto natural	27.05	0.00
Crianza de caballo	Pasto natural	27.05	0.00
Cultivo de papa	Tierras de rotación	87.48	60.43
Cultivo de oca, olluco y ñu	Tierras de cultivo anual	46.49	19.44
Cultivo de haba	Tierras de cultivo anual	46.49	19.44
Cultivo de cebada	Tierras de cultivo anual	46.49	19.44

**Fuente:** Batos recopilados y procesados por el proyecto “Sistemas Campesinos y Medio Ambiente”.  
 IIUR.

En Palccoyo existe la costumbre de pastorear las alpacas y llamas machos en forma conjunta, así como las alpacas hembras junto a los ovinos, por lo que se ha considerado como actividades distintas de las modalidades de pastoreo individual de alpacas, llamas y ovinos. En el aspecto agrícola, se ha considerado el cultivo intercalado de oca, olluco y ñu como una sola actividad; en cambio, son generalizados los cultivos puros de papa, haba y cebada, por lo que se les ha considerado como actividades separadas.

Se considera que las diferentes crianzas ocasionan los mismos niveles de erosividad en las praderas, siendo ésta una limitante que debe ser superada en posteriores ejercicios de simulación.

**CUADRO N° 06**  
**IMPACTO AMBIENTAL POR ACTIVIDADES Y CLASES DE TIERRAS EN MAHUAYPAMPA**

ACTIVIDAD	TIERRAS	EROSIÓN (t/ha)	INDICADOR (desviación)
Crianza de ovino	Pasto natural	10.88	0.00
Crianza de vacuno	Pasto natural	10.88	0.00
Crianza de cerdo	Pasto natural	10.88	0.00
Crianza de caballo	Pasto natural	10.88	0.00
Crianza de ovino, vacuno, cerdo y caballo	Pasto natural	10.88	0.00
Cultivo papa siembra a temprana	Tierras cultivo continuo	14.43	3.55
Cultivo de cebada siembra grande	Tierras cultivo continuo	14.43	3.55
Cultivo de haba siembra grande	Tierras cultivo continuo	14.43	3.55
Cultivo cebada siembra temprana	Tierras cultivo continuo	14.43	3.55
Cultivo haba siembra temprana	Tierras cultivo continuo	14.43	3.55
Cultivo de maíz	Tierras cultivo anual	20.99	10.11
Cultivo papa siembra grande	Tierras de rotación	20.09	18.21
Cultivo olluco	Tierras de rotación	20.09	18.21

**Fuente:** Datos recopilados y procesados por el proyecto “Sistemas Campesinos y medio Ambiente”.  
IIUR.

En Mahuaypampa existe la modalidad de pastoreo conjunto de ovino, vacuno, cerdo y caballos, por lo que se le ha considerado como una actividad separada de los pastoreos individuales de éstas especies. En el aspecto agrícola, se han diferenciado las siembras tempranas de haba, cebada y papa, de las siembras grandes de éstos mismos cultivos, debido a que sus rendimientos y productividades son distintos.

**CUADRO N° 07**  
**IMPACTO AMBIENTAL POR ACTIVIDADES Y CLASES DE TIERRAS EN CHOQUECANCHA**

ACTIVIDAD	TIERRAS	EROSIÓN (t/ha)	INDICADOR (desviación)
Crianza de vacuno	Pasto natural	13.82	4.02
Crianza de ovino	Pasto natural	13.82	4.02
Crianza de caballo	Pasto natural	13.82	4.02
Crianza de cerdo	Pasto natural	13.82	4.02
Crianza de cabra	Pasto natural	13.82	4.02
Crianza de maíz	Tierras cultivo anual	9.80	0.00
Cultivo asociado maíz-haba	Tierras cultivo anual	9.80	0.00
Cultivo papa siembra temprana	T. rotación siembra temprana	29.09	19.29
Cultivo papa siembra grande	T. rotación siembra grande	29.09	19.29
Cultivo intercalado oca-olluco-añu	T. rotación siembra temprana	29.09	19.29

**Fuente:** Datos recopilados y procesados por el proyecto “Sistemas Campesinos y Medio Ambiente”.  
IIUR.

En Choquecancha se pastorean por separado los vacunos, ovinos, caballos, cerdos y cabras, por lo que se les ha considerado como actividades separadas. En el aspecto agrícola, es generalizado el cultivo asociado de maíz con haba, el cultivo intercalado de oca, olluco y ñu, el cultivo de papa siembra grande y el cultivo de papa siembra temprana, habiéndose considerado como actividades distintas; en ésta comunidad, existen tierras de rotación dedicadas exclusivamente al cultivo de papa siembra temprana y otras, a mayores altitudes, dedicadas exclusivamente al cultivo de papa siembra grande.

## **E. COEFICIENTES DE ACTIVIDAD**

Los datos primarios para el cálculo de los coeficientes técnicos, para cada actividad desarrollada por los diferentes estratos campesinos, han sido captados a través de una encuesta dinámica realizada para la campaña agrícola 1991-1992. En el caso de la actividad pecuaria, se han calculado las demandas de pasto natural, para cada unidad de actividad, a partir de los datos de soportabilidad de pastizal para cada comunidad; la demanda de mano de obra se ha calculado tomando en cuenta los sistemas de pastoreo y el promedio de capital pecuario que posee cada estrato campesino; las demandas de medicinas y capital se han calculado tomando en cuenta la tecnología empleada en cada comunidad. Entre los gastos se ha considerado como si el campesino comprara la unidad de actividad pecuaria.

En líneas generales, entre los ingresos pecuarios se ha considerado las producciones de fibra, lana, leche, estiércol en corral, nacimientos y ventas de cueros de crías. En el caso de caballos, se ha calculado los días efectivos de uso con fines de transporte al año. En los casos correspondientes se han tomado en cuenta los incrementos en el valor del ganado por aumentos de peso o por desarrollo del animal. Finalmente, entre los ingresos, por metodología de cálculo, se ha considerado como si vendiera todo el capital pecuario. De la diferencia entre ingresos y egresos se ha obtenido el margen bruto de cada unidad de actividad pecuaria. Los precios han sido los precios promedio vigentes (agosto 1992) en cada comunidad. Cabe anotar que no se ha valorizado el precio del pastizal natural debido a dificultades metodológicas; en siguientes estudios se deben valorizar los kg/ha de producción anual de pastos naturales.

En el caso de la actividad agrícola, se han considerado como egresos a los gastos monetarios y no monetarios efectuados en mano de obra, yunta, guano de corral, pesticidas, fertilizantes, transporte de insumos y productos, uso de equipo aspersor y semillas. También se ha calculado los requerimientos de capital de acuerdo a la tecnología empleada.

Entre los ingresos agrícolas se ha tomado en cuenta los ingresos monetarios y no

monetarios por cosecha del producto principal y de sub productos (paja, chala, follaje verde).

De la diferencia entre ingresos y egresos se ha obtenido el margen bruto para cada unidad de actividad, que en todos los casos ha sido 01 hectárea de producción.

El cálculo de estos datos se ha efectuado parcela por parcela para cada estrato, los que luego se han proyectado a hectáreas y promediado para cada estrato. Los precios en chacra (agosto 1992) son los vigentes en cada comunidad. Para la semilla se ha considerado un precio 20% superior al de primera calidad y para el producto principal se ha tomado en cuenta su precio en broza que es entre un 20% a 40% inferior al de primera calidad.

Los coeficientes de actividad para cada estrato y comunidad aparecen en anexos.

## **F. LOS MODELOS**

Las características de los modelos elaborados, que corresponden a los nueve estratos campesinos estudiados, son los siguientes:

### **1. Función objetivo**

Todos los modelos presentan dos objetivos: maximización de ganancias (margen bruto o ingresos menos costos variables) y minimización de impacto ambiental (medido a través de la erosión de suelos).

### **2. Actividades**

Se han considerado como variables reales a los cultivos y crianzas más relevantes desarrolladas por cada estrato campesino, también se han considerado actividades como la migración, venta de productos y la transformación. En el sub sistema agrícola, las actividades son arreglos espaciales (por ejemplo: cultivo asociado maíz-haba en Choquecancha; cultivo intercalado oca-olluco-añu en Palccoyo) y uso de tierras en doble campaña (por ejemplo: papa siembra temprana en primera campaña y cebada como segunda campaña en Mahuaypampa). En el sub sistema pecuario, además de las crianzas individuales, se han considerado sistemas de pastoreo conjunto (por ejemplo: pastoreo conjunto de alpacas y llamas macho en Palccoyo).

Para hacer factible la minimización del impacto ambiental se han incorporado expresamente a los programas, una variable de holgura y una variable artificial.

### **3. Restricciones**

Se han utilizado los tres tipos de restricciones. Las restricciones de máxima o propiamente dichas están constituidas por tierras de diferentes intensidades de uso (de cultivo continuo, de cultivo anual y de rotación), disponibilidad de mano de obra familiar, disponibilidad de pastos naturales y disponibilidad de capital.

Las restricciones de mínima están constituidas por aquellas actividades que no siendo rentables son necesarias para el normal funcionamiento del sistema (por ejemplo: siembra de un mínimo de hectáreas de maíz en Mahuaypampa para el autoconsumo).

Las restricciones de igualdad están representadas por las filas de transferencia (por ejemplo: transferencia de papa cosechada hacia actividades de venta de papa y/o transformación en chuño en Palccoyo) y por la fila de impacto ambiental (erosión de suelos) que es la que permite la minimización de la función objetivo respectiva.

Con la metodología expuesta se ha procedido a elaborar matrices iniciales de coeficientes técnicos (anexos N° 01 al N° 09) para cada estrato campesino; luego estos han sido procesados utilizando el programa computarizado MLP (Multiobjective Linear Programing) que ejecuta el algoritmo de programación lineal con dos o más funciones objetivo. Los resultados para cada estrato campesino, se muestran en el cuarto capítulo del presente documento.

## CAPITULO IV

### IV. RESULTADOS

#### A. ESTRATO ALTO DE PALCCOYO

##### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

Considerando las modalidades de pastoreo conjunto alpaca-llama, alpaca-ovino y excluyendo el pastoreo individual de estas especies pecuarias se ha obtenido el siguiente grupo de soluciones factibles:

**CUADRO N° 08**  
**GRUPO DE SOLUCIONES EFICIENTES CONSIDERANDO PASTOREO**  
**CONJUNTO PARA EL ESTRATO ALTO PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	ALPACA LLAMA	PAPA	CHUÑO	OCA, AÑU OLLUCO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	6.55	0.37	15.70	0.23	0.00	0.00	74.33	489.76	0	265.99	26.92
02	7.02	0.37	15.70	0.00	0.23	0.00	67.48	507.61	0	243.21	22.36
03	10.00	0.0	0.00	0.00	0.23	0.37	24.00	477.00	0	120.00	0.00

**Fuente:** Datos procesados por el proyecto “sistemas Campesinos y Medio Ambiente”. IIUR.

En el campo de los objetivos, se observa que la solución 01, que incluye la crianza conjunta de alpaca-llama, el cultivo de papa, el cultivo intercalado oca-olluco-añu y la elaboración de chuño, maximiza el margen bruto pero también el impacto negativo sobre el medio ambiente es mayor; mientras que la solución 03 con, solamente, la crianza de alpaca-llama minimiza el impacto sobre el ambiente pero también las ganancias son las más pequeñas. La solución 02 es una solución intermedia.

Si el productor o el Estado deseara reducir el impacto ambiental pasando de la solución 01 a la solución 02 el agricultor tendría que perder o el estado tendría que subsidiar 4.99 soles por cada tonelada de suelo que se conserva.

En el campo de las actividades (variables de decisión), se observa que la más rentable y menos erosiva es el pastoreo conjunto de alpaca-llama que ingresa en las tres soluciones posibles, quedando de lado la crianza conjunta de alpaca-ovino y de caballo.

En el subsistema agrícola, el cultivo de papa es el más rentable pero también es el más erosivo; según el modelo, debe ser destinada en su totalidad a la elaboración de chuño que resulta más rentable que vender papa fresca. La tercera opción es el

cultivo intercalado oca-olluco-añu, actividad que presenta niveles erosivos y de rentabilidad moderados. Los cultivos de haba y cebada no ingresan en la base de la solución por ser muy baja la rentabilidad.

En cuanto a las restricciones, se observa que el capital es el recurso más limitante, siendo los menos empleados la mano de obra y los pastos naturales, en ese orden. Finalmente, las tierras son utilizadas de acuerdo a la rentabilidad del cultivo y su impacto sobre el suelo.

## 2. COMPARACION DE VALORES ÓPTIMOS CON VALORES REALES

Las actividades realizadas, el uso de los recursos y las magnitudes de los objetivos logrados por estos campesinos en la vida real, se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 09**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO ALTO DE PALCCOYO**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornadas)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	10.42	0.00	51	10	10
CABALLO	6.30	0.00	39	8	6
ALPACA	75.89	0.00	569	126	95
LLAMA	6.60	0.00	66	22	8
PAPA	-59.96	22.36	70	—	11
CHUÑO	194.04	0.00	44	—	9
OCA-OLLUCO-AÑU	5.45	0.87	9	—	1
HABA	0.05	0.44	2	—	1
CEBADA	0.07	1.31	5	—	1
TOTAL	238.86	24.98	855	166	142

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en la realidad alcanza el productor del estrato alto de Palccoyo se aprecian los siguientes aspectos:

En el campo de los objetivos; tanto el impacto ambiental como el margen bruto alcanzados son ligeramente inferiores al de la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones optimizadores de recursos; este hecho constituye un indicador de que estos campesinos alcanzan, económicamente, las máximas ganancias, pero; con impactos ecológicos fuertes.

En el campo de los recursos; los pastos naturales disponibles son utilizados en su

totalidad, revelando el uso inapropiado de la pradera; es decir, se podría pastorear menor cantidad de ganado y utilizar menores extensiones de pradera para obtener mayores ganancias. Por otro lado, tanto la mano de obra como el capital son empleados en cantidades considerablemente mayores al de la solución óptima debido a que son destinados a muchas actividades, entre ellas a las de menor rentabilidad.

En cuanto a las actividades, estos campesinos llevan a cabo todas las actividades, a su alcance; sin embargo, podrían obtener mayores, ganancias con el mismo o menor impacto ambiental, desarrollando menos actividades.

### 3. ESCENARIO 01: INCREMENTO DE CAPITALES

En vista de que el capital es el recurso más restrictivo se ha simulado un escenario con incremento de capitales (que podría ocurrir vía programas de crédito). Para que el capital aparezca como un recurso no restrictivo es necesario un incremento del orden del 167% de capitales con respecto a la disponibilidad original; con ese incremento se ha obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 10**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON INCREMENTO DE**  
**CAPITALES PARA EL ESTRATO ALTO DE PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	ALPACA LLAMA	CABALLLO	PAPA	OCA, AÑU OLLUCO	CHUÑO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	7.17	10.89	0.37	0.23	15.7	0.00	0.00	0.00	115.18	0	327.83	26.92
02	5.83	14.14	0.37	0.00	15.7	0.23	0.00	0.00	140.61	0	299.64	22.36
03	0.00	28.33	0.12	0.00	4.88	0.23	0.25	0.00	152.63	0	191.09	7.0
04	0.00	28.33	0.00	0.00	0.00	0.23	0.37	0.00	198.67	8.33	141.67	0

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, en todas las soluciones se observa un incremento sustancial de los márgenes brutos con respecto a la solución original, manteniéndose sin variaciones el impacto ambiental. Para este estrato, debido a que el capital es un recurso sumamente restrictivo, la inyección de capitales en la economía familiar no impacta negativamente sobre el medio ambiente y más bien incrementa sustancialmente las ganancias.

En el campo de las actividades, el incremento de capitales hace que aumente la crianza de animales en todas las soluciones, permaneciendo constantes las actividades agrícolas por falta de más tierras. Una actividad que aparentemente se dinamizaría con el incremento de capitales es la crianza de caballos, no presente en la solución original.

En el campo de las restricciones, el efecto más notorio es el mayor uso de los pastizales naturales disponibles, al punto que se hacen escasas, lo que podría ser un indicador de presión sobre la pradera. Otro efecto notorio es el mayor empleo de la mano de obra y tal vez esta sea una de las consecuencias más importantes.

