

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL**

**AGRICULTURA SUSTENTABLE:  
EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE  
DESARROLLO PARA EL SECANO  
COSTERO DE LA VI REGIÓN**

**INFORME TÉCNICO FINAL**

**PROYECTO N° 053/94**

**Fundación para la Innovación Agraria**

**OCTUBRE 1997**

## **Resumen**

El objetivo de esta investigación fue abordar uno de los mayores problemas relacionados con el concepto de sustentabilidad: su evaluación. Por ello se debió en primer lugar definir que se entiende por sustentabilidad. Bajo el contexto de esta investigación, se definió agricultura sustentable como aquella que es económicamente viable, ambientalmente sana y socialmente aceptable. Así el desarrollo agrícola debe ser llevado en de tal forma que en el mediano a largo plazo se alcancen estos tres objetivos. En este proyecto se desarrolló un método que permite evaluar la sustentabilidad a través de tres indicadores microregionales: margen bruto, pérdida de suelo y diferencias entre ingresos prediales. La evaluación se realizó utilizando modelos de decisión multicriterio, los que fueron optimizados a través de programación compromiso. La principal característica de estos modelos fue que consideraron al predio como la unidad de toma de decisión y a la microregión como la unidad de análisis. El método fue luego usado para evaluar el impacto de políticas de desarrollo sobre los predios campesinos localizados en las Comunas de Litueche, Pumanque y Marchihue, correspondientes a parte del secano costero de la VI Región.

Como el modelo microregional fue obtenido a través de la agregación de modelos prediales, se construyó para la microregión una tipología de predios campesinos, usando análisis factorial y de conglomerados. Los diferentes tipos de predios definidos se caracterizaron por tener distinta disponibilidad de recursos, especialmente mano de obra. El análisis posterior también indicó que ella representó adecuadamente los tipos de predios existentes en la zona, ya que respondieron en forma distinta a cada una de las políticas.

A partir de esta tipología se seleccionaron ocho predios representativos los que fueron sometidos a tres encuestas semiestructuradas, aplicadas sobre un período de casi tres meses. El objetivo de cada una de ellas fue evaluar los recursos disponibles, caracterizar los rubros principales y describir las técnicas productivas. Esta información fue luego usada para construir planillas prediales que contenían los parámetros técnicos y económicos de cada rubro ya partir de estas planillas especificar los modelos operativos prediales. Las principales características de los modelos fueron que consideraron el uso mensual de trabajo, el flujo mensual de dinero y la disponibilidad de capital de trabajo, así como también actividades diferentes según pendiente de la tierra (plano, loma y cerro) y propiedad de la tierra (propia y tomada o dada en medias). La inclusión de niveles mínimos de consumo así como de restricciones de capital representaron la aversión al riesgo característica de las economías campesinas.

La agregación de los modelos prediales junto a la adición de restricciones de disponibilidad de trabajo generaron el modelo microregional. Este fue utilizado en la evaluación de cinco políticas

de desarrollo: plantación de eucaliptos, plantación de eucaliptos con pagos anticipados anuales, cultivo de frutillas, establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo, y una combinación de las tres últimas. Para cada política el modelo fue optimizado de acuerdo a cinco criterios microregionales: máximo margen bruto, mínima erosión, mínima diferencia de ingreso y las soluciones compromiso  $L_1$  y  $L_\infty$ .

Desde el punto de vista de los indicadores de sustentabilidad se observó que el margen bruto y la erosión fueron conflictivos. Así, bajo la situación actual reducir la pérdida actual significó menores ingresos. Este conflicto también se observó al introducir las políticas de desarrollo, ya que, dependiendo de la política considerada, reducir la erosión en una tonelada por ha significó desde \$ 700 a \$ 1.600 en términos de un menor margen bruto. Por otro lado el uso del objetivo minimizar los desvíos del ingreso predial con respecto al ingreso promedio permitió mejorar la distribución del ingreso.

Desde el punto de vista de las políticas analizadas, se observó que el impacto del establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo fue casi nulo, incluso considerando un subsidio para su establecimiento. Con respecto a la introducción de eucaliptos, esta aumentó considerablemente al incluir la política el pago anticipado, ya que levantó las restricciones de dinero efectivo que tienen las economías campesinas. La introducción de frutillas y las política combinada fueron aún más exitosas, logrando aumentar el margen bruto microregional en hasta 37,0%, reducir la pérdida de suelo en hasta 81,5% y disminuir las diferencias en ingreso en hasta 34,8%, dependiendo del criterio de optimización considerado.

Todos los criterios de optimización generaron soluciones que mejoraban en distinta magnitud la situación actual. Al maximizar el margen bruto mejoró la pérdida de suelo, pero empeoró la distribución del ingreso. Ello implicó que los predios en mejor situación económica pueden hacer un mejor uso de las alternativas ofrecidas. Debido a que se incluyó niveles mínimos de ingreso, al minimizar la erosión no se afectó el margen bruto ni su distribución. En cambio, las soluciones compromiso así como la solución que minimizó las diferencias de ingreso lograron mejorar los tres indicadores simultáneamente, por lo que son más adecuadas para el decisor público.

Finalmente se concluyó que los modelos de decisión multicriterio son muy útiles en el análisis de la sustentabilidad, debido a que permiten considerar simultáneamente indicadores muy diferentes, sin requerir que todos ellos se valoren en términos económicos (como es el caso del análisis de costo beneficio o de los indicadores de productividad). Sin embargo es necesario que estos modelos consideren la heterogeneidad de los predios involucrados y la variedad de factores que determinan la sustentabilidad.

## INDICE

|       |                                                               |     |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----|
|       | RESUMEN.....                                                  | i   |
|       | INDICE.....                                                   | iii |
| 1.    | <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                     | 1   |
| 1.1   | <b>MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICO/AMBIENTAL</b> .....        | 1   |
| 1.1.1 | Programación por Metas (PPM).....                             | 7   |
| 1.1.2 | Programación Compromiso (PC).....                             | 8   |
| 1.1.3 | Método interactivo STEP.....                                  | 8   |
| 1.1.4 | Programación Multiobjetivo (PMO) .....                        | 9   |
| 1.1.5 | Comparación entre los métodos multiobjetivos.....             | 9   |
| 1.2   | <b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b> .....                            | 10  |
| 2.    | <b>FASE I: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL</b> .....       | 12  |
| 2.1   | <b>DEFINICIÓN DE SUSTENTABILIDAD</b> .....                    | 13  |
| 2.2   | <b>DEFINICIÓN DEL ÁREA BAJO ESTUDIO</b> .....                 | 14  |
| 2.2.1 | Características agroclimáticas de la microregión.....         | 15  |
| 2.2.2 | La agricultura campesina de la microregión .....              | 17  |
| 2.3   | <b>DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD</b> ..... | 17  |
| 2.3.1 | Indicador económico .....                                     | 18  |
| 2.3.2 | Indicador social .....                                        | 19  |
| 2.3.3 | Indicador ambiental .....                                     | 19  |
| 2.4   | <b>DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL</b> .....                 | 20  |
| 3.    | <b>FASE II: CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS PROTOTIPOS</b> .....  | 23  |
| 3.1   | <b>TIPIFICACIÓN DE SISTEMAS PEDIALES</b> .....                | 24  |

|         |                                                              |           |
|---------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2     | INFORMACIÓN PREDIAL SECUNDARIA.....                          | 25        |
| 3.3     | ANÁLISIS FACTORIAL Y DE CONGLOMERADOS .....                  | 26        |
| 3.3.1   | Reducción del número de variables.....                       | 26        |
| 3.3.2   | Análisis factorial.....                                      | 28        |
| 3.3.3   | Análisis de conglomerados .....                              | 30        |
| 3.4     | DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....       | 32        |
| 3.5     | SELECCIÓN DE PREDIOS REPRESENTATIVOS .....                   | 36        |
| 3.6     | MODELO PROTOTIPO PREDIAL .....                               | 37        |
| 3.6.1   | Objetivos del Modelo Predial.....                            | 38        |
| 3.6.2   | Actividades del Modelo Predial .....                         | 40        |
| 3.6.3   | Las actividades agrícolas y sus restricciones .....          | 41        |
| 3.6.4   | Las actividades ganaderas y sus restricciones.....           | 43        |
| 3.6.4.1 | Estructura del rebaño .....                                  | 44        |
| 3.6.4.2 | Balance forrajero .....                                      | 44        |
| 3.6.4.3 | Venta de crías .....                                         | 45        |
| 3.6.5   | Restricciones de flujo de caja y capital.....                | 45        |
| 3.6.6   | Restricciones de trabajo .....                               | 47        |
| 3.7     | CONSTRUCCIÓN DEL MODELO PROTOTIPO MICROREGIONAL.....         | 47        |
| 3.7.1   | Objetivos del modelo microregional .....                     | 47        |
| 3.7.2   | Estimación de la distribución del ingreso .....              | 49        |
| 3.7.3   | Restricciones del modelo microregional.....                  | 50        |
| 4.      | <b>FASE III: CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS OPERATIVOS.....</b> | <b>52</b> |
| 4.1     | RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA .....                    | 53        |
| 4.1.1   | Diseño de la encuesta.....                                   | 53        |
| 4.1.2   | Recolección de la encuesta .....                             | 54        |
| 4.2     | CARACTERÍSTICAS DE LOS PREDIOS ENCUESTADOS.....              | 56        |

|       |                                                                 |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.1 | Predio A .....                                                  | 57 |
| 4.2.2 | Predio B .....                                                  | 58 |
| 4.2.3 | Predio C .....                                                  | 59 |
| 4.2.4 | Predio D .....                                                  | 60 |
| 4.2.5 | Predio E .....                                                  | 60 |
| 4.2.6 | Predio F .....                                                  | 61 |
| 4.2.7 | Predio G .....                                                  | 62 |
| 4.2.8 | Predio H .....                                                  | 63 |
| 4.3   | RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA .....                     | 64 |
| 4.4   | DEFINICIÓN DE LAS ACTIVIDADES PREDIALES .....                   | 64 |
| 4.4.1 | Actividades definidas para el predio A.....                     | 65 |
| 4.4.2 | Actividades definidas para el predio B.....                     | 66 |
| 4.4.3 | Actividades definidas para el predio C.....                     | 66 |
| 4.4.4 | Actividades definidas para el predio D.....                     | 66 |
| 4.4.5 | Actividades definidas para el predio E .....                    | 67 |
| 4.4.6 | Actividades definidas para el predio F .....                    | 67 |
| 4.4.7 | Actividades definidas para el predio G.....                     | 68 |
| 4.4.8 | Actividades definidas para el predio H.....                     | 68 |
| 4.5   | ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LOS MODELOS<br>PEDIALES ..... | 69 |
| 4.5.1 | Coeficientes agrícolas.....                                     | 69 |
| 4.5.2 | Modelación del subsistema pecuario .....                        | 70 |
| 4.5.3 | Flujo de caja y capital de trabajo.....                         | 73 |
| 4.5.4 | Modelación de las restricciones de trabajo .....                | 74 |
| 4.5.5 | Otras restricciones .....                                       | 74 |
| 4.6   | CONSTRUCCIÓN DE LAS FUNCIONES OBJETIVO .....                    | 75 |
| 4.6.1 | Estimación de los márgenes brutos prediales.....                | 75 |