El incremento de capitales puede influir indirectamente para el menor impacto negativo sobre las tierras agrícolas al no dedicar dinero a cultivos poco rentables y muy erosivos y, en cambio, incrementar el uso de pastizales. Sin embargo, si existen restricciones estructurales, como la escasez de tierras agrícolas, y no hay cambio de tecnología, el incremento de capitales por encima del 167% puede conducir al sobrepastoreo.

#### 4. ESCENARIO 02: PASTOREO INDIVIDUAL

En Palccoyo se practica la modalidad de pastoreo conjunto alpaca-llama y alpaca-ovino, por lo que se ha simulado la modalidad de pastoreo individual con la finalidad de conocer las especies más convenientes a los objetivos buscados, habiéndose obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 11**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL**  
**PARA EL ESTRATO ALTO DE PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	OVINO	CABALLO	PAPA	OCA, AÑU OLLUCO	CHUÑO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	8.42	0.00	0.37	0.23	15.7	0.00	0.00	113.56	596.48	0	246.33	26.92
02	0.00	11.79	0.37	0.23	15.7	0.00	0.00	99.23	517.28	0	246.33	26.92
03	9.03	0.00	0.37	0.00	15.7	0.23	0.00	109.51	621.97	0	222.15	22.40
04	0.00	12.64	0.37	0.00	15.7	0.23	0.00	94.16	537.10	0	222.15	22.36
05	12.86	0.00	0.00	0.00	0.0	0.23	0.37	83.86	639.86	0	90.00	0.00
06	0.00	18.00	0.00	0.00	0.0	0.23	0.37	62.00	519.00	0	90.00	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se observa una reducción en el margen bruto para todas las soluciones factibles y para el mismo impacto ambiental que en la solución original. Este escenario aparentemente no es conveniente al productor.

En el campo de las actividades, se observa que las crianzas más rentables son los ovinos y caballos, no siendo económicamente convenientes la crianza de alpacas y llamas. Es de anotar que ovinos y caballos son sustitutos perfectos en cuanto a rentabilidad e impacto ambiental. Es importante aclarar que los camélidos son de baja rentabilidad por el bajo precio de la carne y, especialmente, fibra. En cuanto a la agricultura no se observan cambios con respecto a la solución original.

En el campo de las restricciones, se observa que el recurso más escaso sigue siendo el capital. Es de anotar que con pastoreo individual se emplean menos los pastos naturales y la mano de obra. La crianza de ovinos es menos demandante de mano de obra y pastos naturales que los caballos para la misma rentabilidad e impacto ambiental, por lo que los ovinos aparecen como preferibles sobre los caballos.

En resumen, una constatación del modelo es que al campesino le es más rentable el pastoreo conjunto frente al individual para el mismo impacto ambiental. Además, no sería factible recomendar para Palccoyo la crianza exclusiva de ovinos o de caballos por ser esta comunidad eminentemente alpaquera, por lo que es necesario implementar políticas que favorezcan mejores precios para la fibra y carne de camélidos.

## B. ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO

### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

Considerando la modalidad de pastoreo conjunto: alpaca-llama y alpaca-ovino y excluyendo el pastoreo individual de estas especies se ha obtenido el siguiente grupo de soluciones factibles:

**CUADRO N° 12**  
**GRUPO DE SOLUCIONES EFICIENTES CONSIDERANDO PASTOREO**  
**CONJUNTO PARA EL ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	ALPACA LLAMA	PAPA	OCA, AÑU OLLUCO	CHUÑO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	1.90	0.27	0.08	10.52	0.00	0.00	67.30	573.8	0	100.39	17.69
02	3.87	0.00	0.08	0.00	0.00	0.27	38.53	583.0	0	59.97	1.54
03	4.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.27	36.60	597.0	0	48.00	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se observa que la solución 01 que incluye la crianza conjunta de alpaca-llama, el cultivo de papa, el cultivo intercalado de oca-olluco-añu y la elaboración de chuño maximizan el margen bruto (100.39 nuevos soles) pero también el impacto negativo sobre el medio ambiente es mayor (pérdida de 17.69 toneladas de suelo); en el otro extremo se halla la solución 03 con, solamente, la crianza de alpaca-llama que minimiza el impacto sobre el medio ambiente, pero también las ganancias son las más pequeñas. La solución 02 es una solución intermedia.

Cabe anotar que, el paso de la solución 01 a la 02 constituye una reducción drástica de la erosión para una disminución menos que proporcional de sus ganancias. Si el productor o el Estado deseara esta reducción tendría que perder o el Estado

tendría que subsidiar 2.50 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se conserva.

En el campo de las actividades (variables de decisión), se observa que el pastoreo conjunto de alpaca-llama es la más rentable y menos erosiva por lo que aparece en todas las soluciones; la siguiente actividad más rentable (para este estrato) y moderadamente erosiva es el cultivo intercalado de oca-olluco-añu. Finalmente, la última actividad factible es el cultivo de papa (que es la más erosiva) y la elaboración de chuño de toda la cosecha. Es de mencionar que las tierras de rotación no tienen usos alternativos, siendo la papa, a pesar de su alta erosividad, el único cultivo posible.

En la ganadería no aparecen en la base de la solución la crianza conjunta de alpaca-ovino y caballo por su baja rentabilidad. En la agricultura, los cultivos de haba y cebada, también son de baja rentabilidad. Finalmente, por la venta de papa fresca es menos rentable que elaborar y vender chuño.

En el campo de las restricciones, se observa que el recurso más limitante es el capital, en cambio quedan sin emplear cantidades apreciables de pastos naturales y mano de obra. Las tierras son utilizadas de acuerdo a la rentabilidad del cultivo y su impacto ambiental.

## 2. COMPARACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS CON VALORES REALES

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos logrados en la vida real por estos campesinos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N°13**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornales)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	11.69	0.00	57	11	12
CABALLO	4.00	0.00	25	5	4
ALPACA	41.36	0.00	310	69	52
LLAMA	2.64	0.00	26	9	3
PAPA	-27.36	16.32	75	—	7
CHUÑO	69.52	0.00	16	—	3
OCA-OLLUCO-AÑU	4.14	0.74	11	—	1
TOTAL	105.99	17.06	520	94	82

FUENTE: Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en la realidad alcanza el productor del estrato medio de Palccoyo se aprecian los siguientes aspectos:

En el campo de los objetivos, el margen bruto es ligeramente superior y el impacto ambiental es prácticamente igual a la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones eficientes optimizadora de recursos. El ligero incremento del margen bruto se debe al uso intensivo de pastos naturales y mano de obra; sin embargo, este pequeño incremento revela la escasa rentabilidad de esos esfuerzos extras. Por otro lado, estos campesinos, económicamente, logran las máximas ganancias posibles, pero también ocasionan los mayores impactos ambientales.

En el campo de las restricciones, se aprecia el uso total de los pastos naturales disponibles y el mayor empleo de mano de obra y capitales que en la solución 01 (maximizadora de ganancias) optimizadora de recursos, hecho que implica el uso ineficiente de estos recursos; sobre todo, subempleo de mano de obra y uso inadecuado de la pradera.

En el campo de las actividades, el campesino de este estrato desarrolla todas las actividades a su alcance, mientras que en la solución óptima sólo ingresan las más adecuadas a los objetivos.

### 3. ESCENARIO 01: INCREMENTO DE CAPITALES

Para simular este escenario ha sido necesario incrementar el capital en el orden del 250% con respecto a su disponibilidad inicial hasta que aparezca como un recurso no restrictivo, habiéndose obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles.

**CUADRO N° 14**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON INCREMENTO DE**  
**CAPITALES PARA EL ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	ALPACA LAMA	CABALLO	PAPA	OCA, AÑU OLLUCO	CHUÑO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	2.56	9.61	0.27	0.08	10.52	0.00	0.00	0	236.24	0.00	156.36	17.69
02	0.00	15.83	0.15	0.08	5.72	0.00	0.12	0	254.93	0.00	125.28	10.32
03	0.00	15.83	0.00	0.08	0.00	0.00	0.27	0	324.23	9.65	87.72	1.50
04	0.00	15.83	0.00	0.00	0.00	0.08	0.27	0	346.17	10.83	79.17	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se aprecia un incremento de los márgenes brutos en todas las soluciones con respecto a la solución original, manteniéndose sin cambios el impacto ambiental. Para este estrato el incremento de capitales incrementa las ganancias sin impactar negativamente sobre el recurso suelo. El

paso de la solución 03 a la solución 02 significa un alza más que proporcional de los niveles erosivos en relación al alza en el margen bruto, debido a la incorporación del cultivo de papa, que para Palccoyo, es la más erosiva.

En el campo de las actividades factibles se produce un fuerte incremento de la actividad pecuaria, sobre todo la crianza de caballos, no presente en la solución original. De esta manera, el incremento de capitales tendría más impacto en la ganadería, ya que la agricultura presenta fuertes limitaciones en cuanto a disponibilidad de tierras. La papa, a pesar de ser un cultivo erosivo y demandante de bastantes capitales, en relación a las otras actividades, proporciona buenas ganancias.

En el campo de las restricciones se observa, en primer lugar, el uso total de las praderas disponibles y, en segundo lugar, un mayor empleo de la mano de obra, absorbiéndose prácticamente la mitad de la mano de obra sobrante en la solución original.

#### 4. ESCENARIO 02: PASTOREO INDIVIDUAL

Se ha simulado la modalidad de pastoreo individual con la finalidad de conocer las especies más convenientes a los objetivos buscados y las variaciones en el uso de recursos y en el valor de los objetivos. En este escenario se han obtenido los siguientes resultados:

**CUADRO N° 15**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL**  
**PARA EL ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	OVINO	CABALLO	PAPA	OCA, AÑU OLLUCO	CHUÑO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	2.44	0.00	0.27	0.08	10.52	0.00	0.00	78.66	604.70	0	94.64	17.69
02	0.00	3.41	0.27	0.08	10.52	0.00	0.00	74.51	581.77	0	94.69	17.69
03	4.97	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.27	61.68	645.97	0	93.37	1.54
04	0.00	6.96	0.00	0.08	0.00	0.00	0.27	53.23	599.23	0	93.37	1.54
05	5.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.27	60.54	662.14	0	36.00	0.00
06	0.00	7.20	0.00	0.00	0.00	0.08	0.27	51.80	613.89	0	36.00	0.00

FUENTE: Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se observa que el pastoreo individual es menos rentable que el pastoreo conjunto para el mismo impacto ambiental en todas las soluciones factibles. Se deduce que la modalidad de pastoreo conjunto, actualmente practicada por los campesinos, es la más racional.

En el campo de las actividades factibles se aprecia que las crías de ovinos y

caballos son las más rentables y, ambas, son sustitutas perfectas en cuanto a rentabilidad e impacto ambiental. No ingresan en la base de la solución las crías de alpaca y llama por ser menos rentables. En la agricultura no se producen cambios con respecto a la solución original.

En el campo de las restricciones se aprecia que el capital sigue siendo el recurso más escaso. Por otro lado, tanto el pasto natural como la mano de obra son menos empleados con respecto a la solución original. Así mismo, la crianza de ovinos demanda menor cantidad de pasto natural y mano de obra que la crianza de caballos para la misma rentabilidad e impacto ambiental.

## C. ESTRATO BAJO DE PALCCOYO

### 1. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS DISPONIBLES

Tomando en cuenta la modalidad de pastoreo conjunto y excluyendo el pastoreo individual se ha obtenido el siguiente grupo de soluciones factibles:

**CUADRO N° 16**  
**GRUPO DE SOLUCIONES EFICIENTES CONSIDERANDO PASTOREO**  
**CONJUNTO PARA EL ESTRATO BAJO DE PALCCOYO**

N°	RESTRICCIONES			RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	PAPA	CHUÑO OLLUCO	MIGRACIÓN	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	0.2	7.27	72.29	0.2	0.0	26	808.92	0	164.86	11.91
02	0.0	0.00	92.00	0.2	0.2	26	865.00	0	128.00	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se aprecia que solamente existen dos soluciones factibles; la solución 01 que maximiza margen bruto (164.86 nuevos soles) con altos niveles erosivos (11.91 toneladas de suelo perdido) y la solución 02 que minimiza impacto ambiental.

Se calcula que, si el campesino o el Estado deseara reducir el impacto ambiental al pasar de la solución 01 a la solución 02 se tendría que perder o subsidiar 3.09 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se conserva.

En el campo de las variables de decisión, se aprecia que la migración minimiza el impacto negativo sobre el suelo; este resultado es, aparentemente, obvio, puesto que si una persona no trabaja dentro del territorio comunal no tiene como impactar en su medio ambiente comunal; sin embargo, también debe ser más rentable que dedicarse a la crianza de camélidos, ovinos o caballos. Por otro lado, un análisis más profundo, que no se efectúa en el presente estudio, puede mostrar las vinculaciones entre la migración y la actividad agropecuaria dentro de la

comunidad a través del uso de fertilizantes y otros insumos adquiridos con las ganancias provenientes de la migración temporal. En la base de la solución también ingresa el cultivo de papa, que a pesar de ser el más erosivo se presenta como el más factible por su mayor rentabilidad y la elaboración de chuño. Cabe destacar que la elaboración de chuño es una actividad de alta rentabilidad y de nulo impacto ambiental. No ingresa en la base de la solución el cultivo intercalado oca-olluco-año.

Es de resaltar que Palccoyo, por su ubicación geográfica y características ecológicas, presenta escasez de actividades alternativas y en el estrato bajo, por sus condiciones económicas, esta situación se agudiza.

En el campo de las restricciones, se aprecia que el recurso capital es sumamente restrictivo impidiendo la realización de otras actividades a tal punto que los pastos naturales no son empleados en absoluto, lo mismo que las tierras de cultivo anual. Por otro lado, la mano de obra es un recurso abundante y, probablemente, actividades que se llevan a cabo en la práctica, como el pastoreo y el cultivo de productos poco rentables y muy erosivos se deben a que el costo de oportunidad de la mano de obra sea cero, es decir, que se dedican a esas actividades al no tener otras fuentes de ocupación.

## 2. COMPARACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS CON VALORES REALES

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos logrados en la vida real por estos campesinos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 17**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO BAJO DE PALCCOYO**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornadas)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	7.66	0.00	37	7	8
ALPACA	8.67	0.00	65	14	11
PAPA	-11.62	11.91	39	---	5
CHUÑO	57.64	0.00	13	---	0
OCA-OLLUCO-AÑO	0.22	1.07	5	---	1
MIGRACIÓN	30.22	0.00	22	---	6
TOTAL	92.79	12.98	181	21	31

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en realidad alcanza el

productor del estrato bajo de Palccoyo se observa que:

En el campo de los objetivos, el margen bruto obtenido es muy inferior y el impacto ambiental es ligeramente superior al de la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones eficientes optimizadoras de recursos. Las menores ganancias se deben a que en realidad los días de migración son menores a la solución óptima y el ligero incremento del impacto ambiental se debe al cultivo oca-olluco-añu. Este resultado revela que estos campesinos a pesar de ocasionar mayores niveles erosivos que en el caso óptimo, logran ganancias muy inferiores al que podrían obtener si los recursos fueran eficientemente asignados. Sin embargo, las menores ganancias por migración tal vez se deben a factores exógenos al campesino.

En el campo de las restricciones, se aprecia que estos campesinos utilizan el 60% de los pastos naturales a su disposición y emplean mayor mano de obra y capital que en la solución 01 maximizadora de ganancias. Recuérdese que en el conjunto de soluciones eficientes con uso óptimo de recursos, los pastos naturales no son empleados. En realidad si estos campesinos lograran migrar por periodos largos obtendrían mejores ganancias y no sería necesario que se dediquen al pastoreo. Los datos muestran altos índices de sub empleo y desempleo para estas familias.

En el campo de las actividades; el campesino de este estrato desarrolla solamente las actividades a su alcance y las necesarias: así por ejemplo, no cultiva haba ni cebada, básicamente por falta de tierras y no cría llamas ni caballos por su limitado acceso a los pastizales naturales y escasa disponibilidad de sub productos agrícolas.

### 3. ESCENARIO 01: INCREMENTO DE CAPITALES

Para que el capital aparezca como un recurso no restrictivo es necesario un incremento del 260% de capitales con respecto al nivel original. Con los nuevos capitales se han obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 18**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON INCREMENTO DE**  
**CAPITALES PARA EL ESTRATO BAJO DE PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	ALPACA OVINO	PAPA	OCA, AÑU OLLUCO	CHUÑO	MIGRACIÓN	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	2.3	0.20	0.20	7.27	120	0.00	0.00	0	625.07	3.41	253.12	15.78
02	2.3	0.20	0.00	7.27	120	0.20	0.00	0	641.7	4.40	252.33	11.91
03	2.3	0.00	0.00	0.00	120	0.20	0.20	0	0.00	9.33	188.67	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, el incremento de capitales origina incrementos en los márgenes brutos, en todas las soluciones, pero también ocasiona incrementos en los niveles de impacto ambiental, al introducirse en la cédula de actividades cultivos erosivos. Es decir, para el estrato bajo, en un primer momento, el incremento de capitales, además de incrementar ganancias también incrementa niveles erosivos; sin embargo, los incrementos en los niveles erosivos tienen un techo, pasado el cual se mantienen constantes (este resultado se aprecia en los modelos de los estratos alto y medio).

En el campo de las actividades factibles, el incremento de capitales permite el ingreso de actividades agrícolas y pecuarias no presentes en la solución original. Así, la crianza conjunta de alpaca-ovino y el cultivo intercalado de oca-olluco-año se hacen factibles con el aumento de capitales.

Un primer efecto del incremento de capitales es el incremento desmesurado de la migración, por lo que es necesario colocar como restricción de máxima, una migración temporal tope de 120 días al año, que aparece en la base de la solución.

En el campo de las restricciones, el incremento de capitales permite el uso de todas las praderas disponibles y un mayor empleo de la mano de obra, así como el mayor uso de las tierras de cultivo anual. Un efecto probable del aumento de capitales, en ausencia de tierras excedentarias, sería la de facilitar la migración temporal y quizás definitiva de jóvenes.

#### **4. ESCENARIO 02: PASTOREO INDIVIDUAL CON INCREMENTO DE CAPITALES**

Para el estrato bajo de Palccoyo, las soluciones factibles tanto para el pastoreo individual como para el pastoreo conjunto son exactamente iguales debido, probablemente, a las serias limitaciones de capital disponible. Por esta circunstancia se ha simulado un escenario de pastoreo individual con incremento de capitales en la misma magnitud que en el primer escenario, habiéndose obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 19**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL**  
**E INCREMENTO DE CAPITALES PARA EL ESTRATO BAJO DE**  
**PALCCOYO**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	OVINO	PAPA	CHUÑO	MIGRACIÓN	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	3.58	0.20	7.27	120	0.2	0.00	2	639.43	0.00	256.73	11.91
02	3.88	0.11	4.19	120	0.2	0.08	0	661.44	0.00	231.30	0.85
03	3.88	0.00	0.00	120	0.2	0.20	0	766.06	2.84	195.16	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando estos resultados con los del escenario 01 se aprecia un ligero incremento del margen bruto y una disminución del impacto ambiental para las soluciones maximizadoras de ganancias. Este es un resultado altamente deseable puesto que se cumplen, simultáneamente ambos objetivos.

En el campo de las actividades factibles, la crianza de ovinos aparece como más rentable frente a la crianza de alpaca. En la agricultura queda excluido el cultivo intercalado de oca-olluco-añu por su baja rentabilidad.

En el campo de las restricciones, se observa que el capital es ligeramente más empleado que en el escenario 01 (este factor permite mayores ganancias); así mismo se aprecia menor empleo de mano de obra.

En resumen, el modelo muestra que, si se incrementara capitales en la misma magnitud, el pastoreo individual, es más ventajoso que el pastoreo conjunto, pero si no se incrementan capitales, ambas modalidades son iguales en rentabilidad e impacto ambiental.

## **D. ESTRATO ALTO DE MAHUAYPAMPA**

### **1. OPTIMIZACION BE RECURSOS DISPONIBLES**

En Mahuaypampa se practica la modalidad de pastoreo conjunto de vacunos, ovinos, cerdos y caballos, por lo que para analizar el uso de los recursos disponibles se ha considerado esta modalidad, excluyendo el pastoreo individual, habiéndose obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 20**  
**GRUPO DE SOLUCIONES CONSIDERANDO PASTOREO CONJUNTO PARA**  
**EL ESTRATO ALTO DE MAHUAYPAMPA**

N°	RESTRICCIONES				RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACUNO OVINO CERDO CABALLO	PAPA S.T. CEBADA	PAPA S.T.	MAÍZ	TIERRAS USO CONTINUO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	3.3	1.38	0.5	1.18	0.00	0.00	0.0	0	190.91	222.52	655.68	25.94
02	3.3	1.38	0.5	0.00	0.00	1.18	0.0	0	294.90	281.32	650.98	14.06
03	3.3	1.38	0.0	0.00	0.00	1.18	0.5	0	342.19	381.38	551.38	4.90
04	3.3	0.00	0.0	0.00	1.38	1.18	0.5	0	576.66	136.08	148.11	0.00

S.T. = Siembra temprana

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos se aprecia que la solución 01 maximiza ganancias (655.68 nuevos soles) e impacto ambiental (25.94 toneladas de suelo perdido) mientras que la solución 04 minimiza tanto el impacto ambiental como las ganancias. Las soluciones 02 y 03 son intermedias. El paso de la solución 01 a la 02 significa una pequeña reducción del margen bruto, en cambio, los niveles erosivos disminuyen en mayor proporción por lo que una solución recomendable sería llevar a cabo el conjunto de actividades de la solución 02.

Si el campesino estuviera dispuesto a pasar de la solución 01 a la 02, sea aceptando pequeñas disminuciones en sus ganancias o si el estado subsidiara estas pérdidas, sería necesario pagar 0.396 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se conserva.

En el campo de las actividades (variables de decisión), se aprecia que el pastoreo conjunto de vacuno-ovino-cerdo-caballo es el que menos impacta sobre el suelo y el que otorga mayores ganancias, por lo que, aparece en todas las soluciones. En la agricultura, la actividad más rentable y menos erosiva es el cultivo continuo (doble campaña) de papa siembra temprana - cebada; como segunda opción aparece el cultivo de papa siembra grande en terrenos de rotación y como última actividad factible aparece el cultivo de maíz que presenta pequeñas rentabilidades y altos niveles erosivos. No aparecen en la base de la solución cultivos puros de papa s.t., cebada y haba y el cultivo de papa s.t. - haba en doble campaña en terrenos de cultivo continuo; tampoco aparece en la base de la solución el cultivo de olluco.

En el campo de las restricciones, el pasto natural es el más empleado y limitante, en cambio la mano de obra y el capital son recursos que sobran. En cuanto a tierras, el cultivo continuo es el más usado y limitante, le siguen las tierras de rotación y las de cultivo anual que son las menos rentables. Es obvio que la intensidad de uso de las tierras depende de la rentabilidad de los cultivos que se

llevan adelante en esas tierras.

Se explican estos resultados por la escasez de pastos naturales en esta comunidad y la alta rentabilidad de las tierras de cultivo continuo por el empleo del riego por aspersión.

El capital no es un recurso restrictivo y tal vez a la existencia de excedentes explique la adquisición de bienes de capital. También existen excedentes de mano de obra. Factor que podría explicar su empleo en actividades poco rentables como el cultivo de haba y olluco.

Los resultados indican que el cultivo de haba no es factible por su baja rentabilidad, sin embargo, este cultivo es conservador y mejorador del suelo y, además, es proteico, por lo que resulta necesario algún tipo de políticas que mejoren los precios de este producto; de igual modo para el caso del maíz (aunque se ha visto que en terrenos maizales ocurren altos niveles erosivos) por ser importante para el autoconsumo. Es decir, para mejorar los niveles de ingreso e impactar menos sobre el medio ambiente es necesario modificar ciertos factores exógenos (por ejemplo: los precios de la haba) y algunos factores endógenos (por ejemplo: el uso más eficiente de sub productos agrícolas como la chala y paja de haba).

## **2. COMPARACION DE VALORES OPTIMOS CON VALORES REALES**

Las actividades, el uso de recursos y las magnitudes de objetivos logrados en la vida, real por estos campesinos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 21**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO ALTO DE MAHUAYPAMPA**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornales)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	28.69	0.00	179	8	25
VACUNO	87.63	0.00	217	10	32
CERDO	5.52	0.00	19	1	6
CABALLO	19.60	0.00	176	8	27
PAPA S.T.	80.63	2.29	71	—	116
HABA	2.15	2.54	54	—	14
CEBADA	130.50	2,66	45	—	56
MAÍZ	2.07	5.23	46	—	26
PAPA S.G.	40.19	3.70	19	—	42
OLLUCO	0.74	1.91	11	—	2
<b>TOTAL</b>	<b>397.72</b>	<b>18.33</b>	<b>837</b>	<b>27</b>	<b>346</b>

S.T. = Siembra temprana

S.G. = Siembra grande

FUENTE: Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en realidad alcanza el productor del estrato alto de Mahuaypampa se observa que:

En el campo de los objetivos, tanto el margen bruto como el impacto ambiental son bastante inferiores al que se alcanza en la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones eficientes optimizadoras de recursos. Este resultado se debe a que estas familias diversifican su cartera, dedicándose a actividades menos rentables pero también menos erosivas; sin embargo, estas familias no son eficientes optimizadoras de recursos; podrían obtener ganancias sustancialmente mayores y erosividades muy pequeñas si se dedicaran al conjunto de actividades de la solución 03 del conjunto optimizador de recursos.

En el campo de las restricciones, estos campesinos utilizan la totalidad de las praderas disponibles, pero emplean menos mano de obra y capital que en la solución 01 optimizadora de recursos. Este caso evidencia que esos campesinos podrían obtener mejores resultados en ambos objetivos con sus actuales recursos solamente llevando a cabo una mejor asignación de recursos.

En el campo de las actividades esos campesinos ejecutan todas las alternativas a su disposición incluyendo aquellas de baja rentabilidad y altamente erosivas que no ingresan en el conjunto de soluciones optimizadores de recursos.

### 3. ESCENARIO 01: PASTOREO INDIVIDUAL

Las familias de este estrato no presentan limitaciones de capital por lo que el único escenario que se ha simulado es el de pastoreo individual, debido a que es necesario conocer cuál de las crianzas es más ventajosa y en qué medida varían los valores de la función objetivo y de las restricciones. En este escenario se han obtenido los siguientes resultados:

**CUADRO N° 22**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL**  
**PARA EL ESTRATO ALTO DE MAHUAYPAMPA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES					OBJETIVOS	
	VACU-NOS	PAPA S.T. CEBADA	MAÍZ	PAPA S.G	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	4.09	1.38	1.18	0.5	0.00	0.0	0	188.66	218.44	731.97	25.94
02	4.09	1.38	0.00	0.5	0.00	0.0	0	292.15	277.24	727.26	14.06
03	4.09	1.38	0.00	0.0	0.00	0.5	0	339.93	380.36	627.67	4.90
04	4.09	0.00	0.00	0.0	1.38	0.5	0	574.36	732.00	225.00	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se aprecia un incremento sustancial de los márgenes brutos con respecto a la solución original, manteniéndose sin variaciones los niveles de erosión, en todas las soluciones factibles. Otra vez, se observa que el paso de la solución 02 a la 01 (maximizadora de ganancias) significa un fuerte incremento de los niveles erosivos para un pequeño incremento de las ganancias, por lo que aparece como recomendable el conjunto de actividades de la solución 02. Cabe anotar que el cultivo de maíz es la actividad que ocasiona altos niveles erosivos y proporciona pequeñas ganancias, al ingresar en la solución 01.

En el campo de las actividades, se observa que la crianza más deseable es el vacuno y es el causante de los fuertes incrementos en los márgenes brutos, porque las actividades agrícolas son las mismas que en la solución original. Sería recomendable mejorar la crianza de vacunos haciendo eficiente el uso de sub productos agrícolas.

En el campo de las restricciones, se emplean cantidades ligeramente mayores tanto de capital como de mano de obra y no llegan a constituirse en recursos limitantes. El pasto natural sigue siendo empleado en su totalidad y es el recurso más restrictivo. Probablemente sí se desean mejorar los niveles de calidad del ganado y de producción pecuaria se deben introducir pastos cultivados y un mejor uso de sub productos agrícolas al no dar para más las actuales praderas.

En resumen, el campesino de estrato alto de Mahuaypampa le convendría el pastoreo individual de vacunos frente al pastoreo conjunto, por las mejores ganancias para el mismo impacto ambiental.

## E. ESTRATO MEDIO DE MAHUAYPAMPA

### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

Considerando, solamente, la modalidad de pastoreo conjunto se ha obtenido el siguiente set de soluciones eficientes:

**CUADRO N° 23**  
**GRUPO DE SOLUCIONES EFICIENTES CONSIDERANDO PASTOREO**  
**CONJUNTO PARA EL ESTRATO MEDIO DE MAHUAYPAMPA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACUNO OVINO CERDO CABALLO	PAPA S.T. CEBADA	MAÍZ	PAPA S.G.	TIERRAS USO CONTINUO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIEN- TAL
01	1.96	0.71	0.08	0.68	0.45	0.00	0	0	46.20	0.00	369.96	10.81
02	1.96	0.71	0.08	0.00	1.14	0.00	0	0	132.51	78.71	346.69	3.90
03	1.96	0.71	0.00	0.00	1.14	0.08	0	0	146.09	95.21	331.99	2.53
04	1.96	0.00	0.00	0.00	1.14	0.08	0	0	471.70	316.08	78.34	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se observa que la solución 01, que incluye la crianza conjunta de vacuno-ovino-cerdo-caballo, el cultivo en doble campaña de papa s.t.-cebada, el cultivo de papa s.g. y maíz, es la que maximiza ganancias con 369.96 nuevos soles, pero también origina los mayores niveles erosivos con 10.81 toneladas en pérdida de suelos. La solución 04 que incluye solamente la crianza conjunta es la que minimiza impacto ambiental. Las soluciones 02 y 03 son intermedias. El paso de la solución 02 a la 01 significa pequeños incrementos en las ganancias y un aumento brusco, más que proporcional, de los niveles erosivos; este hecho se debe al ingreso del maíz, en la solución 01, que no es muy rentable y es bastante erosivo.

Se calcula que, si el campesino estuviera dispuesto a pasar de la solución 03 a la 02 tendría que sacrificar o el Estado tendría que subsidiar 3.37 nuevos soles por cada tonelada que se conserva. En concreto, se tendría que dejar de cultivar maíz y este producto tendría que ser comprado con dineros provenientes de subsidios o de otras actividades más rentables y darle un mejor uso a las tierras de cultivo anual donde se cultiva el maíz.

En el campo de las actividades, el pastoreo conjunto es el menos erosivo y uno de los más rentables por lo que aparece en todas las soluciones factibles. En la

agricultura, el cultivo en doble campaña de papa siembra temprana-cebada es el más rentable y con moderado impacto ambiental; le sigue el cultivo de papa siembra grande y como última alternativa factible se presenta el cultivo del maíz. No aparecen en la base la solución los cultivos puros de papa siembra temprana, haba, cebada y olluco, tampoco el cultivo en doble campaña papa siembra temprana-haba.

Los precios y rendimientos del cultivo de haba deberían mejorar sustancialmente para competir con la cebada, que es un cultivo depresivo (con mayor demanda de nutrientes) pero de buena rentabilidad.

En el campo de las restricciones, el pasto natural es el recurso más limitante; el capital aparece como restrictivo en la solución 01 (maximizadora de ganancias) y en las tres restantes es un recurso que sobra. El empleo de mano de obra se acerca a su total uso en la solución 01 pero en ningún caso es limitante. Este estrato es el que mejor se acerca al concepto de mano de obra adecuadamente empleada, se recuerda que se ha considerado como precio de la mano de obra el jornal vigente en la zona.