|         |                                                                              |           |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6.2   | Estimación de la pérdida de suelo .....                                      | 75        |
| 4.7     | <b>CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS MODELOS<br/>OPERATIVOS PEDIALES .....</b> | <b>81</b> |
| 4.7.1   | Calibración de los modelos prediales .....                                   | 81        |
| 4.7.1.1 | Calibración de los cultivos.....                                             | 81        |
| 4.7.1.2 | Calibración del balance forrajero .....                                      | 82        |
| 4.7.1.3 | Calibración del flujo de caja .....                                          | 82        |
| 4.7.1.4 | Calibración del capital de trabajo .....                                     | 83        |
| 4.7.2   | Validación de los modelos prediales .....                                    | 85        |
| 4.7.2.1 | Validación del modelo predial A.....                                         | 86        |
| 4.7.2.2 | Validación del modelo predial B.....                                         | 87        |
| 4.7.2.3 | Validación del modelo predial C.....                                         | 89        |
| 4.7.2.4 | Validación del modelo predial D.....                                         | 90        |
| 4.7.2.5 | Validación del modelo predial E .....                                        | 90        |
| 4.7.2.6 | Validación del modelo predial F .....                                        | 90        |
| 4.7.2.7 | Validación del modelo predial G.....                                         | 93        |
| 4.7.2.8 | Validación del modelo predial H.....                                         | 93        |
| 4.8     | <b>CONSTRUCCIÓN DEL MODELO OPERATIVO MICROREGIONAL .....</b>                 | <b>95</b> |
| 4.9     | <b>CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO OPERATIVO<br/>MICROREGIONAL.....</b>  | <b>96</b> |
| 5       | <b>FASE IV: EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE DESARROLLO.....</b>                   | <b>97</b> |
| 5.1     | DEFINICIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO.....                               | 98        |
| 5.2     | MODELACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO.....                               | 99        |
| 5.2.1   | Plantación de eucaliptos.....                                                | 99        |
| 5.2.2   | Plantación de eucaliptos con pagos anuales.....                              | 100       |
| 5.2.3   | Cultivo de frutillas.....                                                    | 100       |

|         |                                                                                                               |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.4   | Establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo.....                                              | 101 |
| 5.2.5   | Política combinada .....                                                                                      | 104 |
| 5.2.6   | Restricciones adicionales del modelo microregional .....                                                      | 104 |
| 5.3     | EVALUACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO .....                                                               | 105 |
| 5.3.1   | Criterios de optimización.....                                                                                | 105 |
| 5.3.2   | Soluciones eficientes al introducir las políticas de desarrollo .....                                         | 106 |
| 5.3.2.1 | Soluciones eficientes al introducir eucaliptos.....                                                           | 106 |
| 5.3.2.2 | Soluciones eficientes al introducir eucaliptos y pagos anuales anticipados .....                              | 108 |
| 5.3.2.3 | Soluciones eficientes al introducir frutillas.....                                                            | 110 |
| 5.3.2.4 | Soluciones eficientes al introducir praderas de falaris y trébol subterráneo.....                             | 112 |
| 5.3.2.5 | Soluciones eficientes al introducir la política combinada.....                                                | 113 |
| 5.4     | ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO .....                                                     | 116 |
| 5.4.1   | Efecto de las políticas de desarrollo sobre los márgenes brutos prediales .....                               | 116 |
| 5.4.2   | Intercambios entre objetivos .....                                                                            | 120 |
| 5.4.3   | Efecto de las políticas de desarrollo sobre la distribución del ingreso .....                                 | 124 |
| 5.4.4   | Análisis comparativo .....                                                                                    | 127 |
| 6.      | <b>RESUMEN Y CONCLUSIONES</b> .....                                                                           | 132 |
| 6.1     | <b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b> .....                                                                           | 132 |
| 6.1.1   | El desarrollo de un marco de análisis de la sustentabilidad de los<br>sistemas de producción campesinos ..... | 132 |
| 6.1.2   | La inclusión del concepto de sustentabilidad en modelos agrope-<br>cuarios de toma de decisión .....          | 133 |
| 6.1.3   | Un método para medir la sustentabilidad utilizando modelos multi-<br>criterio .....                           | 133 |
| 6.2     | <b>RESULTADOS ANALÍTICOS</b> .....                                                                            | 134 |
| 6.2.1   | Resultados de la construcción, calibración y validación de los mo-<br>delos.....                              | 134 |

|         |                                                                                             |            |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2.1.1 | Selección de los indicadores de sustentabilidad.....                                        | 134        |
| 6.2.2   | Una tipología de sistemas de producción campesinos para el Seca-<br>no Costero .....        | 135        |
| 6.2.3   | Recolección de información para la construcción de los modelos<br>prediales .....           | 137        |
| 6.2.4   | La construcción de los modelos operativos prediales .....                                   | 138        |
| 6.2.5   | Calibración y validación de los modelos prediales .....                                     | 141        |
| 6.2.6   | Construcción de los modelos microregionales.....                                            | 141        |
| 6.2.7   | Impacto de las políticas de desarrollo a nivel microregional.....                           | 143        |
| 6.2.8   | Impacto de las políticas de desarrollo a nivel predial.....                                 | 145        |
| 6.2.9   | El impacto de las políticas de desarrollo sobre la distribución del<br>ingreso predial..... | 145        |
| 6.2.10  | Intercambios entre los objetivos del modelo microregional .....                             | 146        |
| 6.3     | IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....                                                                 | 146        |
| 6.4     | RECOMENDACIONES DE INVESTIGACIÓN.....                                                       | 148        |
| 7.      | <b>OTRAS ACTIVIDADES .....</b>                                                              | <b>150</b> |
| 8.      | <b>REFERENCIAS .....</b>                                                                    | <b>152</b> |
| 9.      | <b>ANEXOS .....</b>                                                                         | <b>155</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década la idea de sustentabilidad ha tomado gran fuerza en los aspectos relacionados con la actividad económica, especialmente en el ámbito de la agricultura y su desarrollo. Este nuevo paradigma requiere contestar preguntas tales como “¿es un sistema sustentable?”, “¿cuál sistema es más sustentable?” o “¿está la sustentabilidad cambiando en el tiempo?” (Harrington 1992). Si se considera la sustentabilidad desde el punto de vista más amplio, es decir considerando criterios no sólo ambientales, sino que también económicos o sociales, entonces la respuesta a estas preguntas ha sido frecuentemente eludida o expresada en forma muy dogmática. De esta forma se han definido una gran variedad de tecnologías que se dicen sustentables, pero cuya sustentabilidad, al menos en el sentido amplio antes expuesto, nunca ha sido evaluada (algunos ejemplos se pueden encontrar en Ragland y Lal, 1993).

Ello también implica que es necesario desarrollar metodologías que permitan operar el concepto y con ello evaluar la respuesta, desde el punto de vista de la sustentabilidad, de diferentes sistemas de producción frente a acciones de desarrollo propuestas.

## 1.1 MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICO/AMBIENTAL

Un método se basa en la productividad de los factores totales (Lynam y Herdt, 1989), que corresponde a la relación entre el valor de todos los productos generados y de todos los insumos utilizados por un sistema. Por lo tanto también requiere estimar las cantidades y los valores marginales sociales de productos e insumos ambientales no comercializables y que por ello no tienen precio (Crösson y Anderson, 1993). Otras medidas relacionadas con productividad son productividad total (Harrington y cols., 1994) que incluye costos extra prediales y ambientales, y la productividad de los factores totales (ya sea intertemporal o interespacial) que incluyen la contribución no valorada de los recursos naturales y los flujos no valorados de producción (Ehui y Spencer, 1993). La productividad de los factores totales intertemporal evalúa los cambios en un sistema entre períodos de tiempo y la intergeneracional compara un sistema con otro, en un momento determinado. Algunos problemas que se asocian al uso de métodos basados en la productividad son que requiere valorar los productos e insumos, que la evaluación de la sustentabilidad es *ex post* y que todas las variables deben ser expresadas en términos de un criterio económico.

Otros métodos se basan en el uso de indicadores de sustentabilidad. Ellos pueden corresponder a la agregación de un conjunto de variables y/o estar asociados a un valor umbral (máximo o mínimo). Ejemplos incluyen:

- i. Indicadores de calidad ambiental e impacto ecológico, productividad y nivel socioeconómico (Neher, 1992).
- ii. Indicadores agroecológicos para evaluar los cambios en variables de importancia ambiental, los impactos agrícolas sobre el ambiente y las interacciones entre las políticas y los mercados en agricultura y medio ambiente (Parris, 1994)
- iii. Índice de sustentabilidad aproximada, basado en la agregación de indicadores de productividad, equidad, resistencia al cambio y estabilidad (Gutierrez-Espeleta, 1993).
- iv. Índice de sustentabilidad ambiental, definido para una unidad de manejo homogénea y que se basa en la agregación de indicadores de productividad, estabilidad y degradación, integrados sobre un período particular de tiempo (Sands y Podmore, 1994).

Desventajas de estos métodos es que los “trade-offs” (intercambios) entre determinantes no pueden ser considerados y que la agregación de valores puede ocultar problemas específicos.

Otros autores proponen el uso de productividad de los factores totales asociado a niveles umbrales (Spencer y Swift, 1992), el análisis de tendencias agregadas en los niveles de producción y rendimientos (Harrington, 1992), el cálculo de un cociente de sustentabilidad medido como la proporción del ingreso que quedaría una vez que todos los costos ambientales fuesen cubiertos (van der Pol, 1992), las técnicas de contabilidad de recursos naturales (Faeth, 1993) y el análisis de costo/beneficio (ver por ejemplo Pearce y cols., 1990; Johnsen, 1993; de Janvry y Santos, 1994).

Finalmente, a partir de los años 80, diversos autores han comenzado a utilizar metodologías multicriterio para realizar estudios que consideren variables económicas y ambientales. La principal fortaleza de estas metodologías consiste precisamente en considerar simultáneamente diversos objetivos o criterios en sus propias escalas (Spencer y Garuti, 1994). Dentro de las metodologías multicriterio, los modelos lineales han sido utilizados con mayor frecuencia. Su atractivo radica fundamentalmente en que (Wossink y cols., 1992):

- i. Muchas actividades y restricciones pueden ser considerados simultáneamente
- ii. Envuelve un procedimiento explícito y eficiente para encontrar un óptimo
- iii. Un análisis de sensibilidad puede ser realizado por intermedio de variación paramétrica de coeficientes, restricciones, etc

iv. Nuevas técnicas de producción pueden ser incorporadas

Al revisar como han sido utilizado los modelos de programación lineal en el análisis de las relaciones económico-ambientales (Tabla 1) se puede llegar a las siguientes conclusiones (Köbrich, 1997):

- i. Intercambios entre objetivos: Una vez que el problema ambiental es incluido en el modelo, los intercambios entre aspectos económicos y ambientales pueden ser explicitados y evaluados. De esta forma "los efectos ecológicos pueden ser cuantificados en términos de efectos económicos en una escala continua entre un mínimo y un máximo nivel alcanzable" (Schans, 1991). Estos intercambios pueden entonces ser usados para encontrar una solución compromiso que considere los objetivos económicos y los ambientales. Por ejemplo una disminución en la pérdida de suelo puede ser expresada en términos de menores beneficios (Turvey, 1991).
- ii. Políticas: Los modelos son una valiosa herramienta para determinar el efecto de políticas de desarrollo sobre la producción y el impacto ambiental de los sistemas de producción. Por lo tanto, estas técnicas debiesen ser utilizadas para evaluar el efecto de políticas agropecuarias específicas (por ej. Zekri y Romero, 1991) o para seleccionar las políticas de desarrollo más adecuadas (por ej. Turvey, 1991).
- iii. Información utilizada: Se pueden utilizar modelos de simulación para generar la información referente a los sistemas de producción o el medio ambiente, información que luego es utilizada en los modelos de optimización (por ej. Deybe y Flichman, 1991).
- iv. Métodos: Se pueden usar modelos con objetivos simples o múltiples, por ej. programación lineal, por metas o multiobjetivo. No existen reglas para la selección de cualquiera de ellas, debido a que la superioridad de cada una depende de las características y de la naturaleza del problema específico (Rehman y Romero, 1993).
- v. Problema ambiental: Puede ser incluido en el modelo como un objetivo (por ej. Shakya y Leuschner, 1990), como una restricción (por ejemplo Wossink y cols., 1992), como una actividad (Martin y cols., 1991), como un parámetro (Turvey, 1991) o afectando el cociente de un objetivo, meta, o restricción (Zekri y Romero, 1991). En otros casos sólo es un resultado adicional al modelo (Deybe y Flichman, 1991).
- vi. Escala: Los modelos pueden representar un cultivo, un predio o una región determinada. El nivel de agregación depende del problema bajo análisis.