Un cierto incremento de capitales originará mayor uso de las tierras de cultivo anual destinadas al maíz, un pequeño incremento de las ganancias y un fuerte aumento de los niveles erosivos en la solución maximizadora de ganancias, pero después de haberse usado todas las tierras anuales disponibles tanto las ganancias como los niveles erosivos llegarán a un tope pasado el cual se mantienen estables. Un mayor incremento de capitales, probablemente, serían destinados hacia otras actividades como el comercio o la compra de artefactos.

Entre las tierras, las más limitantes son las de cultivo continuo y las menos restrictivas los de cultivo anual, aunque en la práctica los terrenos maizales son bastante deseados por aspectos culturales y la costumbre de cultivar y consumir maíz.

## **2. COMPARACIÓN DE VALORES OPTIMOS CON VALORES REALSS**

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos logrados por estos campesinos en la vida real se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 24**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO MEDIO DE MAHUAYPAMPA**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornadas)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	19.17	0.00	120	5	17
VACUNO	60.16	0.00	169	7	25
CERDO	3.12	0.00	11	1	3
CABALLO	2.56	0.00	58	3	9
PAPA S.T.	35.10	0.53	61	—	29
HABA	24.19	1.91	47	—	11
CEBADA	68.69	2.00	28	—	68
MAIZ	7.65	2.27	28	—	26
PAPA S.G.	16.66	1.55	15	—	19
OLLUCO	1.65	1.37	8	—	2
<b>TOTAL</b>	<b>238.95</b>	<b>9.10</b>	<b>545</b>	<b>16</b>	<b>209</b>

S.T. = siembra temprana

S.G. = siembra grande

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en realidad alcanza el productor del estrato medio de Mahuaypampa se observa:

En el campo de los objetivos, el margen bruto y el impacto ambiental son inferiores en 54% y 19% respectivamente en relación a la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones eficientes optimizadoras de recursos. Este resultado se debe a que estas familias diversifican su cartera de actividades dedicándose a rubros menos rentables, pero también menos erosivas. Sin embargo, no son optimizadoras de recursos debido a que, si por ejemplo, se dedicarían al conjunto de actividades de la solución 02 obtendrían ganancias sustancialmente mayores y niveles de erosividad muy pequeñas.

En el campo de las restricciones, estos campesinos utilizan la totalidad de los pastos naturales a su disposición; por otro lado emplean menos cantidad de mano de obra y capitales de la que podrían utilizar. Estas comparaciones muestran que éstos campesinos podrían obtener mejores resultados en ambos objetivos mediante una mejor asignación de sus actuales recursos.

En el campo de las actividades, estos campesinos ejecutan todas las actividades a su alcance incluyendo aquellas de baja rentabilidad y las erosivas que no ingresan en el conjunto de soluciones optimizadores de recursos.

### 3. ESCENARIO 01: PASTOREO INDIVIDUAL

Se ha simulado un escenario con pastoreo individual con la finalidad de conocer las crianzas más convenientes al productor y comparar los resultados con la solución original. El conjunto de soluciones eficientes obtenido ha sido el siguiente:

**CUADRO N° 25**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL**  
**PARA EL ESTRATO MEDIO DE MAHUAYPAMPA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACU- NO	PAPA S.T. CEBADA	MAÍZ	PAPA S.G.	TIERRAS DE USO CONTINUO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURA- LES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	2.42	0.71	1.09	0.08	0.00	0.09	0.00	0	0.00	40.57	422.53	14.42
02	2.42	0.71	0.00	0.08	0.00	1.14	0.00	0	131.18	160.29	387.14	3.90
03	2.42	0.71	0.00	0.00	0.00	1.14	0.08	0	144.75	176.79	312.44	2.50
04	2.42	0.00	0.00	0.00	0.71	1.14	0.08	0	470.30	397.67	118.79	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, se aprecia sustanciales incrementos en los márgenes brutos en todas las soluciones factibles, sin embargo, en la solución 01 se producen, también, fuertes incrementos en los niveles erosivos, debido a la inclusión de mayores extensiones de maíz. El paso de la solución 02 a la solución 01 significa un incremento brusco del orden de 370% de impacto ambiental frente a un incremento de 109% de las ganancias, por lo que es recomendable llevar a cabo el conjunto de actividades de la solución 02.

En el campo de las actividades, la crianza de vacunos es más rentable frente a la crianza de ovinos, cerdos y caballos que no aparecen en la base de la solución. La crianza individual incrementa el cultivo de maíz al liberar capitales que se destinan al maíz, pero, al mismo tiempo, se incrementan los niveles erosivos. No se cultivan todas las tierras de cultivo anual debido a que la mano de obra aparece como limitante en la solución 01.

En el campo de las restricciones, se observa el uso más eficiente de los capitales demostrado por el aumento de las ganancias y porque ya no es restrictivo en ningún caso. Por otro lado, se produce un mayor empleo de mano de obra a tal punto que se hace restrictiva en la solución 01; es decir, también se hace mucho más eficiente el uso de mano de obra, reduciéndose el sub empleo y el desempleo a cero. Los pastos naturales siguen siendo los más limitantes y las tierras de cultivo anual los de menos uso.

En resumen, para estas familias, el pastoreo individual resulta más ventajoso que el pastoreo conjunto, por el empleo más eficiente de capitales y mano de obra, así

como el logro de mejores ganancias, aunque la solución 01 (maximizadora de ganancias) ocasiona mayores niveles erosivos; sin embargo, inclusive la solución 02 resulta más conveniente que la solución 01 original.

## F. ESTRATO BAJO DE MAHUAYPAMPA

### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

Considerando, solamente, la modalidad de pastoreo conjunto se ha obtenido el siguiente set de soluciones factibles:

**CUADRO N° 26**  
**GRUPO DE SOLUCIONES EFICIENTES CONSIDERANDO PASTOREO**  
**CONJUNTO PARA EL ESTRATO BAJO DE MAHUAYPAMPA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACUNO OVINO CERDO CABALLO	PAPA S.T. CEBADA	MAÍZ	PAPA S.G.	TIERRAS DE USO CONTINUO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS DE ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	1.62	0.62	1.43	0.03	0.00	0.00	0.00	0	322.45	33.72	571.45	17.10
02	1.62	0.62	1.43	0.00	0.00	0.00	0.03	0	325.35	36.97	571.27	16.64
03	1.62	0.62	0.00	0.00	0.00	1.43	0.03	0	482.32	86.91	454.26	2.20
04	1.62	0.00	0.00	0.00	0.62	1.43	0.03	0	646.46	182.4	119.74	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, la solución 01 que incluye la crianza conjunta de vacuno-ovino-cerdo-caballo, el cultivo en doble campaña de papa s.t.-cebada, cultivo de maíz y papa s.g. es maximizadora de margen bruto con 571.45 nuevos soles de ganancia pero también origina los mayores niveles erosivos con 17.10 toneladas de pérdida de suelos, mientras que la solución 04, que incluye solamente la crianza conjunta, minimiza impacto ambiental y ganancias. Las soluciones 02 y 03 son intermedias.

Si se comparan las soluciones, se aprecia que el paso de la solución 01 a la 02, prácticamente, no significa ninguna pérdida de ganancias y se disminuyen en 0.46 t/ha, las pérdidas de suelos; este hecho se debe a que el cultivo de papa siembra grande, para este estrato, proporciona muy pocas ganancias. Por otro lado, el paso de la solución 02 a la 03 significa una disminución de las ganancias del 20% y una reducción de las pérdidas de suelo del orden del 87%, este hecho se debe a que el cultivo de maíz proporciona pequeñas ganancias y origina grandes pérdidas de suelo. Para este estrato es recomendable llevar a cabo, en primer lugar, el conjunto de actividades de la solución 03 y, en segundo lugar, el conjunto de actividades de la solución 02; lo que significa dejar de cultivar maíz y papa s.g. para el primer caso y papa s.g. para el segundo caso.

Si el agricultor estuviera dispuesto a pasar de la solución 01 a la 02 perdería, solamente, 0.39 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se conserva; en cambio si estuviera dispuesto a pasar de la solución 02 a la 03 sacrificaría 8.11 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se conserva. Para el agricultor sería mucho más factible quedarse en la solución 02.

En el campo de las actividades, el pastoreo conjunto aparece como la menos impactante y una de las más rentables, por lo que aparece en todas las soluciones factibles. En la agricultura el cultivo en doble campaña de papa s.t.- cebada aparece como la más rentable y con moderada erosividad; le sigue en importancia el cultivo de maíz y como último cultivo factible la papa s.g. Para este estrato, el maíz es más rentable que la papa s.g., hecho que es a la inversa para los estratos alto y medio. No aparecen en la base de la solución los cultivos puros de papa s.t., haba, cebada y olluco y tampoco el cultivo en doble campaña de papa s.t.-haba.

En el campo de las restricciones, la pradera natural es la más empleada y constituye el recurso más restrictivo; en cambio, tanto el capital como la mano de obra no son limitantes. Probablemente, un incremento de capitales no conduzca hacia actividades productivas, sino hacia actividades como el comercio y la migración o la compra de bienes suntuarios.

Por otro lado, el hecho de que para este estrato los capitales no sean restrictivos no significa que este recurso sea abundante, sino que estos no pueden ser empleados debido a la escasez de tierras agrícolas y pastos naturales; por lo que, inclusive estas familias deben dedicarse al trabajo asalariado, porque, como aparece en la base de la solución, existen excedentes considerables de mano de obra.

El trabajo asalariado no se ha considerado en el modelo, debido a que no es fácil la cuantificación de su impacto sobre la erosión de suelos, ya que los campesinos realizan trabajos asalariados en actividades agrícolas con muy diversos impactos ambientales.

## **2. COMPARACIÓN DE VALORES OPTIMOS CON VALORES REALES**

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos logrados por estos campesinos en la vida real se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 27**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR FAMILIAS**  
**DEL ESTRATO BAJO DE MAHUAYPAMPA**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornales)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	3.91	0.00	16	1	3
VACUNO	95.74	0.00	117	5	23
CERDO	4.40	0.00	11	1	4
CABALLO	6.32	0.00	71	3	11
PAPA S.T.	21.61	0.31	19	—	11
HABA	1.80	1.60	32	—	7
CEBADA	154.21	3.40	40	—	37
MAIZ	28.29	3.49	38	—	12
PAPA S.G.	0.55	1.44	9	—	10
OLLUCO	0.12	0.72	5	—	1
<b>TOTAL</b>	<b>316.95</b>	<b>10.96</b>	<b>358</b>	<b>10</b>	<b>119</b>

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en la práctica alcanza el productor del estrato bajo de Mahuaypampa se observa que:

En el campo de los objetivos, el margen bruto y el impacto ambiental son inferiores en 80% y 54%, respectivamente, en relación a la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones optimizadoras de recursos. Este resultado se debe a que estas familias diversifican su cartera dedicándose a rubros menos rentables pero también menos erosivos; las menores ganancias también se deben al uso económicamente inadecuado de las tierras de cultivo continuo. Sin embargo, a pesar de los bajos niveles de erosividad, estos campesinos no son eficientes asignadores de recursos, debido a que, sí por ejemplo, se dedicaran al conjunto de actividades de la solución 02 obtendrían ganancias sustancialmente mayores con el mismo nivel de erosividad actual.

En el campo de las restricciones, estos campesinos utilizan la totalidad de los pastos naturales a su disposición, igual que en la solución óptima; por otro lado, en la práctica emplean menor cantidad de mano de obra y de capitales de la que deberían utilizar. Estas comparaciones muestran que estos campesinos podrían obtener mejores resultados en ambos objetivos mediante una mejor asignación de sus actuales recursos.

En el campo de las actividades, estos campesinos ejecutan todas las actividades a su alcance incluyendo aquellas de baja rentabilidad y las de

alta erosividad que no ingresan en el conjunto de soluciones optimizadores de recursos.

### 3. ESCENARIO 01: PASTOREO INDIVIDUAL

Se ha simulado un escenario con pastoreo individual con la finalidad de comparar resultados y conocer las crianzas más ventajosas al productor. El conjunto de soluciones eficientes obtenido es el siguiente:

**CUADRO N° 28**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL PARA EL ESTRATO BAJO DE MAHUAYPAMPA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES				RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACUNO	PAPA S.T. CEBADA	MAÍZ	PAPA S.G.	TIERRAS DE USO CONTINUO	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	3.77	0.62	0.03	1.43	0.00	0.00	0.00	0	322.58	24.03	636.61	17.10
02	3.77	0.62	0.00	1.43	0.00	0.00	0.03	0	325.48	27.18	636.44	16.64
03	3.77	0.62	0.00	0.00	0.00	1.43	0.03	0	482.45	77.23	519.42	2.22
04	3.77	0.00	0.00	0.00	0.62	1.43	0.03	0	646.58	172.72	184.91	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, la crianza individual proporciona fuertes incrementos de las ganancias con respecto a la crianza conjunta, manteniéndose sin variaciones el impacto ambiental para las cuatro soluciones factibles. Igual que en el caso original, las soluciones 02 y 03 son las más favorables, especialmente la solución 03, que representa fuertes disminuciones de impacto ambiental.

En el campo de las actividades, la crianza de vacunos es más rentable que la crianza de ovinos, cerdos y caballos, no presentes en la base de la solución. Las actividades agrícolas permanecen iguales a la solución original.

En el campo de las restricciones, se usa la misma cantidad de mano de obra y un poco más de capital que con pastoreo conjunto; los pastos naturales siguen siendo el recurso más restrictivo y las tierras agrícolas son empleadas de igual forma que en la solución original.

En resumen, para el campesino resulta más ventajoso el pastoreo individual de vacunos frente al pastoreo conjunto, principalmente por las mayores ganancias que proporciona y el nulo incremento del impacto ambiental.

## G. ESTRATO ALTO DE CHOQUECANCHA

### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

En Choquecancha no se practica el pastoreo conjunto, siendo generalizada la modalidad de crianza y pastoreo individual de especies pecuarias. Entonces, considerando todas las actividades que aparecen en la matriz de coeficientes técnicos, para este estrato, se ha obtenido el siguiente conjunto de soluciones eficientes:

**CUADRO N° 29**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON PASTOREO INDIVIDUAL**  
**PARA EL ESTRATO ALTO DE CHOQUECANCHA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES							RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACUNO	OVINO	CERDO	MAÍZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	MIGRACION	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN S.T.	TIERRAS ROTACIÓN S.G.	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	0.00	13.84	4.45	1.0	0.24	0.43	120	0	0.00	0.00	9.75	0.00	0	578.38	86.33
02	1.78	7.20	0.00	1.0	0.24	0.43	120	0	0.00	0.00	10.06	0.00	0	541.92	48.85
03	2.93	0.00	0.00	1.0	0.24	0.43	120	0	0.00	0.00	20.37	101.04	0	512.56	24.55
04	3.07	0.00	0.00	1.0	0.00	0.43	120	0	0.24	0.00	17.19	111.11	0	503.34	20.54
05	3.24	0.00	0.00	1.0	0.00	0.00	120	0	0.24	0.43	13.40	121.56	0	467.88	13.02
06	0.00	0.00	0.00	1.0	0.00	0.00	120	0	0.24	0.43	85.62	870.00	81	343.00	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, la solución 01, que incluye la crianza de ovinos y cerdos; el cultivo asociado de maíz-haba, papa siembra temprana, papa siembra grande y la migración temporal, es la que maximiza el margen bruto con 578.38 nuevos soles de ganancia, pero también maximiza niveles erosivos, con 86.33 toneladas en pérdida de suelos; por otro lado, la solución 06, que incluye el cultivo asociado de maíz-haba y la migración, minimiza impacto ambiental, pero también las ganancias son las más pequeñas. Las soluciones 02 al 05 son intermedias.

Un breve examen de los objetivos logrados muestra que las soluciones 03 y 04 presentan niveles erosivos moderados (aproximadamente la tercera y cuarta parte de la solución 01) y buenas ganancias (no muy alejadas de la solución 01), por lo que, el conjunto de actividades llevadas a cabo en esas soluciones se presentan como las más recomendadas con fines de conservación de suelos.