Aunque no se desprende directamente de los resultados de esos estudios, es importante comprender que la implementación de las soluciones óptimas implica una mayor capacidad de gestión, debido a la inclusión de nuevas actividades o prácticas o al cambio de los programas de rotación.

Es importante destacar que los modelos descritos en la Tabla 1 presentan una serie de limitaciones. En primer lugar todos presentan una estructura de un solo nivel, ya sea regional o predial. Los modelos regionales (Deybe y Flichman, 1991; Zekri y Romero, 1991) no presentan una desagregación a nivel predial, la que es fundamental debido a que es en este nivel en el cual se toman las decisiones (Reijntjes y cols., 1992). Además, las respuestas frente a políticas o cambios del ambiente pueden variar según cual sea el sistema predial considerado. En segundo lugar, un sólo trabajo realiza una evaluación explícita de la sustentabilidad (Niño de Zepeda y cols., 1994), aunque desde un punto de vista medioambiental. Los demás comparan resultados económicos con efectos ambientales. En tercer lugar, los modelos prediales por lo general carecen de un estudio que valide la representatividad del sistema productivo considerado.

La modelación es una metodología que permite construir sistemas de producción agropecuarios mediante el uso de ecuaciones matemáticas que representan las relaciones existentes entre los diversos componentes del sistema. Un modelo es por lo tanto un conjunto de ecuaciones que representan el comportamiento de un sistema. En agricultura, los modelos han contribuido a (adaptado de France y Thornley, 1984):

- i. Dar una descripción cuantitativa y un mejor entendimiento de procesos biológicos
- ii. Resaltar áreas en las cuales existe falta de conocimiento, lo que se conoce como el proceso heurístico en la construcción de los modelos
- iii. Presentar a los centros decisores el conocimiento disponible en una forma fácil de usar
- iv. Resaltar los beneficios socioeconómicos de los métodos diseñados a través del proceso de investigación y desarrollo
- v. Proveer de instrumentos que permiten juntar el conocimiento de las partes y con ello incrementar el conocimiento del todo
- vi. Resumir información y proveer de un método para interpolar y extrapolar
- vii. Hacer un mejor uso de la información disponible
- viii. Realizar predicciones sobre cambios en los sistemas

Tabla 1 Resumen de las principales características de los modelos revisados

| Autor                                                | Método | Propósito                                                                                   | Función objetivo                                                                   | Consideración del ambiente                                                      | Nivel                                        |
|------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Berentsen y Giesen 1995;<br>Berentsen y Giesen, 1996 | PL     | Evaluar el impacto de cambio institucional y técnico sobre predio y medio ambiente          | Ingreso predial neto                                                               | Determinación de pérdida de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O | Predial                                      |
| Cárcamo y cols., 1994                                | PL     | Analizar intercambios entre niveles óptimos y pérdida de suelo                              | Margen bruto                                                                       | Variación paramétrica de la pérdida de suelo                                    | Un predio promedio                           |
| de Koeijer, Renkema y cols., 1995                    | PPMM   | Evaluar efectos económicos y ambientales de sistemas mixtos                                 | Ingreso al trabajo, uso de químicos, superávit de N                                | En función objetivo                                                             | Un predio hipotético                         |
| Deybe y Flichman, 1991                               | PL     | Determinar el efecto de cambios económicos                                                  | Superávit de producción regional                                                   | Como resultado del modelo                                                       | Región y 3 tipos de predios                  |
| Fernández-Santos y cols., 1992                       | NISE   | Estudiar intercambios entre objetivos                                                       | Margen bruto, filtración de fertilizantes, pérdida de agua de riego                | En función objetivo                                                             | Un predio simulado                           |
| Fiske y cols., 1994                                  | PPMP   | Identificar el sistema óptimo                                                               | Utilidad, riesgo y pérdida de suelo                                                | En un meta                                                                      | Un predio y 7 sistemas de manejo             |
| Holden, 1993                                         | PPMP   | Predecir habilidad del campesino para satisfacer necesidades básicas bajo varios escenarios | Trabajo, ingreso y descanso                                                        | Escenarios tecnológicos y poblacionales                                         | Un predio promedio                           |
| Hwang y cols., 1994                                  | PL     | Analizar costos de reducir pérdida de suelo                                                 | Margen bruto                                                                       | Nivel máximo de pérdida de suelo                                                | Un predio promedio                           |
| Lonergan y Cocklin, 1988                             | PPML   | Estudiar efectos de plantaciones forestales sobre metas de desarrollo                       | Eficiencia económica y energética, trabajo e ingreso regionales, metas ambientales | En las metas                                                                    | 27 áreas en una región                       |
| Martin y cols., 1991                                 | PL     | Optimizar manejo bajo 3 sistemas de aradura                                                 | Ingreso neto                                                                       | En las actividades                                                              | 3 predios representativos, 9 diferentes años |
| Mimouni y cols., 1996                                | NISE   | Uso del agua                                                                                | Margen bruto, pérdida de nitratos                                                  | En función objetivo                                                             | Un predio                                    |
| Niño de Zepeda y cols., 1994                         | PMO    | Optimizar el sistema de manejo                                                              | Margen bruto, indicador de sustentabilidad                                         | Como una meta en la función objetivo                                            | Un predio                                    |
| Ramaswamy y Sanders, 1992                            | PL     | Predecir cambios en ingreso y adopción tecnológica                                          | Beneficio                                                                          | Diferentes áreas bajo matorrales o rezagó                                       | Predio representativo                        |

Tabla 1 Resumen de las principales características de los modelos revisados (continuación)

| Autor                                                      | Método      | Propósito                                                                                         | Función objetivo                                                                                  | Consideración del ambiente                                                  | Nivel                                   |
|------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Schans, 1991                                               | PPMI        | Determinar las estrategias de manejo óptimas                                                      | Margen bruto, tubérculos de baja calidad, infestación por PCN, uso de pesticidas, pérdida de N    | En función objetivo                                                         | Un predio hipotético                    |
| Shakya y Leuschner, 1990                                   | PL          | Optimizar estrategias de manejo                                                                   | Producción de alimento, producción de combustible, producción de forraje, pérdida de suelo, costo | En función objetivo                                                         | Predio                                  |
| Turvey, 1991                                               | PL          | Estudiar efecto de niveles máximos aceptables de pérdida de suelo                                 | Beneficio                                                                                         | Variación paramétrica de la pérdida máxima de suelo                         | Cuenca                                  |
| van Duivenbooden, 1993; van Duivenbooden y Veeneklas, 1993 | PPMI        | Explorar el impacto de disponibilidad de fertilizante sobre uso de la tierra y producción predial | Producción física, metas monetarias, riesgo en año seco, empleo y emigración                      | Restricciones de nutrientes y forraje, rebaños estables                     | 11 zonas agro-ecológicas                |
| Wossink y cols., 1992                                      |             | Analizar instrumentos de política ambiental                                                       | Margen bruto                                                                                      | Como restricciones de máxima descarga de químicos y N                       | Un predio (análisis de conglomerados)   |
| Wossink y cols., 1996                                      | PL          | Identificar el mejor método de conservación y restauración de la naturaleza                       | Margen bruto                                                                                      | Costo ambiental en función objetivo y restricciones a niveles poblacionales | Región                                  |
| Yin y Pierce, 1993                                         | PPML        | Evaluar políticas de uso de la tierra e impacto de cambios en uso de la tierra                    | Retorno económico, producción, protección de hábitats, pérdida de suelo, y cubierta forestal      | En las metas                                                                | 3 sectores y 55 secciones territoriales |
| Zekri y Herruzo, 1994                                      | NISE        | Analizar el impacto de precios e impuestos en la planificación predial                            | Margen bruto, uso y pérdida de N, uso de agua                                                     | En función objetivo                                                         | Un predio promedio                      |
| Zekri y Romero, 1991                                       | PPML y PPMP | Estudiar los efectos de incentivos a sistemas de irrigación                                       | Valor presente neto, uso del trabajo, variación en uso de trabajo, uso de agua, uso de energía    | En los coeficientes de una meta                                             | Un predio                               |
| Zekri y Romero, 1993                                       | PC          | Definir combinación óptima de sistemas de riego y rubros agrícolas                                | Valor presente neto, estacionalidad del trabajo, consumo de agua y empleo                         | En función objetivo                                                         | Microregión                             |
| Zhu y cols., 1993                                          | PMOD        | Simular el efecto del uso restringido de N                                                        | Valor presente neto, pérdida de N, pérdida de suelo                                               | En función objetivo y como parámetro                                        | Un predio representativo                |

Notas : NISE – "non-inferior set estimation method"; PC – programación compromiso; PL – programación lineal; PMO – programación multiobjetivo; PMOD- programación multiobjetivo dinámico; PPML – programación por metas interactiva; PPML – programación por metas lexicográficas; PPMM – programación por metas múltiples; PPMP- programación por metas ponderadas.

En el campo de la programación matemática existen distintos enfoques paradigmáticos para analizar el problema de la toma de decisiones en el contexto de objetivos múltiples. Estos pueden ser clasificados en tres grandes grupos, de acuerdo con el momento en el que se requiere la definición de las preferencias por parte del centro decisor sobre determinados niveles de logro de los distintos objetivos (Cohon, 1978; Hwang y Masud, 1979; Duckstein, 1984).

- i. Técnicas que requieren "a priori" una definición de las preferencias por parte del centro decisor: programación por metas, método de Haime-Hall y programación compromiso.
- ii. Técnicas que requieren una definición progresiva de las preferencias por parte del centro decisor: Método STEP, método Zionts-Wallenius, método Geoffrion, método SEMOPS, método del Valor de las Sustituciones, método de Roy, método de Vincke y método de Vanderpooten. Estas se conocen con el nombre de técnicas interactivas, ya que requieren que se establezca una interacción entre el centro decisor y el analista.
- iii. Técnicas que requieren "a posteriori" una definición progresiva de las preferencias por parte del centro decisor: programación multiobjetivo.

A continuación se describirán algunos de los métodos más utilizados en el campo de la programación matemática (extractado de Maino y cols., 1993).

#### 1.1.1 Programación por Metas (PPM)

Este método consiste esencialmente en incluir los objetivos como metas en el modelo. La función objetivo del modelo consiste en la minimización de las desviaciones (positivas o negativas) que hay entre el nivel de logro de cada una de las metas y su correspondiente nivel de aspiración. De esta forma la solución del problema pasa por minimizar un objetivo único.

En el establecimiento de la función objetivo se observan dos variantes de esta técnica. En la primera, llamada programación por metas ponderadas, todas las metas son incluidas simultáneamente en una función objetivo agregada (función de logro) que minimiza la suma de todas las desviaciones existentes entre las metas y sus niveles de aspiración. Las desviaciones se ponderan de acuerdo con la importancia relativa que cada una de las metas tiene para el centro decisor. La segunda o programación por metas lexicográficas requiere que se determinen previamente las prioridades asociando a cada objetivo o grupo de objetivos. El proceso de optimización es de tipo jerárquico, de forma tal que la optimización de un segundo nivel no deberá modificar el óptimo de los niveles superiores.

### 1.1.2 Programación Compromiso (PC)

Este método tiene su base teórica en el axioma de la elección (Zeleny, 1973; Zeleny, 1982). Según este axioma

*"... alternativas que se encuentran más cercanas al ideal son preferidas a aquellas que se encuentran más distantes. Estar tan cerca como sea posible del ideal percibido es la racionalidad de la decisión humana" (pág. 156).*

Este ideal corresponde a un punto en que todos los objetivos alcanzan su valor óptimo (y que por lo tanto no es factible). La programación compromiso define la solución óptima como la solución eficiente que se encuentra más próxima a este ideal. De acuerdo con esto, se debe calcular la distancia existente entre cada solución eficiente, que corresponde a un punto de la curva de intercambio, y el punto ideal. Para medirla se introduce la siguiente familia de funciones de distancia:

$$L_p = \left| \left( \sum_{j=1}^k \alpha_j d_j \right)^p \right|^{1/p}$$

dónde  $\alpha_j$  = ponderación para el objetivo  $j$ ;  $d_j$  = distancia entre el valor del objetivo  $j$  y su ideal;  $p$  = métrica utilizada ( $p=1, \infty$ ). De ellas sólo  $p = 1$  y  $p = \infty$  pueden ser resueltas por medio de programación lineal.

### 1.1.3 Método interactivo STEP

Este método, también llamado STEM, puede ser aplicado a problemas continuos y discretos así como también a problemas lineales y no lineales. El método STEP requiere inicialmente la construcción de una matriz que recoja los valores óptimos para cada objetivo y los valores asociados a dicha solución para los demás objetivos. El vector ideal está representado por la diagonal de la matriz. Estos valores no son alcanzables (por tratarse de objetivos en conflicto), pero sirven como estándares para evaluar las soluciones no dominadas. El algoritmo de solución consiste en dos pasos. Primero se alcanza la solución no dominada más próxima, en el sentido del minimax, a la solución ideal. Luego el centro decisor compara el vector solución con el vector ideal e indica primero si la solución le satisface o no. En caso negativo, debe expresar qué objetivo de la solución puede desmejorarse para obtener un beneficio en otro que se encuentre en un nivel insatisfactorio. Este proceso se repite hasta que el centro decisor indique estar conforme con la solución.

#### 1.1.4 Programación Multiobjetivo (PMO)

Como es imposible definir un óptimo cuando existen varios objetivos en conflicto, la programación multiobjetivo en vez de buscar una solución óptima, trata de encontrar un conjunto de soluciones eficientes no dominadas u óptimos de Pareto. Es decir se busca:

$$Eff Z(x) = [Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_p(x)]$$

Sujeto a

$$x \in F$$

donde  $Eff$  = soluciones eficientes en el conjunto a optimizar;  $Z(x)$  = función objetivo en espacio de  $p$  dimensiones ( $p$  objetivos);  $F$  = conjunto factible. Para generar o al menos aproximar el conjunto eficiente existen una serie de enfoques, los que incluyen el método de las Ponderaciones, el método de las Restricciones, el método NISE y el método Simplex Multiobjetivo.

#### 1.1.5 Comparación entre los métodos multiobjetivos

Uno de los mayores problemas que presentan la PPM y la PC es la gran cantidad de información que necesitan para su aplicación. De una u otra forma ambas requieren que se asignen ponderaciones específicas a cada uno de los objetivos en cuestión. Más aún la PPM necesita una definición clara de los niveles de aspiración para cada uno de los objetivos en cuestión. Por el contrario, la PMO no requiere información sobre niveles de aspiración y la articulación de las preferencias sólo se necesita una vez obtenido el conjunto eficiente.

En relación con la información generada, la PPM da los valores (en el campo de los objetivos) correspondientes a una única solución. En contraposición, la información aportada por la PMO es amplia ya que responde a todas las soluciones eficientes. Sin embargo, es ésta la principal debilidad de este método ya que, por una parte determina que su eficiencia operativa sea peor y con un costo computacional mayor (Willis y Perlack, 1980) y, por otra sobrecarga al centro decisor con información, dificultando así la toma de decisión (Romero, 1985).

Desde un punto de vista operacional, la PMO limita su campo de análisis a problemas con dos o tres objetivos, ya que un mayor número dificulta la comparación de soluciones eficientes. Los métodos interactivos también presentan limitaciones similares. Por otro lado y desde un punto de vista teórico, PPM y PC no tiene limitaciones con respecto al número de objetivos. Por ello no es raro encontrar aplicaciones con tres o más objetivos.

## 1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A partir del marco de referencia anteriormente descrito, este estudio buscó evaluar el impacto de determinadas políticas de desarrollo sobre la sustentabilidad de sistemas agrícolas campesinos en una microregión localizada en el Secano Costero de la VI Región, entendiendo sustentabilidad en su sentido más amplio. Para ello se utilizó un modelo de decisión multiobjetivo, que en su estructura general presentó dos características fundamentales:

- i. Desde el punto de vista de los objetivos del modelo, éstos representaron por un lado a cada una de las tres determinantes de sustentabilidad (económicas, ambientales y sociales) y por otro lado objetivos de tipo privado y público.
- ii. Desde el punto de vista de la toma de decisión, el modelo se construyó de tal forma que representara dos niveles de decisión. Por un lado los modelos prediales construidos para cada uno de los ocho predios representativos simularon la toma de decisión a nivel campesino. Por otro lado la agregación de los modelos prediales generó un modelo microregional, que representó la toma de decisión pública.

Los objetivos específicos del estudio fueron:

- i. Desarrollar una metodología basada en el uso de modelos multicriterio para evaluar la sustentabilidad de sistemas campesinos
- ii. Desarrollar una tipología de los sistemas campesinos para ser utilizada en la evaluación de políticas de desarrollo
- iii. Evaluar *a priori* la factibilidad de introducir nuevas tecnologías a sistemas de producción campesinos
- iv. Evaluar *a priori* el impacto de nuevas tecnologías sobre indicadores económicos y ambientales a nivel predial
- v. Desarrollar un método que permita medir el impacto de la introducción de políticas de desarrollo, utilizando modelos multicriterio, sobre la sustentabilidad predial y microregional
- vi. Evaluar el impacto que tienen determinadas acciones o políticas de desarrollo sobre la sustentabilidad de una microregión
- vii. Comparar y seleccionar las políticas de desarrollo más adecuadas de acuerdo al impacto que ellas tengan sobre la sustentabilidad predial y microregional

Desde el punto de vista del desarrollo de la investigación, ésta se dividió en cuatro fases:

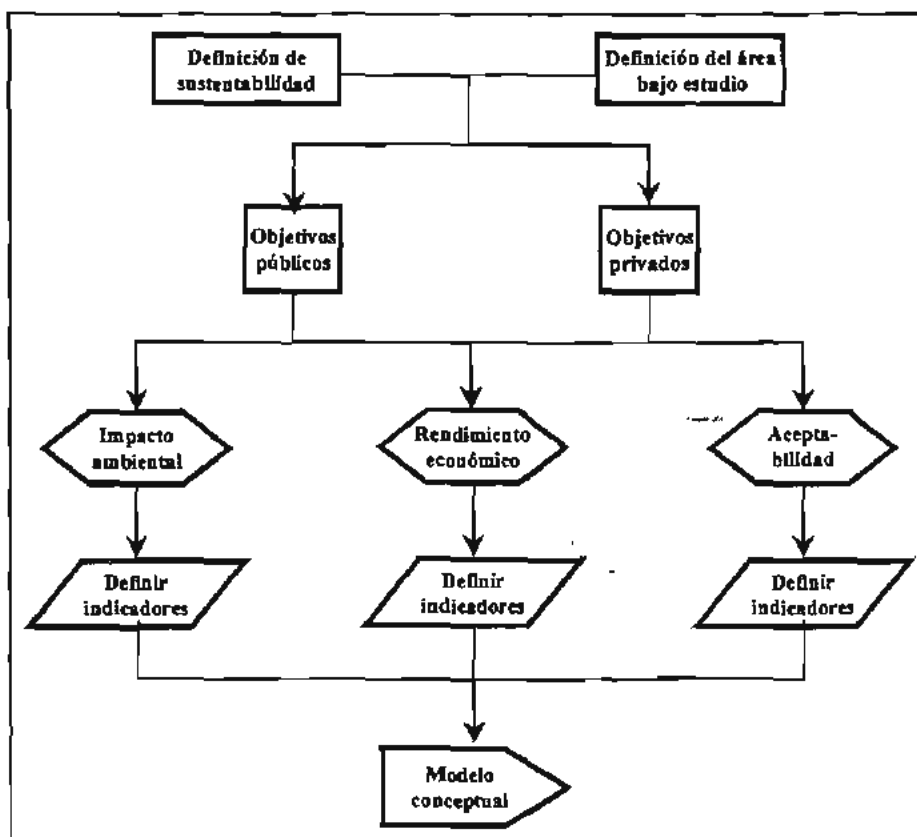
- i. Construcción del modelo conceptual
- ii. Construcción de los modelos prototipo
- iii. Construcción de los modelos operativos
- iv. Evaluación de políticas de desarrollo

Los resultados y conclusiones de cada una de ellas será desarrollada en los capítulos siguientes de este informe.

## 2. FASE I: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

La primera etapa consistió en construir un modelo que recogiese en forma explícita el marco teórico bajo el cual se analizó el problema, formulando las hipótesis de trabajo y planteando las metodologías a utilizar. Por ello se hizo necesario definir en primer lugar que se entendió por sustentabilidad y cuál será el área de trabajo. Con ello se definió el marco de referencia para el estudio. Este marco permitió establecer los objetivos de los entes o personas involucradas en el proceso de desarrollo y determinar que indicadores se pueden utilizar en el proceso de evaluación (Figura 1). Por otro lado este modelo presentó una breve descripción de los objetivos así como de las restricciones del modelo operativo, con el fin de orientar el trabajo en etapas posteriores.

Figura 1 Fase I del proceso de evaluación de políticas: formulación del modelo conceptual



## 2.1 DEFINICIÓN DE SUSTENTABILIDAD

La década de los 80 ha visto nacer el paradigma de la agricultura sustentable. Se basa en la percepción que tanto la agricultura moderna como la tradicional tienen efectos negativos sobre el medio ambiente y los recursos naturales. Las prácticas agrícolas actuales no aseguran que generaciones futuras tendrán acceso a una calidad de vida similar a la que disfrutamos hoy en día. Por ello, de la solución del problema ambiental dependen las condiciones en que viva la comunidad en el futuro (Figueroa, 1994). Esto es conocido como el problema intergeneracional.