Cabe anotar que, para Choquecancha las actividades pastoriles ocasionan mayores niveles de erosión que la actividad agrícola en terrenos de cultivo anual, debido a que, el pastoreo se practica sobre praderas con fuertes pendientes, mientras que las tierras anuales se encuentran en terrazas de poca pendiente.

Si el campesino estuviera dispuesto a pasar de la solución 01 a la 02 tendría que sacrificar, solamente, 0.97 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se

conserva. Para este estrato, pasar de la solución 01 a la 02 significa disminuir su capital pecuario especialmente de ovinos y cerdos.

En el campo de las actividades ganaderas, la crianza de vacunos aparece como una de las más favorables en rentabilidad, le siguen en importancia los ovinos y cerdos; no aparecen en la base de la solución los caballos. En la agricultura, el cultivo asociado de maíz-haba se presenta como uno de los más rentables y menos erosivos, por lo que aparece en todas las soluciones, le siguen en importancia los cultivos de papa siembra grande (s.g.) y papa siembra temprana (s.t.) en ese orden. No aparece el cultivo intercalado de oca-olluco-añu. La migración es otra actividad que coincide con los objetivos buscados por el modelo, siendo necesario colocar una restricción de máxima de 120 días anuales, que aparece en todas las soluciones, para darle realismo.

En el campo de las restricciones, el capital aparece como el más restrictivo y solamente sobra en la solución 06 minimizadora de impacto ambiental; la mano de obra aparece como restrictiva en las soluciones 01 y 02 maximizadoras de ganancias y va sobrando a medida que se minimiza impacto ambiental; el pasto natural en ningún caso es restrictivo.

Los resultados muestran que este estrato hace uso eficiente de la mano de obra al encontrarse adecuadamente empleada y que con más capitales se haría aún mucho más restrictiva y tal vez originaría la captación de mano de obra asalariada en épocas punta. Por otro lado, los pastos naturales son un recurso que sobra, precisamente por la escasez de mano de obra y de capitales, aunque en Choquecancha existen grandes extensiones de pradera.

En cuanto a tierras, las más restrictivas son las de cultivo anual, le siguen en importancia las tierras de rotación para siembra grande y las de siembra temprana.

## **2. COMPARACIÓN DE VALORES OPTIMOS CON VALORES REALES**

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos logrados en la práctica por estos campesinos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 30**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO ALTO DE CHOQUECANCHA**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL	MANO DE OBRA	PASTO NATURAL	CAPITAL
	(soles)	(t/ha)	(jornales)	(ha)	(soles)
OVINO	21.32	8.57	109	11	9
VACUNO	85.69	9.31	535	52	29
CERDO	29.12	14.63	58	5	15
CABALLO	16.00	16.08	184	18	20
MAÍZ	22.14	0.00	24	—	2
MAIZ - HABA	129.06	0.00	115	—	13
PAPA S. T.	14.49	4.58	43	—	4
PAPA S. G.	52.25	9.16	56	—	5
OCA-OLLUCO-AÑU	1.00	4.82	36	—	2
MIGRACIÓN	10.99	0.00	8	—	2
<b>TOTAL</b>	<b>382.06</b>	<b>67.15</b>	<b>1168</b>	<b>86</b>	<b>101</b>

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que en la práctica alcanza el productor del estrato alto de Choquecancha se observa:

En el campo de los objetivos, el margen bruto y el impacto ambiental son inferiores en 51% y 28%, respectivamente, en relación a la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones optimizadores de recursos. Este resultado se debe a que en la práctica estos campesinos migran pocos días y crían mucho menos cerdos y ovinos que en la solución óptima; estas crianzas aparecen en el modelo como más erosivas que las otras especies pecuarias. Sin embargo, a pesar de los inferiores niveles de erosividad, estas familias no son eficientes asignadores de recursos, debido a que, si por ejemplo, se dedicaran al conjunto de actividades de la solución 05, obtendrían mayores ganancias y niveles de erosividad bastante pequeños.

En el campo de las restricciones, estos campesinos utilizan la totalidad de los pastos naturales a su disposición, hecho que no sucede en el modelo optimizado y por otro lado, emplean una cantidad ligeramente mayor de mano de obra que la disponible, hecho que estaría indicando contratación de fuerza de trabajo extra familiar. Finalmente, el capital es empleado en menor cantidad que en el óptimo. El uso total de la mano de obra familiar y el logro de menores ganancias indica subempleo de este recurso por una inadecuada asignación, podría decirse que estos campesinos son maximizadores del uso de mano de obra familiar.

En el campo de las actividades, estos campesinos realizan todas las actividades a su alcance, con excepción de la crianza de caprinos, incluyendo aquellas que no contribuyen a los objetivos planteados.

### 3. ESCENARIO 01: INCREMENTO DE CAPITALES

Siendo el capital uno de los recursos más restrictivos se ha simulado un escenario con mayor disponibilidad de capitales, habiendo sido necesario un incremento del orden del 195% con respecto al capital original, para que este recurso aparezca como no limitante en la mayoría de las soluciones factibles. El conjunto de soluciones eficientes obtenido ha sido el siguiente:

**CUADRO N° 31**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON INCREMENTO DE**  
**CAPITALES PARA EL ESTRATO ALTO DE CHOQUECANCHA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES						RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACU-NO	CERDO	MAÍZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	MIGRACION	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN S.T.	TIERRAS ROTACIÓN S.G.	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	0.00	48.90	1.0	0.21	0.42	120	0	0.00	0.00	12.29	0	0.00	793.73	208.82
02	0.00	48.58	1.0	0.24	0.42	120	0	0.00	0.00	12.78	0	0.87	792.88	208.07
03	3.36	0.00	1.0	0.24	0.43	120	0	0.00	0.00	10.61	0	111.07	528.74	26.31
04	3.55	0.00	1.0	0.00	0.43	120	0	0.24	0.00	6.46	0	109.98	521.14	22.47
05	3.77	0.00	1.0	0.00	0.00	120	0	0.24	0.42	1.66	0	108.84	482.35	15.14
06	0.00	0.00	1.0	0.00	0.00	120	0	0.24	0.42	85.65	870	203.00	343.00	0.00

FUENTE: Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, el incremento de capitales produce incrementos en el margen bruto de la solución maximizadora de ganancias en el orden del 137%, pero también se producen incrementos de los niveles erosivos en el orden del 242% con respecto a la solución maximizadora de ganancias original. El incremento desproporcional del impacto ambiental se debe a la dinamización de la actividad pecuaria (con fuerte incremento en la crianza de cerdos) que, en la comunidad, ocasiona niveles erosivos superiores al mínimo.

Por otro lado, en el conjunto de soluciones eficientes se aprecia que el paso de la solución 03 a la 02 origina un incremento del 150% de las ganancias y del 791% de impacto ambiental; por lo que la solución 03, que incluye crianza de vacunos, cultivo asociado maíz-haba, cultivo de papa s.t., cultivo de papa s.g. y migración, sería recomendable en caso de incrementarse capitales.

En el campo de las actividades pecuarias, el incremento de capitales ocasionaría fuertes incrementos en la crianza de cerdos y en menor medida la crianza de vacunos. El modelo considera que la crianza de cerdos es bastante rentable pero también es muy erosiva por lo que los vacunos son una alternativa moderada. En

las demás actividades no se observan mayores cambios.

En el campo de las restricciones, se aprecia el uso más intensivo de la mano de obra a medida que se incrementan los capitales, siendo este uno de los efectos más importantes, a tal punto que en 5 de las 6 soluciones factibles, la mano de obra constituye el recurso más escaso. En la práctica, estas familias captan, aunque en forma incipiente, mano de obra asalariada, hecho que constituye un indicador de necesidades extra familiares de mano de obra. El capital sigue siendo restrictivo en la solución maximizadora de ganancias, mientras que los pastos naturales constituyen el recurso más abundante.

En resumen, para el estrato alto de Choquecancha, el incremento de capitales ocasionaría sustanciales incrementos en los márgenes brutos, pero al mismo tiempo se incrementarían drásticamente los niveles erosivos hasta un punto en donde el capital no constituya un recurso restrictivo en el que los niveles erosivos se mantendrían estables, pero en magnitudes elevadas. Otro efecto importante es el empleo casi total de la mano de obra familiar. El mensaje más importante del modelo es incrementar capitales, pero incluyendo programas de manejo y conservación de praderas naturales.

## H. ESTRATO MEDIO DE CHOQUECANCHA

### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

Considerando todas las actividades presentes en la matriz de coeficientes técnicos correspondientes a este estrato se ha obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 32**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES PARA EL ESTRATO MEDIO DE CHOQUECANCHA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES								RESTRICCIONES					OBJETIVOS		
	CERDO	CABRA	VACU-NO	OVINO	MAÍZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	MIGRA-CION	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN S.T.	TIERRAS ROTACIÓN S.G.	PASTOS NATU-RALES	MANO DE OBRA	CAPIT-AL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIEN-TAL
01	12.47	7.16	0.00	0.00	0.00	0.28	0.38	120	1.53	0.00	0.00	0.00	772.68	0	400.09	91.65
02	10.92	0.00	0.00	3.33	0.00	0.28	0.38	120	1.53	0.00	0.00	0.00	772.62	0	389.09	70.07
03	4.40	0.00	1.97	0.00	0.00	0.28	0.38	120	1.53	0.00	0.00	0.00	774.65	0	369.99	38.37
04	0.00	0.00	2.47	0.00	0.04	0.28	0.38	120	1.49	0.00	0.00	0.00	770.77	0	351.81	22.67
05	0.00	0.00	2.47	0.00	0.06	0.28	0.00	120	1.47	0.00	0.38	0.00	808.57	0	315.03	15.32
06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.28	0.00	120	1.21	0.00	0.38	33.00	1118.08	0	243.30	5.40
07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	120	1.18	0.28	0.38	33.00	1163.51	0	177.87	0.00

S.T. = Siembra temprana

S.G. = Siembra grande

FUENTE: Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, la solución 01, que incluye las crías de cerdo y

cabra, los cultivos de papa s.t., papa s.g. y la migración, maximiza margen bruto con 400.09 nuevos soles de ganancia y ocasiona el mayor impacto ambiental con 91.65 toneladas en pérdida de suelos. En el otro extremo, la solución 07, que incluye el cultivo asociado maíz-haba y la migración, minimiza impacto ambiental y ganancias. Además, este conjunto de soluciones eficientes presenta 5 soluciones intermedias.

Un breve examen de las soluciones intermedias muestra que las soluciones 03 y 04 presentan niveles de ganancia cercanos a la máxima ganancia con niveles bastante menores de erosión de suelos, por lo que aparecen como las más recomendables. Para este estrato incrementar crianzas de cerdos, cabras y ovinos significa mayores niveles erosivos para pequeñas ganancias.

Si el campesino estuviera dispuesto a pasar de la solución 01 (más erosiva) a la solución 02 (menos erosiva), mediante incentivos a través de subsidios estatales o aceptando sacrificar ganancias en aras de una mayor conservación de suelos, tendría que subsidiarse o perder 0.51 nuevos soles por cada tonelada de suelo que se conserva. Este paso significa dejar de criar cabras y pastorear ovinos y cerdos.

En el campo de las actividades ganaderas, la crianza de vacunos aparece como la más conveniente por su rentabilidad; la crianza de cerdos, ovinos y cabras aparece en las soluciones más erosivas por sus menores márgenes brutos. No aparece en la base de la solución la crianza de caballos. En la agricultura, el cultivo asociado de maíz-haba aparece en las 4 soluciones menos erosivas; en cambio la siembra temprana de papa, por su alta rentabilidad, aparece en 6 de las 7 soluciones factibles y la siembra grande de papa se presenta como último cultivo factible. No aparecen en la base de la solución el cultivo puro de maíz y el cultivo intercalado oca-olluco. Finalmente la migración aparece como una actividad que cumple los objetivos del modelo por lo que aparece en todas las soluciones factibles.

En el campo de las restricciones, el recurso más escaso es el capital, le siguen los pastos naturales que se hacen escasos a medida que se incrementan las ganancias; en cambio, la mano de obra constituye un recurso abundante. En cuanto a las tierras, para este estrato las tierras de cultivo anual no deberían ser muy demandadas por su alta demanda de capital, por el uso de insumos modernos, constituyendo en el modelo, el recurso menos restrictivo, en cambio las tierras de rotación y los pastos naturales son limitantes a medida que se maximizan ganancias. Está claro que el nivel de uso de las tierras está en función directa de la rentabilidad de los cultivos que se llevan a cabo en ellas.

## **2. COMPARACION DE VALORES OPTIMOS CON VALORES REALES**

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos

alcanzados en la práctica por estos campesinos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 33**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO MEDIO DE CHOQUECANCHA**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornales)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	13.95	6.23	80	8	6
VACUNO	40.53	5.09	176	17	23
CERDO	12.96	6.51	26	2	6
CABALLO	3.20	3.22	37	4	4
CABRA	5.56	5.59	29	3	1
MAIZ	9.14	0.00	53	—	66
MAIZ-HABA	18.90	0.00	87	—	128
PAPA S. T.	66.36	5.40	50	—	6
PAPA S. G.	37.34	7.35	40	—	4
OCA-OLLUCO-AÑU	0.56	5.40	36	—	2
MIGRACIÓN	46.00	0.00	33	—	8
<b>TOTAL</b>	<b>254.50</b>	<b>44.79</b>	<b>647</b>	<b>34</b>	<b>254</b>

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que, en la práctica, alcanza el productor del estrato medio de Choquecancha se observa que:

En el campo de los objetivos, el margen bruto y el impacto ambiental son inferiores en 57% y 104%, respectivamente, en relación a la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones optimizadores de recursos. Las menores ganancias se deben a que en la práctica estos campesinos migran menos días y crían especies menos rentables que en el caso óptimo y los menores impactos ambientales se deben a que se crían mucho menores cantidades de cerdos y cabras que en el caso óptimo. Estas especies aparecen en el modelo, como más erosivas con relación a las otras crías. Sin embargo, a pesar de los inferiores niveles de erosividad logrados por estas familias, no son eficientes asignadores de sus recursos, debido a que, si por ejemplo, se dedicaran al conjunto de actividades de la solución 03, obtendrían mayores ganancias y menores niveles de erosividad que los obtenidos en la vida real.

En el campo de las restricciones, estos campesinos, igual que el caso óptimo, utilizan la totalidad de los pastos naturales a su disposición; por otro lado, emplean cantidades superiores de mano de obra y capital que el óptimo.

Finalmente, el uso de la pradera es económicamente inadecuado porque se podrían obtener mayores ganancias, pero ecológicamente es mucho más

moderado porque ocasionan menores niveles erosivos.

En el campo de las actividades, estos campesinos realizan todas las actividades a su alcance, incluyendo la crianza de caprinos y aquellas que no contribuyen a la optimización de los recursos y a los objetivos planteados.

### 3. ESCENARIO 01: INCREMENTO DE CAPITALES

Considerando que el capital es el recurso más restrictivo se ha simulado un escenario con mayores capitales, siendo necesario un incremento en el orden de 412% con respecto al capital original para que este recurso aparezca como no limitante. El conjunto de soluciones eficientes obtenido ha sido el siguiente:

**CUADRO N° 34**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON INCREMENTO DE**  
**CAPITALES PARA EL ESTRATO MEDIO DE CHOQUECANCHA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES						RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	CERDO	VACUNO	MAÍZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	MIGRACIÓN	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN S.T.	TIERRAS ROTACIÓN S.G.	PASTOS NATURALES	MANO DE OBRA	CAPITAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIENTAL
01	21.85	0.00	1.53	0.28	0.38	120	0.09	0.00	0.00	0.0	584.30	0.00	480.71	100.60
02	11.68	1.15	1.53	0.28	0.38	120	0.00	0.00	0.00	0.0	575.34	0.00	444.71	64.34
03	0.00	2.47	1.53	0.28	0.38	120	0.00	0.00	0.00	0.0	518.80	20.35	393.46	22.67
04	0.00	2.47	1.53	0.28	0.00	120	0.00	0.00	0.38	0.0	619.25	24.10	340.13	15.32
05	0.00	0.00	1.53	0.28	0.00	120	0.00	0.00	0.38	33.0	902.33	73.92	277.14	5.40
06	0.00	0.00	1.53	0.28	0.00	120	0.00	0.28	0.38	33.0	1011.84	79.08	210.78	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, el incremento de capitales en el orden del 412% produce un incremento en el margen bruto, maximizador de ganancias, muy pequeño de 122% y, al mismo tiempo, origina incrementos en la erosión de suelos. El paso de la solución 02 a la 01 significa una elevación brusca del impacto ambiental, por lo que la solución 02 constituye una buena alternativa; este hecho se debe a la disminución del cultivo asociado maíz-haba (no erosivo) y el incremento de la crianza de cerdo (erosivo). Los pequeños incrementos en los márgenes brutos se deben a que el cultivo asociado maíz-haba, para este estrato, demanda mucho capital y correlativamente origina pequeñas ganancias adicionales.