Dentro de esta percepción general, existen diversas aproximaciones a la definición de agricultura sustentable. Una visión se caracteriza por basarse en prácticas que no utilizan insumos externos (tales como energía, fertilizantes y agroquímicos). La agricultura orgánica y la LISA (Low-Input Sustainable Agriculture) son ejemplos de esta corriente. Una visión de corte ecologista define sustentabilidad como la capacidad de un ecosistema (o en este caso un sistema de producción) de volver a su estado inicial luego de haber sido expuesto a una perturbación (*'resilience'*) (Conway y Barbier, 1990). Una tercera visión reconoce que la agricultura sustentable debe combinar un bajo impacto negativo ambiental con una mantención o mejoramiento de la productividad (Ruttan, 1990, Tandon, 1990). En este contexto, la FAO define que la agricultura sustentable debe considerar

*"... el manejo exitoso de los recursos agrícolas con el fin de satisfacer las cambiantes necesidades humanas y a la vez mantener o mejorar la calidad del medio ambiente y conservar los recursos naturales" (FAO, 1989).*

En otras palabras, los criterios que determinan la sustentabilidad de la agricultura (o de cualquier otra actividad económica humana) son que sea *ambientalmente sana, económicamente viable y socialmente aceptable*. Es precisamente esta definición la que será utilizada en el desarrollo de esta investigación.

Esta aproximación, especialmente relevante para países en vías de desarrollo, está de acuerdo con la visión que el desarrollo agrícola debe ser evaluado de acuerdo a los criterios de productividad, estabilidad, equidad y resistencia a las perturbaciones (Conway y Barbier, 1990).

Por otro lado, el desarrollo sustentable debe ser visualizado desde una perspectiva sistémica, es decir que el todo es más que la suma de las partes. Desde este punto de vista cada unidad dentro de un sector (predios en el caso de la agricultura) presenta objetivos, recursos, actividades (procesos) y un medio ambiente (económico, social, natural, político, etc.), así como también un gestor o centro decisor que define los objetivos y utiliza sus recursos en las diferentes actividades, de forma tal de satisfacer sus objetivos (Churchman, 1968). Cada sistema es también parte de un

sistema superior que también presenta objetivos, recursos, procesos, ambiente y centro decisor. En otras palabras, se debe reconocer que los efectos ambientales, económicos y sociales no son producto únicamente de un proceso determinado, sino que de la combinación de las partes antes mencionadas. Por lo tanto, un sistema es el resultado de la interacción compleja de muchos componentes mutuamente dependientes (Norman, 1980). En el centro de este proceso se encuentra el productor. Pero además, la producción del predio y las decisiones del grupo familiar están estrechamente ligadas, por lo cual deben ser analizadas en la investigación de sistemas. Por lo tanto, el funcionamiento del predio campesino se entiende como un complejo sistema, compuesto por el grupo familiar, el predio y sus recursos, en permanente interacción con su entorno socioeconómico y ecológico y cuya función es el logro de sus objetivos (Valenzuela y González, 1987).

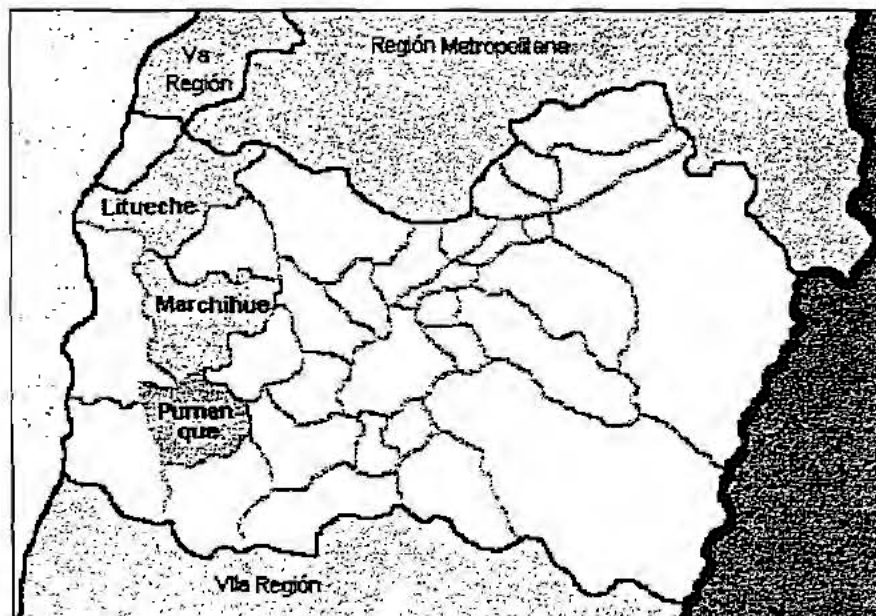
Este enfoque constituye una alternativa eficaz para cumplir los objetivos y es apropiado a las condiciones del campesinado chileno y de su producción (Berdegú y Larraín, 1987). Además, cuenta con un sólido fundamento científico y recoge una vasta experiencia en muchos países en vías de desarrollo económico. Las unidades campesinas productivas son posibles de analizar bajo un enfoque de sistemas debido a que (Berdegú y cols., 1988):

- i. Tienen objetivos como unidad (objetivos sistémicos)
- ii. Forman parte de una jerarquía de sistemas, por lo que están insertos en un suprasistema ecohistórico y están compuestos por subsistemas; existen circuitos de flujo de materia y energía, de información y de dinero, entre cada uno de estos niveles jerárquicos
- iii. Tienen estructura y funcionamiento, es decir procesan en forma organizada distintos niveles de materia y energía, de información y dinero
- iv. Tienen permanencia en el tiempo

## **2.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA BAJO ESTUDIO**

El área de estudio cubrió las comunas de Litueche, Marchihue y Pumanque, ubicadas en el Secano Costero de la VI Región (Figura 2) y que cubren un total de 175.375 ha.

Figura 2 Localización de las Comunas en estudio



### 2.2.1 Características agroclimáticas de la microregión

De acuerdo a la clasificación agroclimática de INIA (1989), la que considera tipos de verano e invierno así como también regímenes de temperatura y humedad, en esta microregión se encuentran tres tipos de agroclimas: Constitución, Hidango, y Pumanque (Figura 3). Sin embargo sólo dos de ellos (Hidango y Pumanque) son relevantes, debido a que el otro sólo ocupa una pequeña zona costera de la Comuna de Litueche<sup>1</sup>.

Los agroclimas de Hidango y Pumanque tienen patrones térmicos similares, no así en relación a las precipitaciones, debido a que en Hidango la Cordillera de la Costa tiene un menor efecto bloqueador y por lo tanto las precipitaciones son mayores (Tabla 2). El agroclima de Constitución tiene temperaturas extremas más suaves debido a la mayor influencia del Océano Pacífico.

---

<sup>1</sup> Más aún, sólo uno de los ocho predios analizados se localizó en el agroclima de Hidango.

Figura 3 Agroclimas del Secano Costero de la VI Región y su relación geográfica con las tres Comunas en estudio

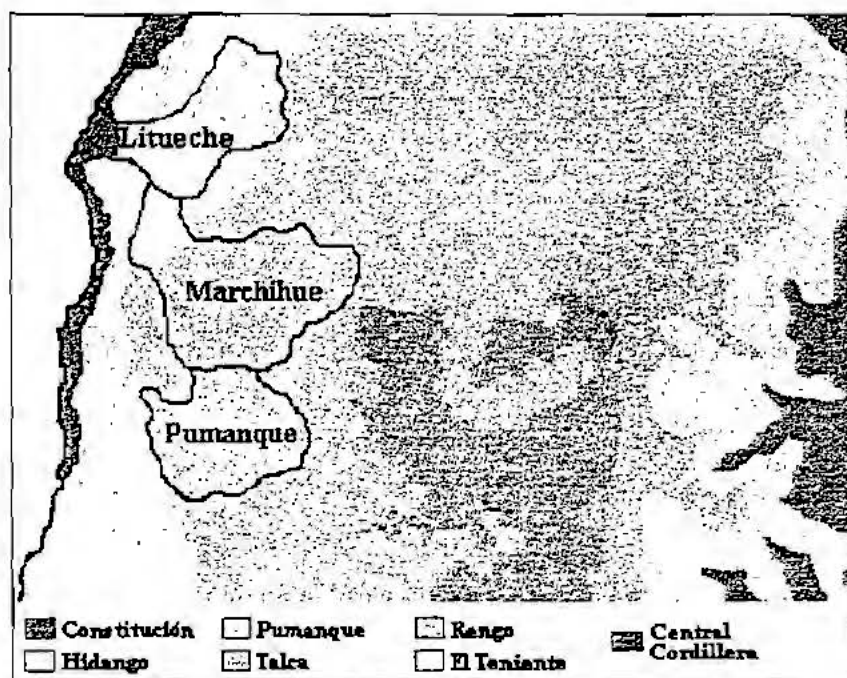


Tabla 2 Principales características de los agroclimas microregionales (INIA, 1989)

| Característica agroclimática       | Distrito          |                   |                    |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                                    | Constitución      | Hidango           | Pumanque           |
| T° promedio anual                  | 14.0°C            | 13.6°C            | 14.9°C             |
| Mes más caluroso                   | enero             | febrero           | enero              |
| T° media máxima (mes más caluroso) | 24.0°C            | 24.7°C            | 27.7°C             |
| Mes más frío                       | julio             | junio             | julio              |
| T° media mínima (mes más frío)     | 6.0°C             | 5.4°C             | 5.8°C              |
| Meses libres de escarcha           | septiembre a mayo | octubre a mayo    | septiembre a junio |
| Meses secos                        | noviembre a marzo | noviembre a marzo | noviembre a abril  |
| Precipitación                      | 900 mm            | 900 mm            | 440 mm             |
| Evapo-transpiración                | 1280 mm           | 1330 mm           | 1730 mm            |

T°: Temperatura

### 2.2.2 La agricultura campesina de la microregión

En la microregión existen aproximadamente 2,496 predios campesinos (con menos de 12 ha de riego básico), de los cuales 577 reciben asistencia técnica de INDAP. INDAP ha clasificado dichos predios de acuerdo a sus orientaciones productivas (Tabla 3). El cultivo dominante es el trigo de secano, en una rotación de cuatro o cinco años con pradera natural y barbecho. La pradera natural es utilizada para la alimentación de bovinos y ovinos. Cuando las condiciones de humedad del suelo son adecuadas, se cultiva una leguminosa de grano (principalmente garbanzo y chícharo) previo al trigo. En caso de existir pequeñas áreas bajo riego, éstas se cultivan con vegetales para consumo doméstico (papas, maíz, chacra) o frutas y hortalizas para venta (limones, naranjas, tomates, frutillas, etc.).

Tabla 3 Número de predios campesinos y su participación en programas de transferencia tecnológica (PTT) de INDAP según Comuna y orientación productiva

| Comuna    | Orientación productiva            | Predios | % <sup>1</sup> | PTT |
|-----------|-----------------------------------|---------|----------------|-----|
| Litueche  | Trigo/ovino                       | 279     | 32,0           | 47  |
|           | Trigo                             | 157     | 18,0           | 26  |
|           | Trigo/maíz/chacra                 | 79      | 9,0            | 13  |
|           | Trigo/frutilla/ganado             | 26      | 3,0            | 4   |
|           | Trigo/porotos/ovino               | 105     | 12,0           | 18  |
|           | Trigo/garbanzo/ovino              | 157     | 18,0           | 26  |
|           | Trigo/habas/ovino                 | 44      | 5,0            | 7   |
|           | Otros                             | 26      | 3,0            | 4   |
| Marchihue | Trigo/pradera/ganado              | 748     | 76,0           | 164 |
|           | Trigo/pradera/ganado/porotos/maíz | 236     | 24,0           | 52  |
| Pumanque  | Trigo/garbanzo/ovino              | 575     | 90,0           | 194 |
|           | Trigo/viñas/ovino                 | 64      | 10,0           | 22  |
| Total     |                                   | 2.496   |                | 577 |

1: porcentaje de predios dentro de Comuna

Fuente: INDAP, VI Región

## 2.3 DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

En la Sección 0 se definió que los criterios que definen la sustentabilidad son que sea económicamente viable, ambientalmente sana y socialmente aceptable. Debido a que la importancia de estos criterios así como sus determinantes dependen del área en cuestión, se hace necesario definir cuales serán los criterios específicos a incluir en el estudio y como serán éstos medidos o

cuantificados. En otras palabras es necesario reconocer cuales son las amenazas a la sustentabilidad microregional y cuales serán los indicadores que se utilizarán para medirlas.

### 2.3.1 Indicador económico

Es indudable que el crecimiento económico es un objetivo de primera línea tanto para el sector privado como para el sector público. En este sentido, la teoría económica indica que la maximización de los beneficios es el principal objetivo de las empresas. Indudablemente las empresas agrícolas, dentro de las cuales se encuentran los sistemas campesinos también buscan satisfacer este objetivo. Sin embargo debido al doble rol de productor y consumidor que juega la economía campesina, también es necesario satisfacer sus necesidades de consumo, aunque ello vaya en desmedro de los beneficios obtenidos. En otras palabras estos sistemas deben encontrar un balance entre maximizar sus beneficios y minimizar el riesgo de no lograr cubrir sus propias necesidades de consumo y por lo tanto desaparecer en el corto o mediano plazo.

En este estudio se usó como indicador de beneficio el margen bruto (entendido como la diferencia entre los ingresos y los costos variables de producción), estimado para cada uno de los rubros prediales. Se usó el margen bruto y no los beneficios netos prediales (margen bruto menos costos fijos) por dos razones. En primer lugar los costos fijos son difíciles de estimar y en segundo lugar debido a que los costos fijos son constantes no afectan los resultados de los modelos de optimización.

Sin embargo en lugar de definir un indicador de riesgo se siguió un método distinto. Los modelos de decisión incluyeron niveles mínimos de consumo, lo que corresponde a lo que se conoce en el análisis de riesgo como reglas de seguridad (*"safety first rules"*). En otras palabras se asumió que el ente decisor está dispuesto a sacrificar beneficio (asumiendo que un menor riesgo necesariamente se asocia a un menor beneficio) sólo si no es capaz de satisfacer sus necesidades de autoconsumo.

Por otro lado, el objetivo de maximizar beneficios y con ello de crecimiento económico no es sólo importante desde el punto de vista privado, sino que también es un objetivo de primera línea para el sector público. Una piedra angular del desarrollo económico chileno ha sido su integración a los mercados internacionales. Sin embargo dicha integración asociada a cambios de política agrícola a nivel internacional, caída de precios de los productos agrícolas, aumento de los costos de producción, y una mayor competencia por dichos mercados significa nuevas amenazas a la estrategias de desarrollo nacional.

### 2.3.2 Indicador social

Este es indudablemente el indicador más difícil de definir y modelar, especialmente si se desea analizar la aceptabilidad de políticas de desarrollo. Esta limitante puede superarse si se aceptan los siguientes supuestos:

- i. Los sistemas existentes son aceptables para los campesinos, lo que obviamente no significa que sean ambientalmente sanos ni que los campesinos no deseen mejorarlos; sólo implica que ellos están dispuestos a seguir con esos patrones de producción siempre y cuando no tengan alguna alternativa superior
- ii. Una alternativa no será rechazada (lo que no es condición suficiente para ser aceptable) si ésta es factible de incorporarse en el plan actual y si mejora los objetivos prediales
- iii. A nivel de ente público una política de desarrollo aceptable es aquella que produce un crecimiento con equidad, es decir mejora el ingreso de los campesinos y especialmente de aquellos con menores ingresos

Por lo tanto como indicador de aceptabilidad social se utilizó la distribución del ingreso. En otras palabras se analizó cómo modifica cada política las diferencias de ingreso entre los campesinos.

### 2.3.3 Indicador ambiental

Desde el punto de vista ambiental, la mayor amenaza proviene de la pérdida de suelo y con ello de la degradación de los suelos. Otros impactos negativos de la agricultura, como la filtración de nitratos, sobreutilización de napas subterráneas, salinización de los suelos o la contaminación con pesticidas y agroquímicos, son poco relevantes en esta microregión debido a lo extensivo de la producción agrícola, especialmente en sectores campesinos. Los problemas de pérdida de hábitat y de biodiversidad no han sido estudiados localmente por lo que se requiere investigación básica antes de considerarlos en estudios de este tipo. La erosión acelerada de los suelos es probablemente el impacto más dañino de la agricultura (Soule y cols., 1990; Tivy, 1990; Cook, 1992). Ella reduce la productividad de los suelos y la sedimentación resultante es una de las principales formas de contaminación de las aguas. Por lo tanto se utilizó la erosión como el criterio de impacto ambiental, representando su disminución un objetivo de tipo privado y público.

La erosión en esta zona ocurre principalmente cuando las intensas lluvias invernales caen sobre suelos desnudos, barbechados o con escasa cubierta vegetal. Se estima que sobre el 63% de la Cordillera de la Costa y las planicies que la rodean (V a VII Regiones) han sufrido erosión de suelo de tipo severa o alta (Kerrigan, 1994), representando una de las zonas más erosionadas del país. Otro estudio indica que sólo el 31% del secano costero e interior de la Región (616.000 ha)

no muestra signo de erosión. Del 69% erosionado, 32% (196.000 ha) ha sufrido de erosión severa o alta. La observación de la zona muestra claros signos de degradación y erosión de suelos. La rotación barbecho/trigo/pradera, el pastoreo continuo, así como el corte de árboles y arbustos (especialmente *Acacia caven* para la producción de carbón), han contribuido a este problema.

## 2.4 DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

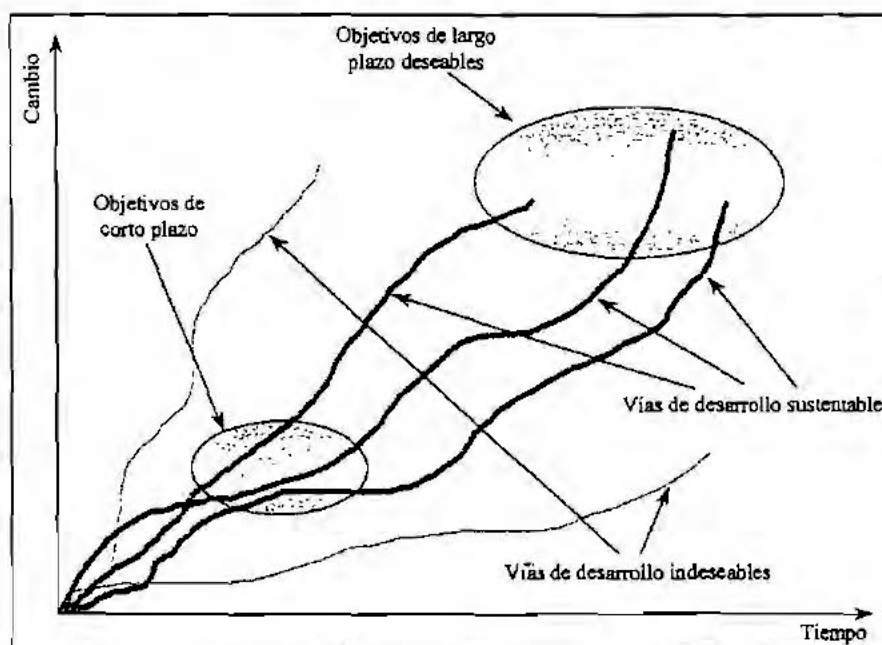
El modelo conceptual resume los aspectos antes presentados de forma tal de presentar un marco teórico dentro del cual se analizará la sustentabilidad y de formular las principales hipótesis de trabajo. Desde el punto de vista metodológico plantea los métodos o técnicas a utilizar en el análisis del problema.

En primer lugar se definió que los sistemas son sustentables cuando resuelven los problemas económico, ambiental y social en el sentido más amplio posible. Es decir cuando satisfacen los objetivos económicos que persiguen, cuando son ambientalmente sanos y aceptables para todos aquellas personas que de alguna forma se relacionan con el sistema o alguna de sus externalidades. Bajo esta perspectiva se definen los siguientes criterios para el análisis de la sustentabilidad:

- i. Económicos: Beneficio y riesgo económicos son aspectos de fundamental importancia en la toma de decisión de cualquier empresa. A su vez uno de los objetivos de todo proceso de desarrollo económico es el mejoramiento de los ingresos (o del producto). Por otro lado toda acción (en este caso plan predial) produce en realidad un conjunto de estados (resultados), cada uno asociado a una probabilidad de ocurrencia o no ocurrencia y consecuencias para cada uno de estos pares acción/resultado (Selley, 1984). Como la reducción de este riesgo significa un beneficio para el campesino (Anderson y Dillon, 1992) el modelo considerará tanto el beneficio económico como también el riesgo asociado a él.
- ii. Ambientales: Los principales impactos de la agricultura sobre el medio ambiente emanan del uso del agua, del uso de la tierra o del uso de sustancias químicas (fertilizantes, pesticidas, etc.). En esta microregión el principal problema es la pérdida acelerada de suelo debido a la actividad agrícola, ya que a nivel campesino prácticamente no existe riego y el uso de agroquímicos es reducido. Por ello se utilizará la pérdida de suelo como criterio de impacto ambiental.
- iii. Sociales: Estos aspectos son indudablemente los más difíciles de cuantificar y por ello de modelar. En este estudio se consideró el impacto de las acciones de desarrollo sobre la distribución del ingreso. Se asumió que cualquier mejoramiento de algún indicador de este criterio es socialmente aceptable y a su vez deseado por el ente planificador.

Sin embargo debido al gran número de aspectos que se relacionan con una definición de este tipo, es necesario circunscribir el problema a sus aspectos más relevantes. Sólo así es posible construir modelos que pueden ser utilizados para analizar el cambio en su sustentabilidad cuando se ven sometidos a alguna intervención (como lo son las políticas de desarrollo). Un supuesto de este modelo es que es posible dirigir el desarrollo de los sistemas de producción a lo largo de “vías de desarrollo sustentable” (Figura 4). Estas vías debiesen mantener y ojalá aumentar la adaptabilidad dentro de un sistema dado, manteniendo una dirección que puede satisfacer las necesidades del corto plazo así como también los objetivos de largo plazo, esto es, ser sustentable (Park y Seaton, 1996). Así se establece un compromiso entre un futuro incierto, en términos de qué será considerado sustentable, y un presente cierto que dice relación con el rendimiento actual (económico, ambiental y social) del sistema predial.

Figura 4 Vías de desarrollo sustentable y el espacio viable  
(Park y Seaton, 1996)



En segundo lugar, y tal como se estableció anteriormente, el análisis de sistemas es un marco válido para el estudio de la sustentabilidad. Ello implica que cualquier aproximación al estudio de la sustentabilidad requiere especificar el nivel de análisis y el período de tiempo al que se refiere. Por otro lado y como se explicó anteriormente, la programación matemática y especialmente los modelos multicriterio son herramientas convenientes y útiles para la evaluación de la sustentabilidad.

Por esto el estudio consideró al sistema de producción como la unidad de toma de decisiones, la microregión como la unidad de análisis y el paradigma multicriterio como la herramienta analítica.

ca. El modelo consideró un único período de decisión, aunque en algunos casos muy particulares consideró los ingresos o costos esperados así como los impactos estimados para más de un período. Esto como respuesta a la necesidad de encontrar un compromiso entre el presente y un futuro tremendamente incierto.