En el campo de las actividades, se incrementa el cultivo asociado maíz-haba y se produce un fuerte aumento de la crianza de cerdos, desapareciendo la crianza de cabras. Este último resultado coincide con el hecho de que familias de estrato alto (con más capitales) no crían cabras. Las demás actividades se mantienen iguales a la solución original.

En el campo de las restricciones, se aprecia un mayor uso de la mano de obra y de las tierras de cultivo anual. No se producen cambios notorios en el uso de pastos naturales con el incremento de capitales, en relación a la solución original.

En resumen, para este estrato no es muy conveniente utilizar tanto capital para obtener pequeños incrementos en las ganancias; una recomendación sería que estas familias incrementen el uso de insumos tradicionales, como el guano de corral, para el cultivo asociado maíz-haba y reduzcan drásticamente sus costos de producción.

## I. ESTRATO BAJO DE CHOQUECANCHA

### 1. OPTIMIZACION DE RECURSOS DISPONIBLES

Tomando en cuenta todas las actividades consideradas en la matriz de coeficientes técnicos, correspondiente a este estrato, se ha obtenido el siguiente conjunto de soluciones eficientes:

**CUADRO N° 35**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES PARA EL ESTRATO BAJO**  
**CHOQUECANCHA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACU- NOS	MAÍZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	MIGRA- CIÓN	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN S.T.	TIERRAS ROTACIÓN S.G.	PASTOS NATURA- LES	MANO DE OBRA	CAPI- TAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIEN- TAL
01	1.58	0.20	0.19	0.11	120	0.99	0.00	0.00	0.00	707.09	0	315.08	12.16
02	1.58	0.22	0.00	0.11	120	0.97	0.19	0.00	0.00	734.13	0	297.60	8.54
03	0.00	0.50	0.00	0.11	120	0.69	0.19	0.00	9.35	804.58	0	249.39	2.17
04	0.00	0.51	0.00	0.00	120	0.68	0.19	0.11	9.35	819.12	0	230.58	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, la solución 01, que incluye la crianza de vacunos, el cultivo asociado maíz-haba, los cultivos de papa siembra grande y siembra temprana y la migración proporcionan las máximas ganancias con 215.08 nuevos soles de margen bruto, pero también origina los mayores niveles erosivos con 12.16 toneladas en pérdidas de suelo. En el otro extremo, el cultivo asociado de maíz-haba y la migración minimizan el impacto ambiental. Las soluciones 02 y 03 son intermedias.

El paso de la solución 01 (maximizadora de ganancias y de erosión) a la 02 (de menor impacto ambiental) significa una disminución de 4.83 nuevos soles en las ganancias por cada tonelada de suelo que se conserva. Estas pérdidas podrían ser subsidiadas por el Estado en forma directa al agricultor o a través de programas de manejo y conservación de suelos. Por otro lado, pasar a la solución 02 significa

dejar de cultivar la siembra temprana de papa que se realiza en terrenos de mucha pendiente y que no son muy rentables para este estrato.

En el campo de las actividades pecuarias, la crianza de vacunos se asocia a las soluciones maximizadoras de ganancias y a la vez más erosivas. No aparecen en la base de la solución las crianzas de ovino, cerdo y cabra por ser menos rentables. En la agricultura una de las actividades más rentables y con mínimo impacto ambiental es el cultivo asociado de maíz-haba, aunque demanda mucho capital, por lo que aparece en todas las soluciones factibles; los cultivos puros de papa siembra temprana y siembra grande también son bastante rentables, pero se asocian a las soluciones más erosivas; no aparecen en la base de la solución el cultivo puro de maíz, el cultivo intercalado oca-olluco por ser poco rentables. La migración temporal, por ser rentable y de nulo impacto ambiental, aparece en todas las soluciones factibles.

En el campo de las restricciones, el capital es el recurso más limitante; el pasto natural aparece como restrictivo en las dos soluciones más erosivas y maximizadoras de ganancias y la mano de obra constituye el recurso más abundante. En cuanto a tierras, las de cultivo anual son las menos restrictivas debido a que no son muy usadas por la alta demanda de capitales para el cultivo de maíz-haba. Las tierras de rotación son usadas a medida que se maximizan ganancias.

## **2. COMPARACIÓN DE VALORES OPTIMOS CON VALORES REALES**

Las actividades realizadas, el uso de recursos y las magnitudes de los objetivos alcanzados en la vida real por estos campesinos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 36**  
**VALORES REALES DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO POR**  
**FAMILIAS DEL ESTRATO BAJO CHOQUECANCHA**

ACTIVIDAD	OBJETIVOS		USO DE RECURSOS		
	MARGEN BRUTO (soles)	IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)	MANO DE OBRA (jornal)	PASTO NATURAL (ha)	CAPITAL (soles)
OVINO	7.99	5.35	35	3	3
VACUNO	21.60	1.67	26	2	4
CERDO	22.24	11.68	44	4	11
CABRA	0.00	0.00	0	0	0
MAÍZ	27.15	0.00	29	—	15
MAÍZ - HABA	63.04	0.00	51	—	29
PAPA S. T.	18.20	3.38	27	—	1
PAPA S. G.	17.80	1.93	14	—	1
OCA-OLLUCO-AÑU	0.20	1.93	13	—	1
MIGRACIÓN	78.00	0.00	58	—	15
<b>TOTAL</b>	<b>256.22</b>	<b>25.44</b>	<b>297</b>	<b>9</b>	<b>80</b>

FUENTE: Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

Comparando los valores óptimos con los valores que, en la práctica, alcanza el productor del estrato bajo de Choquecancha se observa que:

En el campo de los objetivos, el margen bruto es inferior en 23% y el impacto ambiental es superior en 108% con respecto a la solución 01 (maximizadora de ganancias) del conjunto de soluciones optimizadoras de recursos. Las menores ganancias se deben a que en la práctica estos campesinos migran menos días y realizan actividades agrícolas y pecuarias poco rentables; por otro lado, los fuertes niveles erosivos se deben a la realización de actividades consideradas muy erosivas como el cultivo intercalado de oca-olluco-añu y la crianza de cerdos y ovinos considerados más erosivos que el vacuno. Estos resultados muestran a estas familias como las más ineficientes asignadoras de recursos; así si, por ejemplo, se dedicaran al conjunto de actividades 03 lograrían casi las mismas ganancias pero con mínimos niveles erosivos; inclusive si maximizaran ganancias igual que en la solución 01, sería mucho mejor de lo que hacen hasta ahora.

En el campo de las restricciones, estos campesinos, igual que en el caso óptimo, utilizan todos los pastos naturales a su disposición, sin embargo, este recurso es utilizado inadecuadamente tanto ecológica como económicamente. La mano de obra se emplea en cantidades ligeramente mayores al óptimo y el capital en una magnitud muy superior al óptimo. El uso de ambos recursos en cantidades mayores al óptimo para lograr menores ganancias y fuertes impactos ambientales revela la ineficiente asignación de estos recursos.

En el campo de las actividades estos campesinos llevan a cabo actividades que no contribuyen a la optimización del uso de recursos y a los objetivos planteados.

### 3. ESCENARIO 01: INCREMENTO DE CAPITALES

Para que el capital aparezca como un recurso no restrictivo es necesario un incremento de 169% de capitales en relación a la disponibilidad original, con este incremento se ha obtenido el siguiente conjunto de soluciones factibles:

**CUADRO N° 37**  
**CONJUNTO DE SOLUCIONES EFICIENTES CON INCREMENTO DE**  
**CAPITALES PARA EL ESTRATO BAJO DE CHOQUECANCHA**

N°	ACTIVIDADES FACTIBLES					RESTRICCIONES						OBJETIVOS	
	VACU- NO	MAÍZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	MIGRA- CIÓN	TIERRAS ANUALES	TIERRAS ROTACIÓN S.T.	TIERRAS ROTACIÓN S.G.	PASTOS NATURA -LES	MANO DE OBRA	CAPI -TAL	MARGEN BRUTO	IMPACTO AMBIEN- TAL
01	1.58	0.92	0.19	0.11	120	0.27	0.00	0.00	0.00	635.16	0.00	403.85	12.16
02	1.58	0.92	0.00	0.11	120	0.25	0.19	0.00	0.00	662.20	0.00	386.07	8.54
03	0.16	1.19	0.00	0.11	120	0.00	0.19	0.00	8.38	725.38	0.00	342.84	2.83
04	0.22	1.19	0.00	0.00	120	0.00	0.19	0.11	8.05	737.42	0.00	325.74	0.88
05	0.00	1.19	0.00	0.00	120	0.00	0.19	0.11	9.35	751.05	2.20	314.31	0.00

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

En el campo de los objetivos, el incremento de capitales ocasiona aumentos en los márgenes brutos en todas las soluciones, sin ocasionar incrementos en el impacto ambiental, con respecto a la solución original.

En el campo de las actividades, no se incluyen nuevas variables en la base de la solución con respecto a la solución original, pero en las soluciones que maximizan ganancias, mientras disminuye la cantidad de cultivo asociado maíz-haba aumenta la crianza de vacunos. Es decir, el incremento de capitales ocasiona un sesgo desde la actividad agrícola hacia la ganadería, pero el impacto global sobre el medio ambiente se mantiene constante.

En el campo de las restricciones, el incremento de capitales ocasiona un mayor empleo de la mano de obra, aunque en niveles pequeños, debido a que las actividades que aparecen en la base de solución no son muy demandantes de mano de obra. Hacen falta actividades que demanden más mano de obra y que al mismo tiempo sean rentables y poco impactantes sobre el suelo como por ejemplo: el cultivo en doble campaña, utilizando el riego por aspersión. En cuanto a tierras, las de cultivo anual se van dejando de usar en favor de las praderas a medida que se maximizan las ganancias.

## CAPITULO V

### V. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS POR ESTRATOS CAMPEÑINOS

#### A. COMUNIDAD DE PALCCOYO

1. En esta comunidad, las familias del estrato alto obtienen mayores ganancias (239 nuevos soles/año) que las familias del estrato medio (106 nuevos soles/año) y estrato bajo (93 nuevos soles/año). Paralelamente, las familias de estrato alto ocasionan mayores niveles de erosividad (25 t/año) que las familias de estrato medio (17 t/año) y estrato bajo (13 t/año).
2. Si las familias de esta comunidad optimizaran recursos; las familias del estrato alto obtendrían mayores ganancias, (266 nuevos soles/año) que las familias del estrato medio (100 nuevos soles/año) y estrato bajo (165 nuevos soles/año). Paralelamente, las familias del estrato alto ocasionarían mayores impactos ambientales (27 t/año) que el estrato medio (18 t/año); y el estrato bajo (12 t/año). En éste contexto optimizador, se producirían las mismas tendencias que en el caso real, pero las diferencias se agrandarían.
3. En general, las actividades que, para todos los estratos, maximizan ganancias y minimizan impacto ambiental son: la crianza conjunta de alpaca-llama, el cultivo de papa, el cultivo intercalado oca-olluco-año y la migración. Los cultivos de haba y cebada, la crianza conjunta de alpaca-ovino y la crianza de caballos no son funcionales a estos objetivos.
4. Comparando resultados reales con resultados óptimos se aprecia que las familias de los estratos alto y medio se comportan como maximizadores de ganancias con impactos ambientales similares a las soluciones 01 del conjunto optimizador de recursos. En cambio, las familias del estrato bajo obtienen menores ganancias y, sin embargo, ocasionan mayores impactos ambientales al de la solución óptima; es decir, revelan bastante ineficiencia en la asignación de sus recursos.
5. En la práctica todas las familias emplean mayor mano de obra que en los casos óptimos, siendo éste es el recurso más abundante. Por otro lado, las familias de los tres estratos utilizan todos los pastos naturales a su disposición; pero, en un contexto optimizador se podrían emplear menores extensiones y lograr mayores ganancias. Finalmente, se emplean mayores capitales a los necesarios a pesar de que éste es el recurso más escaso.
6. Ante un posible incremento de capitales, las familias de los tres estratos

aumentarían sus niveles de ganancias debido a la dinamización de la actividad ganadera por el mayor y mejor uso de los pastos naturales; este incremento de capitales no ocasionaría mayor impacto ambiental; excepto para el estrato bajo en el que las magnitudes erosivas llegarían a un techo para luego estabilizarse. La actividad agrícola no sufriría cambios.

7. Sin embargo, con el incremento de capitales, permanecerían las diferencias en ganancias y niveles erosivos entre estratos debido a diferencias estructurales de tenencia de tierras y usufructo de pastos naturales.
8. Si el pastoreo fuera individual (y no conjunto), la crianza de ovinos y caballos serían las mejores alternativas, dejando de lado la crianza de llamas y alpacas por su baja rentabilidad. Sin embargo, para los tres estratos, la crianza conjunta resulta mucho más favorable que la crianza individual debido a que proporciona mayores ganancias para el mismo impacto ambiental.

**CUADRO N° 38**  
**VALORES REALES Y VALORES OPTIMOS DE OBJETIVOS ALCANZADOS**  
**Y USO DE RECURSOS POR ESTRATOS Y COMUNIDADES**

COMUNIDAD	ESTRATO	OBJETIVOS				USO DE RECURSOS					
		MARGEN BRUTO (soles)		IMPACTO AMBIENTAL (t/ha)		MANO DE OBRA (jornales)		PASTO NATURAL (ha)		CAPITAL (soles)	
		REAL	OPTI-MO	REAL	OPTI-MO	REAL	OPTI-MO	REAL	OPTI-MO	REAL	OPTI-MO
PALCOYO	ALTO	239	266	25	27	855	587	166	96	142	90
	MEDIO	106	100	17	18	520	263	94	28	82	36
	BAJO	93	165	13	12	181	148	21	0	31	23
MAHUAYPAMPA	ALTO	398	656	18	26	837	997	27	27	346	599
	MEDIO	239	370	9	11	545	788	16	16	209	451
	BAJO	317	571	11	17	358	551	10	10	119	184
CHOQUECANCHA	ALTO	382	578	67	86	1168	1146	86	76	101	128
	MEDIO	255	400	45	92	647	556	34	34	254	97
	BAJO	256	315	25	12	297	283	9	9	80	59

**NOTA:** Los valores óptimos corresponden a las soluciones 01 maximizadoras de ganancias de los conjuntos de soluciones eficientes optimizadores de recursos.

**FUENTE:** Datos procesados por el proyecto "Sistemas Campesinos y Medio Ambiente". IIUR.

## B. COMUNIDAD DE MAHUAYPAMPA

1. En esta comunidad, las familias de estrato alto obtienen mayores ganancias (398 nuevos soles/año) que las familias del estrato medio (239 nuevos soles/año) y estrato bajo (317 nuevos soles/año). Simultáneamente, las familias del estrato alto ocasionan mayores niveles de erosividad (18 t/año) que las familias de estrato medio (9 t/año) y estrato bajo (11 t/año).