Al analizar la sustentabilidad también se debe tener claro que ningún sistema es *per se* sustentable o no sustentable, sino que ello depende de las características que tengan a nivel local y/o regional las variables económicas, ambientales y/o sociales. Para el caso en estudio se determinó que los indicadores más importantes de la sustentabilidad son el ingreso predial, la pérdida de suelo y la distribución del ingreso. Además, al tratarse de economías campesinas, el riesgo juega un rol preponderante en la toma de decisión, ya que el fracaso puede llevar a la desaparición de la unidad. Es por ello que el riesgo (o mejor dicho la aversión a él) será considerado como un componente estructural de los sistemas prediales campesinos.

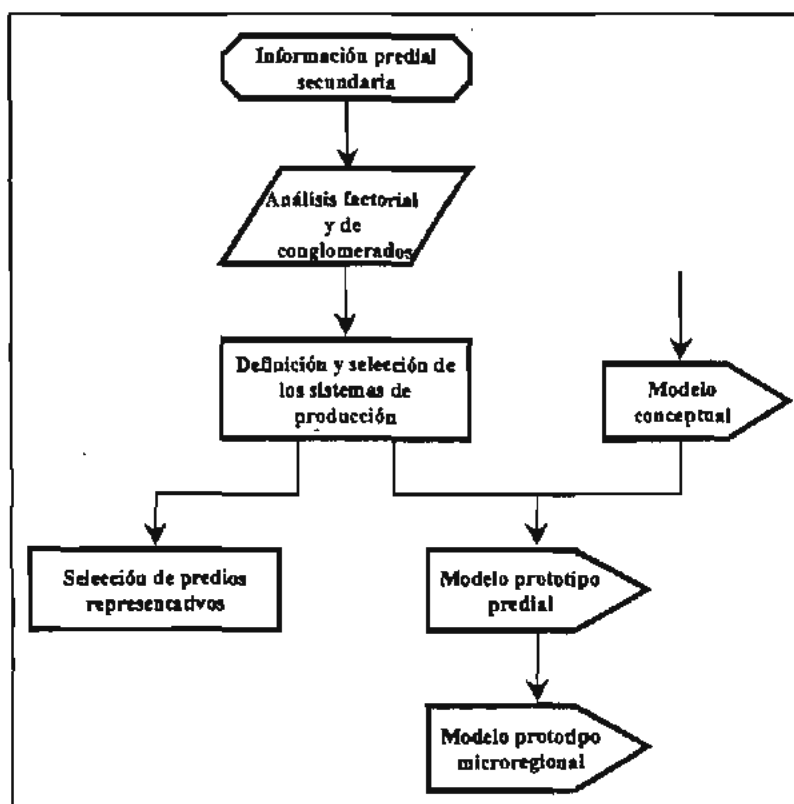
Desde el punto de vista operativo los modelos prediales tuvieron como objetivos la maximización del beneficio económico y la minimización del impacto ambiental, mientras sus restricciones fueron la disponibilidad y el uso de los recursos (tierra, trabajo y capital), necesidades de consumo, condiciones de mercado y flujos de capital. A nivel microregional el modelo consideró los objetivos prediales antes mencionados así como la minimización en la desigualdad de la distribución de la riqueza. Las restricciones microregionales incluyen, además de las prediales, restricciones relativas a oferta de trabajo y en caso de ser necesario superficies máximas por cultivos.

Finalmente y desde un punto de vista operativo es necesario definir que técnica se utilizará para encontrar las soluciones óptimas al problema en estudio. Como no existe regla que permita seleccionar el método más adecuado (Rehman y Romero, 1993), la selección se basó en la naturaleza y las características particulares del problema. A pesar que las técnicas de programación multiobjetivo son atractivas ya que demandan poca información por parte del ente decisor (al menos hasta que se genere el conjunto de soluciones eficientes) sus requerimientos computacionales aumentan con el número de objetivos incluidos y el decisor tiene problemas en seleccionar una alternativa cuando se enfrenta a un gran número de ellas. Por otro lado se prefirió la programación compromiso por sobre la programación por metas porque ella no requiere definir metas, algo de importancia extrema cuando los niveles deseables son desconocidos. Más aún, al generar la programación compromiso un conjunto pequeño de soluciones eficientes, es posible medir los intercambios entre objetivos, lo que no es posible al usar la programación por metas ya que genera una solución única. Sin embargo al usar programación compromiso aumenta la demanda por tiempo computacional y más importante aún se pierde la información referida a precios sombra, debido a la complejidad de interpretar las soluciones duales.

### 3. FASE II: CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS PROTOTIPOS

El objetivo de la segunda fase fue transformar el modelo conceptual desarrollado en el capítulo anterior en modelos prototipos, los que presentan en forma algebraica los objetivos y restricciones de los modelos prediales. El objetivo de los modelos prototipo es por un lado ayudar en la construcción de los modelos operativos (Fase III) y por otro lado asistir en el diseño de las encuestas prediales en aspectos relevantes para la modelación. Sin embargo previo a la construcción de estos modelos, es necesario conocer en forma más precisa cuales son las características productivas más relevantes de los predios a estudiar. Para ello es necesario construir una tipología de los sistemas con el fin combinar el modelo conceptual con los sistemas de producción que serán analizados (Figura 5).

Figura 5 Fase II del proceso de evaluación de políticas:  
Construcción de los modelos prototipo



### 3.1 TIPIFICACIÓN DE SISTEMAS PREDIALES

Desde hace mucho tiempo se han clasificado predios, aunque ello se ha hecho principalmente utilizando criterios de tipo geográfico (Kostrowicki, 1977) o utilizando descripciones subjetivas basadas en patrones de producción (Spedding, 1988; Beets, 1990; Jain y Dhaka, 1993). Sin embargo como la tipificación es útil sólo desde el punto de vista en que fue creada (Escobar y Berdegú, 1990) este tipo de tipificación sólo tiene un valor descriptivo y no puede ser utilizada en análisis de políticas o de otro tipo. Para solucionar este problema fue necesario desarrollar tipologías apropiadas para este estudio. La metodología utilizada en la construcción de la tipología se basó en el uso de métodos multivariados, por lo que evita el uso de juicios subjetivos.

Específicamente se usó un proceso de cinco etapas, derivado de la propuesta de RIMISP<sup>1</sup> (Escobar y Berdegú, 1990). Las etapas fueron:

- I. Determinación del contexto específico para tipificación y clasificación<sup>2</sup>
- II. Selección de variables a nivel del sistema de producción
- III. Aplicación de encuestas y otras herramientas de recolección de datos
- IV. Análisis estadístico multivariado e interpretación de los resultados
- V. Validación de la tipología

La definición del contexto bajo el cual se tipifican los predios (etapa I) permite construir las hipótesis sobre estructura, funcionamiento y evolución de los sistemas, así como sus objetivos y su relación con sus subsistemas y suprasistemas. También establece el propósito de la tipificación. Esta etapa se basa en el conocimiento previo del investigador sobre los sistemas, el objetivo de la tipificación y la información disponible (Escobar y Berdegú, 1990).

La selección de variables a usar en análisis multivariado (etapa II), es una de las etapas más críticas ya que requiere evaluar su importancia en relación al problema (Aldenderfer y Blashfield, 1984). El punto es que cualquier objeto puede ser descrito por un conjunto muy grande de variables, pero sólo algunas de ellas son relevantes en el contexto del estudio. Por lo tanto de las variables disponibles se deben seleccionar aquellas variables que pueden capturar la información necesaria para verificar la validez de las hipótesis. Aunque no existen reglas para su selección

---

<sup>1</sup> La Red Internacional de Metodología de Investigación en Sistemas de Producción (RIMISP) es una de las redes latinoamericanas más importantes en el área de investigación en sistemas de producción agrícolas.

<sup>2</sup> La tipificación es un proceso cuyo objetivo es crear grupos homogéneos mientras que la clasificación se preocupa de asignar observaciones a uno de los tipos ya existentes.

algunas tienen por lo general una mayor importancia en tipificación predial, como por ejemplo tamaño del predio, capital, trabajo, orientación productiva, calidad del suelo y capacidad de gestión (Escobar y Berdegú, 1990). Por otro lado la tipificación debe estar basada en atributos internos y no externos. El uso de ambos tipos de información supondría más que probaría el impacto de variables externas en la formación de los sistemas (Kostrowicki, 1977).

Luego la información debe ser colectada (etapa III) utilizando el método más apropiado según el tipo de información a reunir y el número de predios a encuestar, entre otros aspectos. Estos datos se analizan luego utilizando análisis factorial y de conglomerados (etapa IV). Una vez que los sistemas han sido definidos es necesario validarlos (etapa V). Es necesario saber si dichos grupos son reales y no sólo una creación del método (Aldenderfer y Blashfield, 1984). El problema es realizar pruebas que validen la tipología al no existir métodos formales para ello (Sokal, 1977). Una alternativa es contrastar los tipos con las hipótesis sobre su estructura, así como con la percepción del investigador sobre los tipos existentes (Escobar y Berdegú, 1990).

A continuación se describirán las distintas etapas involucradas desde la tipificación hasta la formulación de los modelos prototipos.

### 3.2 INFORMACIÓN PREDIAL SECUNDARIA

A partir de la población objetivo descrita en la Sección 2.2.2 se seleccionaron aleatoriamente 67 predios. Para ellos se recolectó a partir de las bases de datos existentes en INDAP y en las empresas que realizan transferencia tecnológica la siguiente información:

- i. Antecedentes grupo familiar: edad, actividad principal y número de meses trabajados en la explotación para cada uno de los miembros del grupo familiar
- ii. Recurso suelo y tipo de tenencia: superficie propia, en sucesión y tomada o dada en alguna forma
- iii. Calidad del recurso suelo: apto para cultivo o empastadas, bajo riego y no apto para la agricultura.
- iv. Uso del suelo: Cultivos, frutales y viñas, cultivos forrajeros, praderas (naturales, mejoradas y artificiales), forestal, matorrales, otros usos y no aprovechable
- v. Dotación animal: bovinos, equinos, ovinos, caprinos y porcinos según diversas categorías

En caso de no existir la datos requeridos para un predio en particular, estos fueron recolectados directamente del agricultor. De esta forma se recabó información respecto a 39 variables, las que fueron utilizadas para construir la tipología que caracterizó a cada sistema de producción.

### 3.3 ANÁLISIS FACTORIAL Y DE CONGLOMERADOS

En lo particular el procedimiento consideró las etapas de reducción del número de variables, análisis factorial y análisis de conglomerados (Escobar y Berdegúé, 1990). Las primeras dos etapas corresponden a procesos que tienden a reducir el tamaño del problema. El objetivo de esto es simplificar la generación de los grupos así como la interpretación de los resultados. La última etapa consiste en la construcción de los conglomerados propiamente tales.