2. Si las familias de esta comunidad optimizaran recursos, las familias del estrato alto obtendrían mayores ganancias (656 nuevos soles /año), que las familias de los estratos medio (370 nuevos soles/año) y estrato bajo (571 nuevos soles/año). Simultáneamente, las familias del estrato alto ocasionarían mayores impactos ambientales (26 t/año) que las familias del estrato medio (11 t/año) y estrato bajo (17 t/año). En Mahuaypampa, las familias del estrato medio se comportan como las más eficientes en el logro de los objetivos planteados. Por otro lado, en este escenario optimizador se producirían las mismas tendencias que en el caso real, sólo que las diferencias entre estratos serían mayores.
3. En general, las actividades que, para todos los estratos, maximizan ganancias y minimizan impacto ambiental son: la crianza conjunta de vacuno-ovino-cerdo-caballo, el cultivo en doble campaña de papa s.t.-cebada, el cultivo de papa s.g. y el maíz. Los cultivos puros de cebada, haba, papa s.t., olluco y doble campaña papa s.t.-haba no son funcionales a estos objetivos.
4. Comparando resultados reales con resultados óptimos se observa que las familias de los tres estratos obtienen menores ganancias y ocasionan menores impactos ambientales que en un contexto de optimización económica de recursos. Sin embargo, a pesar de los menores niveles de erosividad, estas familias no optimizan adecuadamente sus recursos, las soluciones eficientes muestran que se podrían lograr mayores ganancias ocasionando los mismos o menores niveles de erosividad que los producidos actualmente, utilizando la misma tecnología.
5. En la práctica, todas las familias emplean menor cantidad de mano de obra que en los casos óptimos, éste es un recurso abundante. Por otro lado, todas las familias emplean todos los pastos naturales a su disposición siendo el recurso más escaso. Finalmente, se emplean menores capitales que en los casos óptimos. Los menores niveles, de empleo de mano de obra y capitales explican en parte, las menores ganancias y menores impactos ambientales.
6. Si se optimizara el uso de recursos, las familias del estrato medio emplearían mejor la mano de obra al tener pocos excedentes (46 días/año), mientras que las familias del estrato bajo continuarían con abundante mano de obra sobrante, actualmente estas familias ocupan parte de su tiempo en trabajo agrícola asalariado. En cuanto al capital, las familias de Mahuaypampa, especialmente de los estratos alto y medio, obtendrían mayores excedentes a los actualmente logrados y probablemente serían destinados para la adquisición de bienes de capital.

7. Ante un posible incremento de capitales, provenientes por ejemplo de créditos, probablemente las familias de los tres estratos los destinarían hacia actividades extra-agropecuarias como el comercio o la compra de bienes, al tener actualmente excedentes no destinados a la actividad agropecuaria y debido a limitaciones estructurales de falta de tierras y pastos naturales.
8. Si el pastoreo fuera individual, en lugar de conjunto, las familias de los tres estratos incrementarían sus ganancias y no ocasionarían mayor impacto ambiental, excepto el estrato medio que incrementaría erosión inicialmente, al liberar capitales para cultivar mayores extensiones de maíz, pero llegado a un techo, esta erosividad quedaría estabilizada. Con el pastoreo individual los pastos naturales seguirían siendo escasos y tanto la mano de obra como los capitales se utilizarían casi en la misma magnitud que con pastoreo conjunto, aunque para el estrato medio significaría un mayor sobrante de capitales.

En general, para esta comunidad resulta mucho más favorable el pastoreo individual de vacunos frente al pastoreo conjunto.

### C. COMUNIDAD DE CHOQUECANCHA

1. En esta comunidad, las familias del estrato alto obtienen mayores ganancias (382 nuevos soles/año) que las familias del estrato medio (255 nuevos soles/año) y estrato bajo (256 nuevos soles/año). Al mismo tiempo, las familias del estrato alto ocasionan mayores niveles de erosividad (67 t/año) que las familias del estrato medio (45 t/año) y estrato bajo (25 t/año).
2. Si las familias de ésta comunidad optimizaran el uso de recursos, las familias del estrato alto obtendrían mayores ganancias (578 nuevos soles/año) que las familias del estrato medio (400 nuevos soles/año) y estrato bajo (315 nuevos soles/año). Al mismo tiempo, las familias de los estratos alto (86 t/año) y medio (92 t/año) ocasionarían mayor impacto ambiental que las familias del estrato bajo (12 t/año). En Choquecancha, en un escenario optimizador de recursos se producirían las mismas tendencias que en el caso real, con excepción del mayor impacto ambiental que ocasionarían las familias del estrato medio frente al estrato alto.
3. En general, las actividades que, para todos los estratos maximizan ganancias y minimizan impacto ambiental son: la crianza de vacunos, el cultivo asociado maíz-haba, las siembras tempranas y grande de papa y la migración; además, para el estrato bajo, son factibles la crianza de ovinos y cerdos y para el estrato medio, ovinos, cerdos y cabras. No son funcionales a estos objetivos, la crianza de caballos y el cultivo intercalado oca-olluco.

4. Comparando resultados reales con resultados óptimos, se aprecia que las familias de los estratos alto y medio obtienen menores ganancias y ocasionan menores impactos ambientales que en un contexto de optimización económica de recursos. En cambio, las familias del estrato bajo obtienen menores ganancias pero ocasionan mayores niveles de erosividad, revelándose como muy ineficientes. En todos los casos, se pueden alcanzar, optimizando recursos, iguales o mejores ganancias a las actualmente obtenidas, ocasionando pequeños impactos ambientales.
5. En la práctica, todas las familias emplean mayor mano de obra que en los casos óptimos, éste es un recurso abundante para los estratos medio y bajo, en cambio para el estrato alto resulta escaso. Los pastos naturales son empleados en su totalidad; sin embargo, las familias del estrato alto podrían emplear menores extensiones y lograr iguales ganancias a las actuales. Finalmente, existe uso inadecuado de capitales a pesar de que éste es un recurso muy restrictivo.
6. Si se optimizara el uso de recursos para los tres estratos, el capital sería el recurso más limitante. En cambio, el pasto natural no sería restrictivo para el estrato alto y sería restrictivo para los otros dos estratos. La mano de obra sería limitante para el estrato alto y continuaría siendo abundante para los otros dos estratos.
7. Ante un posible incremento de capitales, los tres estratos verían incrementadas sus ganancias, pero también se incrementarían los niveles erosivos, especialmente para el estrato bajo, hasta un tope, luego del cual permanecerían constantes.

Sin embargo, los fuertes incrementos de capitales no se justifican en ninguno de los tres casos, por las pequeñas ganancias adicionales y los altos niveles erosivos que ocasionaría. En estos casos es necesario un cambio tecnológico.

#### **D. COMPARACIÓN ENTRE ESTRATOS DE LAS TRES COMUNIDADES**

1. En general, las familias de Mahuaypampa y Choquecancha, en ese orden, obtienen mayores ganancias que las familias de Palccoyo. En particular, las familias del estrato alto de Mahuaypampa y Choquecancha son las que obtienen las mayores ganancias. En el otro extremo, las familias de los estratos bajo y medio de Palccoyo son los que obtienen las menores ganancias.
2. En general, los niveles de impacto ambiental que ocasionan las familias de

Mahuaypampa y Palccoyo, en ese orden, son menores a los ocasionados por las familias de Choquecancha. En particular, las familias de los estratos alto y medio de Choquecancha originan los mayores niveles erosivos. En el otro extremo, las familias de los estratos medio y bajo de Mahuaypampa y bajo de Palccoyo son las que originan los menores niveles erosivos.

En general, para las tres comunidades, las familias de los estratos altos ocasionan mayores niveles de erosividad que los otros dos estratos.

3. En un contexto de optimización de recursos, las tendencias en los márgenes brutos (ganancias) obtenidos son similares a los casos reales; con la salvedad de que las diferencias entre estratos se hacen más grandes; es decir los estratos altos obtendrían ganancias sustancialmente mayores a los otros estratos.

Del mismo modo, si se optimizaran recursos, las tendencias en el impacto ambiental ocasionado serían similares a los casos reales, con la excepción del estrato bajo de Mahuaypampa que elevarla notablemente su nivel erosivo.

4. En cuanto a eficiencia económica, las familias de los estratos alto y medio de Palccoyo se comportan como maximizadores de ganancias con impactos ambientales parecidos a las soluciones 01 (maximizadores de ganancias) de los escenarios optimizadores de recursos. Sin embargo, para lograr esos niveles utilizan más mano de obra, pastos naturales y capitales que en los casos óptimos. En el otro extremo, las familias del estrato bajo de Choquecancha y estrato bajo de Palccoyo obtienen menores ganancias y ocasionan mayores impactos ambientales que en un escenario de optimización de recursos. Estas familias son las más ineficientes asignadoras de recursos.

El resto de los estratos, obtienen menores ganancias y ocasionan menores impactos ambientales que optimizando recursos; pero, podrían ocasionar los mismos niveles erosivos y lograr mayores ganancias si asignaran mejor sus recursos.

5. En general, el pasto natural es el recurso más empleado por las familias de todos los estratos aunque si se optimizara su uso, las familias de los estratos alto de Palccoyo y alto de Choquecancha podrían emplear menores extensiones de pradera y obtener mayores ganancias. Para las familias de Mahuaypampa es el recurso más escaso.
6. En general, tanto en los casos reales como en los óptimos, la mano de obra familiar se presenta como el recurso más abundante para todos los estratos, con excepción del estrato alto de Choquecancha. Asimismo, las familias de los

estratos altos emplean mejor la mano de obra familiar en sus labores agropecuarias (por su mayor disponibilidad de recursos) que las familias de los otros estratos; pero son las familias del estrato alto de Choquecancha las que emplean totalmente su mano de obra familiar. En el otro extremo, las familias de los estratos bajos, especialmente de Palccoyo y Choquecancha, son las que presentan considerables excedentes de mano de obra familiar.

Por otro lado, todas las familias de Palccoyo y Choquecancha emplean mayor mano de obra que en los casos óptimos debido a que los emplean en muchas actividades y utilizan casi todas las tierras agrícolas y praderas naturales a su disposición. En cambio, todas las familias de Mahuaypampa emplean menor cantidad de mano de obra que en los casos óptimos debido a que, a pesar de emplearlo en muchas actividades, no utilizan intensivamente todas las tierras agrícolas a su disposición, sino solamente las tierras con riego seguro. Es decir, el mayor empleo de mano de obra en los casos óptimos, supone doble campaña papa s.t.-cebada en todas las tierras aptas con posibilidades de riego por aspersión, hecho que no sucede en la práctica.

7. En cuanto al capital, sería el recurso más limitante para todas las familias de Palccoyo y Choquecancha y para el estrato medio de Mahuaypampa, en el caso de optimización de recursos.

Así mismo, las familias de Palccoyo y Choquecancha utilizan más capital de lo que deberían utilizar para obtener las actuales ganancias. En cambio, las familias de Mahuaypampa utilizan menos capital de lo que podrían emplear en los casos óptimos. En estos casos la explicación es la misma que para el caso de la mano de obra.

## CONCLUSIONES

1. En general, todos los campesinos ocasionan, a través de sus actividades agropecuarias, algún nivel de erosión de suelos. Las magnitudes de estos niveles varían entre estratos y entre comunidades.

Generalmente, los campesinos de los estratos altos erosionan los suelos en mayor medida que las familias de los estratos bajos. De igual modo, las familias de los estratos altos obtienen mayores ganancias que los otros estratos.

2. Comparando resultados reales con resultados óptimos se concluye que todos los estratos, en diferentes magnitudes, llevan a cabo una mala asignación de sus actuales recursos. En todos los casos, estos campesinos sin cambiar su actual tecnología, podrían obtener mayores o iguales ganancias con iguales o menores niveles de erosividad que los actualmente obtenidos.

Los campesinos de los estratos alto y medio de Palccoyo son los que más se aproximan al tipo de productor maximizador de ganancias (con niveles de erosividad parecidas a las soluciones 01 de los casos óptimos); sin embargo, para lograrlo emplean mayor cantidad de recursos de la que deberían utilizar. En el otro extremo, los campesinos de los estratos bajo de Palccoyo y bajo de Choquecancha obtienen menores ganancias con mayores impactos ambientales al caso óptimo, comportándose como los peores asignadores de recursos.

3. En escenarios con optimización de recursos, existe cierto conflicto entre maximización de ganancias y minimización de impacto ambiental a nivel de conjunto de soluciones eficientes. A nivel de actividades o variables de decisión existen, básicamente, cuatro clases de actividades en relación a los dos objetivos planteados en los modelos:
  - a. Actividades con alta rentabilidad y bajo impacto ambiental; por ejemplo, el cultivo de papa s.t.-cebada en doble campaña y el pastoreo de vacunos en Mahuaypampa. Estas actividades son las más deseables por ser funcionales a los objetivos formulados.
  - b. Actividades con alta rentabilidad y fuerte impacto ambiental; por ejemplo, el cultivo de papa en Palccoyo y el cultivo de papa siembra grande en Mahuaypampa.
  - c. Actividades con baja rentabilidad y bajo impacto ambiental; por ejemplo, el cultivo de maíz en Choquecancha, la crianza conjunta de alpaca-ovino en Palccoyo o el cultivo de haba y cebada en Palccoyo.

- d. Actividades con baja rentabilidad y fuerte impacto ambiental; el cultivo intercalado oca-olluco en Choquecancha y el cultivo de olluco en Mahuaypampa. Estas actividades son las menos deseables porque se oponen a los objetivos formulados.
4. Simulando escenarios, a las familias de Palccoyo les conviene el pastoreo conjunto debido a las mayores ganancias que proporciona y a la relativa abundancia de pastizales naturales. En cambio, a las familias de Mahuaypampa les conviene el pastoreo individual de vacunos, por la mayor rentabilidad de esta especie y por su mejor aprovechamiento de sub productos agrícolas; se debe recordar que en Mahuaypampa existe escasez de pastos naturales.
  5. En general, ante un incremento de capitales, todas las familias con limitaciones de éste recurso incrementarían sus niveles de ganancia, generalmente, sin incrementar niveles erosivos; en los casos de aumento de erosión, estos llegarían a un tope luego del cual los niveles erosivos se mantendrían constantes. Es decir, el incremento de capitales, a partir de cierto nivel, no ocasiona impactos negativos en el suelo.
  6. En ocho de los nueve estratos estudiados existen importantes excedentes de mano de obra familiar sub empleada o desempleada y cuyo costo de oportunidad es cero o se aproxima a cero. Este hecho es el que, probablemente, ocasiona mayores niveles erosivos al ser empleados en actividades de alta erosividad y/o baja rentabilidad.
  7. Principalmente son factores endógenos los que hacen que algunas actividades sean muy erosivas; en cambio, son factores exógenos los que hacen que algunas actividades sean poco rentables.
  8. En todos los casos en donde se incluye a la migración como actividad alternativa, esta se muestra muy funcional a los objetivos planteados; sin embargo, el jefe de familia no puede migrar por periodos muy prolongados, debido a la alta estacionalidad de la agricultura que requiere de la presencia física del campesino en su comunidad.
  9. En la mayoría de los casos, especialmente para los estratos bajos existen limitaciones estructurales de falta de tierras agrícolas y pastos naturales para mejorar sus niveles de ingreso; por lo que, hacen falta cambios drásticos de tecnología para que mejore los actuales niveles de productividad.
  10. Existen casos en donde el mismo tipo de cultivo ocasiona diferentes niveles de erosividad en distintas comunidades, por ejemplo, el cultivo de maíz en

Mahuaypampa es más erosivo que en Choquecancha, debido a que en Mahuaypampa se cultiva sobre terrenos muy inclinados y en Choquecancha se cultiva sobre terrazas cuyas plataformas presentan menores pendientes. Este es un indicador de que los niveles de erosividad dependen de las formas de manejo y conservación de suelos.

11. En general, la Programación Lineal Multiobjetivo es una buena herramienta para la simulación de impactos ambientales ocasionados por sistemas campesinos; sin embargo, es necesario incorporar además de la erosión de suelos, otras variables tales como el sobrepastoreo y el consumo de leña.
12. En cuanto a la metodología, es necesario elaborar coeficientes técnicos para los niveles de impacto ambiental que ocasiona cada especie animal sobre la pradera andina; en el presente trabajo se supone que todas las especies ocasionan similares niveles erosivos; siendo ésta una de sus limitaciones

## RECOMENDACIONES

1. Es necesario conocer con cierta aproximación, la disponibilidad de recursos familiares diferenciándolas por estratos, antes de implementar por ejemplo políticas de crédito, porque su impacto en los niveles de ingreso y en el medio ambiente van a ser diferenciados. Así, si las familias del estrato alto de Mahuaypampa, que disponen de capital excedentario, acceden a dineros provenientes de créditos, estos probablemente sean destinados hacia actividades extra agropecuarias.
2. Se deben introducir actividades más rentables y sobre todo demandantes de mayor mano de obra, para emplear adecuadamente los excedentes de mano de obra; por ejemplo, la introducción de riego por aspersión posibilitaría la doble campaña en Choquecancha.
3. En comunidades con escasez de pastos naturales, como Mahuaypampa, se debe dar importancia al aprovechamiento más eficiente de sub productos agrícolas; por ejemplo, el ensilaje y la elaboración de heno destinado hacia actividades más rentables como la crianza de vacunos.
4. Para las actividades con altos niveles de erosividad se deben implementar programas tendientes a mejorar la tecnología en favor de una mejor conservación de suelos. Un ejemplo es el cultivo de olluco, recordemos que este cultivo es uno de los más erosivos y menos rentables, debido a que se cultiva en surcos de máxima pendiente (verticales) para evitar la podredumbre de los tubérculos y, por otro lado, sus precios son muy bajos.
5. En los casos en donde el incremento de capitales ocasiona incrementos en los niveles erosivos, los programas de crédito deben ir acompañados de programas de uso y manejo adecuado de praderas naturales y tierras agrícolas.
6. Se deben estudiar mecanismos que induzcan a los campesinos hacia una mejor asignación de sus actuales recursos tendientes al logro de mayores ganancias y menores impactos ambientales. Los modelos muestran que esto es posible sin cambiar la actual tecnología.
7. Los resultados muestran que aun optimizando recursos, el paso de soluciones eficientes maximizadores de ganancias y bastante erosivas hacia soluciones de menor impacto ambiental no serían muy costosas. Por ejemplo, los resultados muestran que los subsidios por tonelada de suelo que se conserva en ningún caso sobrepasa los 10.00 nuevos soles (agosto 1992). Se deben estudiar los mecanismos que induzcan a los campesinos hacia un uso más conservador de suelos.

8. Se deben estudiar e implementar mecanismos para hacer más rentables aquellas actividades conservadoras de suelos como el cultivo de haba y la crianza de camélidos. Los precios de estos productos se encuentran con precios muy deprimidos.
9. Toda política de desarrollo rural debe involucrar programas masivos de manejo y conservación de recursos naturales y, éstos a su vez, deben basarse en resultados de investigación tecnológica empírica sobre la realidad social, económica y productiva de cada región particular en la que se desea intervenir.

La presente investigación muestra por ejemplo que una misma especie cultivada puede causar diferentes niveles erosivos debido a razones de orden topográfico, edáfico, agronómico o socio-cultural.

Por otro lado, los resultados de los modelos de simulación muestran que los programas de crédito agrícola pueden tener diferentes efectos sobre los sistemas productivos, de acuerdo a los recursos disponibles por cada estrato campesino.

10. En el actual entorno económico nacional, con minimización de la intervención del Estado en las actividades económicas y productivas, con las leyes del mercado como orientadoras de la asignación de recursos y en condiciones de pobreza campesina; las tendencias de degradación generalizada del recursos suelo, sustento de la agricultura de ladera, encontrados en el presente estudio, continuarán su actual ritmo, si es que el Estado no interviene activamente, a través de enérgicos programas, en el manejo y conservación del recurso suelo y en la difusión de tecnologías de cultivo conservadores de los recursos naturales y si es que los precios agrícolas no incentivan (por sus bajos precios) el empleo de una adecuada tecnología.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Achata Paiva, Adolfo.** "Análisis ex - ante del cambio tecnológico en la pequeña agricultura usando el modelo de programación lineal". CIDEP. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima-Perú. 1986.
2. **Beneke R., Raymond.** "Programación lineal. Aplicación a la agricultura". Editorial AEDOS. Barcelona-España. 1984.
3. **Echevarria, Julio.** "Apuntes del curso de programación lineal". Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima-Perú. 1988.
4. **Espinoza M., Héctor.** "Programación Lineal. Aplicaciones a la economía". Editorial PAX. México. 1977.
5. **Flores, A.** "Planificación predial de economía campesina mediante modelos de programación multiobjetivo: un estudio de caso". Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Chile. Santiago-Chile. 1988.
6. **Rivas Sius, Teodoro.** "Programación multiobjetivo. Una aproximación al análisis y evaluación de sistemas campesinos". Santiago-Chile. 1990.

# **ANEXOS**

**ANEXO N° 01**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO ALTO DE PALCCOYO**

		ALPACA	LLAMA	OVINO	ALPACA LLAMA	ALPACA OVINO	CABALLO	PAPA	OCA OLLUCO AÑU	HABA	CEBADA	CHUÑO	VENTA PAPA	VAR. HOLG.	VAR. ARTIF.	RESTRICIONES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	b
OBJETIVO 1	MAX	8	6	7	12	9	5	-504	121	2	1	22	0.13	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. CULTIVO ANUAL	Y1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	<= 0.2348
T. ROTACION CULT	Y2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<= 0.37
PASTO NATURAL	Y3	13.3	20	6.7	14.6	11.32	6	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 170
MANO DE OBRA	Y4	60	60	34	60	52	31	188	196	105	80	5	0	0	0	<= 1077
CAPITAL	Y5	10	7	7	9	9	5	30	18	15	15	1	0	0	0	<= 90
IMPACTO AMBIENTAL	Y6	0	0	0	0	0	0	60.43	19.44	19.44	19.44	0	0	1	-1	= 0
CULTIVO PAPA	Y7	0	0	0	0	0	0	-5941	0	0	0	140	1	0	0	= 0

T. CULTIVO ANUAL = TIERRAS DE CULTIVO ANUAL

T.ROTACION CULT. = TIERRAS DE ROTACION CULTIVADAS

**ANEXO N° 02**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO MEDIO DE PALCCOYO**

		ALPACA	LLAMA	OVINO	ALPACA LLAMA	ALPACA OVINO	CABALLO	PAPA	OCA OLLUCO AÑO	HABA	CEBADA	CHUÑO	VENTA PAPA	VAR. HOLG.	VAR. ARTIF.	RESTRICCIONES	
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	b	
OBJETIVO 1	MAX	8	6	7	12	9	5	-608	108	2	1	22	0.13	0	0		
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
T. ROTACION ANUAL	Y1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	<= 0.0792	
T. ROTACION CULT.	Y2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<= 0.2672	
PASTO NATURAL	Y3	13.3	20	6.7	14.6	11.32	6	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 95	
MANO DE OBRA	Y4	60	60	34	60	52	31	280	277	105	80	5	0	0	0	<= 837	
CAPITAL	Y5	10	7	7	9	9	5	27	15	15	15	1	0	0	0	<= 36	
IMPACTO AMBIENTAL	Y6	0	0	0	0	0	0	60.43	19.44	19.44	19.44	0	0	1	-1	= 0	
CULTIVO PAPA	Y7	0	0	0	0	0	0	-5514	0	0	0	140	1	0	0	= 0	

**ANEXO N° 03**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO BAJO DE PALCCOYO**

		ALPACA	OVINO	ALPACA OVINO	PAPA	OCA OLLUCO AÑU	CHUÑO	VENTA PAPA	MIGRA- CIÓN	VAR. HOLG.	VAR. ARTIF.	RESTRICCIO- NES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	b
OBJETIVO 1	MAX	8	7	9	- 489	4	22	0.13	1.4	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. ROTACION ANUAL	Y1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<= 0.1988
T. ROTACION CULT.	Y2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<= 0.1971
PASTO NATURAL	Y3	13.3	6.7	11.32	0	0	0	0	0	0	0	<= 26
MANO DE OBRA	Y4	60	34	52	200	84	5	0	1	0	0	<= 957
CAPITAL	Y5	10	7	9	25	5	0	0	0.25	0	0	<= 23
IMPACTO AMBIENTAL	Y6	0	0	0	60.43	19.44	0	0	0	1	-1	= 0
CULTIVO PAPA	Y7	0	0	0	- 5167	0	140	1	0	0	0	= 0
MIGRACION	Y8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<= 120

**ANEXO N° 04**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO ALTO DE MAHUAYPAMPA**

		OVINO	VACUNO	CERDO	CABALLO	VACUNO OVINO CERDO CABALLO	PAPA S.T.	CEBADA	HABA	PAPA S.T. CEBADA	PAPA S.T. HABA	MAIZ	PAPA S.G.	OLLUCO	VAR HOLG.	VAR ARTIF.	RESTRICCIO- NES	
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	b	
OBJETIVO 1	MAX	8	55	4	5	45	125	174	3	292	185	4	198	7	0	0		
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
T. CULTIVO CONTINUO	Y1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	<= 1.379	
T. ROTACION CULTV.	Y2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 1.176	
PASTO NATURAL	Y3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	<= 0.503	
MANO DE OBRA	Y4	2.2	6.6	0.62	1.99	8.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 27	
CAPITAL	Y5	50	150	14	45	185	110	60	75	170	185	88	103	103	0	0	<= 1188	
IMPACTO AMBIENTAL	Y6	7	22	4	7	26	180	75	20	255	195	50	205	20	0	0	= 822	
MIGRACION	Y7	0	0	0	0	0	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	10.11	18.21	18.21	1	-1	= 0	

T. CULTIVO CONTINUO = TIERRAS DE CULTIVO CONTINUO

T.ROTACION CULTV. = TIERRAS DE ROTACION CULTIVADAS

PAPA S.T. = PAPA SIEMBRA TEMPRANA

PAPA S.G. = PAPA SIEMBRA GRANDE

**ANEXO N° 05**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO MEDIO DE MAHUAYPAMPA**

		OVINO	VACUNO	CERDO	CABALLO	VACUNO OVINO CERDO CABALLO	PAPA S.T.	CEBADA	HABA	PAPA S.T. CEBADA	PAPA S.T. HABA	MAIZ	PAPA S.G.	OLLUCO	VAR HOLG.	VAR ARTIF.	RESTRICCIO NES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	b
OBJETIVO 1	MAX	8	49	4	2	40	234	122	45	356	278	34	196	22	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. CULTIVO CONTINUO	Y1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	<= 0.7125
T. CULTIVO ANUAL	Y2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 1.1350
PASTO NATURAL	Y3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	<= 0.0750
MANO DE OBRA	Y4	2.2	6.6	0.62	1.99	8.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 16
CAPITAL	Y5	50	150	14	45	185	407	50	87	457	494	126	181	101	0	0	<= 834
IMPACTO AMBIENTAL	Y6	7	22	4	7	26	190	120	20	310	210	115	220	20	0	0	= 451
MIGRACION	Y7	0	0	0	0	0	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	10.11	18.21	18.21	1	-1	= 0

**ANEXO N° 06**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO BAJO DE MAHUAYPAMPA**

		OVINO	VACUNO	CERDO	CABALLO	VACUNO OVINO CERDO CABALLO	PAPA S.T.	CEBADA	HABA	PAPA S.T. CEBADA	PAPA S.T. HABA	MAIZ	PAPA S.G.	OLLUCO	VAR HOLG.	VAR ARTIF.	RESTRICCIO NES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	b
OBJETIVO 1	MAX	6	49	4	4	74	247	169	4	536	251	82	7	3	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. CULTIVO CONTINUO	Y1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	<= 0.6241
T. CULTIVO ANUAL	Y2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 1.14270
PASTO NATURAL	Y3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	<= 0.025
MANO DE OBRA	Y4	1.10	2.65	0.44	1.99	6.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 10
CAPITAL	Y5	25	60	10	45	140	219	44	70	263	289	110	116	121	0	0	<= 873
IMPACTO AMBIENTAL	Y6	5	12	4	7	22	130	40	15	153	145	35	130	15	0	0	<= 218
MIGRACION	Y7	0	0	0	0	0	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	10.11	18.21	18.21	1	-1	= 0

**ANEXO N° 07**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO ALTO DE CHOQUECANCHA**

		VACUNO	OVINO	CABALLO	CERDO	MAIZ	MAIZ HABA	PAPA S.T.	PAPA S.G.	OCA OLLUCO AÑU	MIGRACION	VAR HOLG.	VAR ARTIF.	RESTRICCIONES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	b
OBJETIVO 1	MAX	37	10	4	8	161	175	61	110	4	1.4	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. CULTIVO ANUAL	Y1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	<= 1.0000
T. ROTACION S.T. CULT.	Y2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	<= 0.2375
T. ROTACION S.G. CULT.	Y3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 0.4250
PASTO NATURAL	Y4	22.3	5.0	4.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 85.65
MANO DE OBRA	Y5	231	51	46	16	171	156	181	117	143	1	0	0	<= 1146
CAPITAL	Y6	25	4	5	4	15	17	15	10	7	0.25	0	0	<= 128
IMPACTO AMBIENTAL	Y7	4.02	4.02	4.02	4.02	0	0	19.29	19.29	19.29	0	1	-1	= 0
MIGRACION	Y8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<= 120

T. CULTIVO ANUAL = TIERRAS DE CULTIVO ANUAL

T. ROTACION S.T. CULT. = TIERRAS DE ROTACION DE SIEMBRA TEMPRANA CULTIVADAS

T. ROTACION S.G. CULT. = TIERRAS DE ROTACION DE SIEMBRA GRANDE CULTIVADAS

**ANEXO N° 08**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO MEDIO DE CHOQUECANCHA**

		VACUNO	OVINO	CABALLO	CERDO	CABRA	MAIZ	MAIZ HABA	PAPA S.T.	OCA OLLUCO	PAPA S.G.	MIGRACION	VAR HOLG.	VAR ARTIF.	RESTRICCIONES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	b
OBJETIVO 1	MAX	32	9	4	8	4	22	28	237	2	98	1.4	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. CULTIVO ANUAL	Y1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	<= 1.5280
T. ROTACION S.T. CULT.	Y2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	<= 0.2800
T. ROTACION S.G. CULT.	Y3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<= 0.3810
PASTO NATURAL	Y4	13.37	4.95	4.46	1.51	1.98	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 33
MANO DE OBRA	Y5	139	51.48	46	16	20.52	128	129	177	129	106	1	0	0	<= 1329
CAPITAL	Y6	25	4	5	4	1	160	190	22	7	10	0.25	0	0	<= 97
IMPACTO AMBIENTAL	Y7	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	0	0	19.29	19.29	19.29	0	1	-1	= 0
MIGRACION	Y8	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	0	<= 120

**ANEXO N° 09**

**MATRIZ INICIAL DE COEFICIENTES TÉCNICOS PARA EL ESTRATO BAJO DE CHOQUECANCHA**

		VACUNO	OVINO	CERDO	CABRA	MAIZ	MAIZ HABA	PAPA S.T.	OCA OLLUCO	PAPA S.G.	MIGRACION	VAR HOLG.	VAR ARTIF.	RESTRICCIONES
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	b
OBJETIVO 1	MAX	52	6	8	4	98	123	104	2	178	1.4	0	0	
OBJETIVO 2	MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
T. CULTIVO ANUAL	Y1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	<= 1.1895
T. ROTACION S.T. CULT.	Y2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	<= 0.1875
T. ROTACION S.G. CULT.	Y3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<= 0.1125
PASTO NATURAL	Y4	5.9	2.50	1.5	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	<= 9.35
MANO DE OBRA	Y5	62	26	16	21	103	100	153	129	138	1	0	0	<= 990
CAPITAL	Y6	10	2	4	1	55	57	5	5	5	0.25	0	0	<= 59
IMPACTO AMBIENTAL	Y7	4.02	4.02	4.02	4.02	0	0	19.29	19.29	19.29	0	1	-1	= 0
MIGRACION	Y8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<= 120

Copyright. 1994 por IIUR

Autor : Félix Hurtado Huamán  
Teléfono 084-272603  
Celular 984-497727  
Página web: desarrollandoelmundorural.com  
e-mail: fhurtado00@hotmail.com

Edita : Instituto de Investigación Universidad y Región IIUR.

Fecha : Cusco, julio de 1994.

Dirección : IIUR – Ciudad Universitaria  
Primer piso de la biblioteca central  
Apartado 358

Teléfono : 084-232102  
CUSCO - PERÚ