#### 3.3.1 Reducción del número de variables

Cuatro criterios fueron utilizados para disminuir el número de variables:

- i. Datos faltantes: el incluir observaciones con datos faltantes en el análisis estadístico determina la eliminación de la observación. Frente a la disyuntiva de eliminar variables u observaciones se prefirió eliminar las variables, ya que una disminución del número de observaciones puede afectar la representatividad de la muestra. De esta forma fueron descartadas las variables relacionadas con uso potencial del recurso suelo.
- ii. Variables no relevantes: Las tres variables que identifican la Comuna<sup>3</sup> fueron descartadas ya que la localización del predio dentro de la microregión no tiene relevancia en la evaluación de acciones de desarrollo, y por lo tanto tampoco en la tipificación de los predios. Por los mismos motivos se eliminaron las variables número de cerdos y número de aves ya que ningún predio los criaba en forma comercial.
- iii. Varianza: Variables con coeficiente de variación inferior a 50% fueron eliminadas debido a su escaso poder discriminante. Ellas incluyeron edad, trabajo en predio del agricultor, trabajo extrapredial del agricultor y trabajo extrapredial del cónyuge.
- iv. Correlación: Variables correlacionadas pueden ser eliminadas ya que su variación puede ser explicada por variables que permanecen en el conjunto de variables a analizar. El procedimiento utilizado consistió en una secuencia de selección y eliminación de variables, usando como criterio para ambos caso las correlaciones entre variables. Primero se seleccionaron

---

<sup>3</sup> Debido a que el análisis de conglomerados no permite el uso de variables cualitativas, la variable original Comuna con tres categorías (una por Comuna) debió ser transformada en tres variables (Litueche, Marchihue y Pumanque) con valores de 0 y 1

aquellas variables que no tuviesen relación con ninguna otra. Luego, de entre las variables que presentaron correlaciones, se mantuvo aquellas que fuesen mas importantes y que explicasen en mayor proporción la varianza observada en las otras variables. La Tabla 4 presenta las correlaciones entre las variables seleccionadas y las eliminadas.

Utilizando estos cuatro criterios, el conjunto inicial de 39 variables se redujo a las once indicadas en la Tabla 4. De las 26 variables a las que se les calculó las correlaciones, sólo dos no estaban correlacionadas (tierra dada en medias y superficie de viña/frutales) y fueron por ello incluidas en el conjunto final. Las 24 restantes presentaron correlaciones de diversa magnitud, destacando las correlaciones de las variables tierra total disponible y número de vacas. Con respecto a las variables eliminadas, todas presentaron al menos tres correlaciones con variables seleccionadas y al menos una correlación superior a 30%.

Tabla 4 Correlaciones entre variables seleccionadas y eliminadas ( $p < 5\%$ )

| Variables eliminadas | Variables seleccionadas* |      |       |      |      |    |      |      |      |
|----------------------|--------------------------|------|-------|------|------|----|------|------|------|
|                      | POF                      | OOF  | TL    | TAL  | FC   | AP | OL   | CO   | FSR  |
| Tierra propia        |                          |      | -0,28 | 0,89 | 0,36 |    |      | 0,54 | 0,59 |
| Tierra arable        |                          | 0,31 |       | 0,33 |      |    |      | 0,43 |      |
| Pradera natural      |                          |      |       | 0,92 | 0,34 |    |      | 0,46 | 0,70 |
| Bosques              |                          |      | 0,27  | 0,37 | 0,28 |    |      |      |      |
| Matorrales           | 0,27                     |      |       | 0,71 |      |    |      |      | 0,51 |
| Tierra no agrícola   | 0,31                     |      | 0,25  | 0,33 |      |    |      |      |      |
| Bueyes               | 0,37                     | 0,34 |       | 0,27 |      |    |      |      |      |
| Ganado total         |                          | 0,28 |       | 0,54 |      |    |      | 0,96 |      |
| Equinos              |                          | 0,28 |       | 0,62 |      |    |      | 0,32 | 0,42 |
| Ovejas               |                          |      |       | 0,59 | 0,34 |    |      | 0,37 | 0,65 |
| Ovinos totales       |                          |      |       | 0,57 | 0,30 |    |      | 0,34 | 0,64 |
| Cabras               |                          |      | 0,44  | 0,43 |      |    | 0,83 |      | 0,77 |
| Caprinos             |                          |      | 0,44  | 0,47 |      |    | 0,82 |      | 0,78 |
| Tot. peq rumiantes   |                          |      | 0,29  | 0,68 |      |    | 0,64 |      | 0,97 |

Las variables tierra dada en medias y superficie de viña/frutales no se presentan ya que no se correlacionan con otras variables

\*: POF: cónyuge en predio (meses); OOF: otros miembros de la familia en predio (meses); TL: tierra tomada en mediería (há); TAL: tierra total disponible (há); FC: cultivo forrajero (há); AP: praderas artificiales (há); OL: otras tierras (há); CO: número de vacas; FSR: número de ovejas y caprinos.

### 3.3.2 Análisis factorial

El objetivo de este procedimiento estadístico es crear un conjunto de variables nuevas llamadas factores, los que explican la variabilidad observada en las variables originales. Cada factor co-

responde a una combinación lineal de las variables observadas. Por medio de Análisis de Componentes Principales (SAS, 1985) se construyeron once factores (Tabla 5).

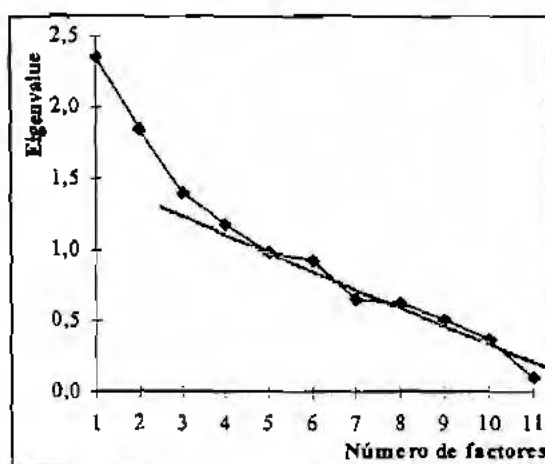
Tabla 5 Eigenvalues, diferencia entre eigenvalues, proporción de la varianza total y varianza total acumulada para cada factor

| Factor | Eigenvalue | Diferencia | Varianza total |           |
|--------|------------|------------|----------------|-----------|
|        |            |            | Proporción     | Acumulada |
| 1      | 2,375      | 0,525      | 21,6%          | 21,6%     |
| 2      | 1,850      | 0,450      | 16,8%          | 38,4%     |
| 3      | 1,400      | 0,220      | 12,7%          | 51,1%     |
| 4      | 1,180      | 0,188      | 10,7%          | 61,9%     |
| 5      | 0,991      | 0,056      | 9,0%           | 70,9%     |
| 6      | 0,936      | 0,275      | 8,5%           | 79,4%     |
| 7      | 0,661      | 0,033      | 6,0%           | 85,4%     |
| 8      | 0,628      | 0,110      | 5,7%           | 91,1%     |
| 9      | 0,517      | 0,148      | 4,7%           | 95,8%     |
| 10     | 0,370      | 0,277      | 3,4%           | 99,2%     |
| 11     | 0,093      |            | 0,8%           | 100,0%    |

El número óptimo de factores a usar en análisis posteriores depende del criterio utilizado para seleccionar los factores a retener. Los criterios más frecuentemente utilizados son:

- i. Regla de Kaiser (Aldenderfer y Blashfield, 1984): Se retienen los factores con eigenvalues  $> 1$ . De acuerdo a ello se deben retener los primeros cuatro factores.
- ii. Regla de la correlación residual (Comrey y Lee, 1992): Se establece un nivel mínimo para la correlación residual. Si ésta se establece en un 10% (por lo tanto la correlación acumulada es de un 90%) se extraen ocho factores.
- iii. Regla de la línea recta (Comrey y Lee, 1992): Se retienen todos los factores que se encuentran antes del último factor pequeño que se encuentra por sobre una línea que une los factores más pequeños. Ella sugiere que se deben retener seis factores (Figura 6).

Figura 6 Aplicación de la “regla de la línea recta” para definir cuales factores retener



Sin embargo, como se había realizado una selección estricta de variables (sección 3.3.1) se decidió que era preferible retener un número más bien grande de factores. Además siempre es preferible retener demasiados que muy pocos factores de forma tal de estar ciertos que no han sido desechados factores importantes del análisis (Comrey y Lee, 1992). Por lo tanto se retuvo los primeros siete factores, los que explicaron 85,4% de la variabilidad total y al menos 70% de la variabilidad de cada una de las variables seleccionadas (Tabla 4).

Tabla 6 Proporción de la varianza total de cada variable explicada por los siete factores retenidos

| Variable                               | Proporción |
|----------------------------------------|------------|
| Cónyuge en predio                      | 80,0%      |
| Otros miembros de la familia en predio | 92,7%      |
| Tierra tomada en mediería              | 81,9%      |
| Tierra dada en mediería                | 89,9%      |
| Tierra total disponible                | 87,0%      |
| Viñas y frutales                       | 91,8%      |
| Cultivo forrajero                      | 85,0%      |
| Praderas artificiales                  | 93,6%      |
| Otras tierras                          | 83,2%      |
| Número de vacas                        | 70,0%      |
| Número de ovejas y caprinos            | 84,3%      |

### 3.3.3 Análisis de conglomerados

Los conglomerados fueron contruidos utilizando los factores previamente descritos y el criterio de mínima varianza propuesto por Ward, el cual minimiza la varianza entre conglomerados, tendiendo a crear grupos de tamaños similares (Ward, 1963; Aldenderfer y Blashfield, 1984; SAS, 1985). Este es un método de agregación jerárquico, por lo que cada iteración une dos observaciones o grupos previamente formados. De esta forma inicialmente existen tantos grupos como observaciones y al final un sólo grupo. Como medida de distancia se utilizó la distancia Euclideana al cuadrado (diferencias en valor para cada variable al cuadrado).

La Figura 7 muestra el dendrograma con la secuencia de agregación de todos los conglomerados, así como también seis posibles líneas de corte.

Uno de los principales problemas del análisis de conglomerados es la determinación del nivel de corte, es decir determinar cual será la composición de los conglomerados. *A priori* una buena distribución es un reducido número de grupos de tamaño homogéneo. En este sentido la línea de corte B, Figura 7) presentó una partición con un buen balance entre número de grupos y su composición. Dicha línea creó cinco grupos con dos o más predios cada uno (predios 1 a 27, 28 a 50, 51 a 57, 58 a 60 y 62 a 63) y cinco grupos con un solo predio cada uno. El conglomerado con dos observaciones (predios 62 y 63) puede ser descartado debido a su escasa relevancia para análisis posteriores. Al desplazar la línea a la izquierda (línea A, Figura 7), aumentó en forma importante el número de conglomerados con pocas observaciones (tres con dos predios y seis con un predio). Por otro lado un desplazamiento a la derecha primero unió un grupo pequeño con un predio independiente (línea C, Figura 7), y luego los dos grupos más grandes creando un conglomerado de gran tamaño (línea D) y dos más pequeños. Similarmente las líneas E y F (Figura 7) continúan agrupando los conglomerados más grandes y no las observaciones independientes. En otras palabras, dentro de los predios analizados existió un grupo (predios 58 a 67) que se unió a conglomerados en etapas muy avanzadas del análisis, lo que indicó que ellos presentaban grandes diferencias con los demás predios.

Siguiendo una análisis más formal, se graficaron los coeficientes de distancia y su cambio con respecto al número de conglomerados (Figura 8). Se observa que hasta que quedan 18 conglomerados los cambios en la distancia son pequeños, indicando que se han unido observaciones relativamente similares. De ahí la distancia comienza a aumentar, sin embargo no se observan saltos importantes hasta quedar 14 grupos, lo que equivale a la línea de corte A (Figura 7). Si se utiliza la regla de corte sugerida por (Mojena, 1977), dependiendo de la constante  $k$  utilizada se generan desde 8 a 4 grupos (líneas E y F en Figura 7, respectivamente).

Figura 7 Dendrograma con la historia completa del proceso de aglomeración y seis posibles líneas de corte

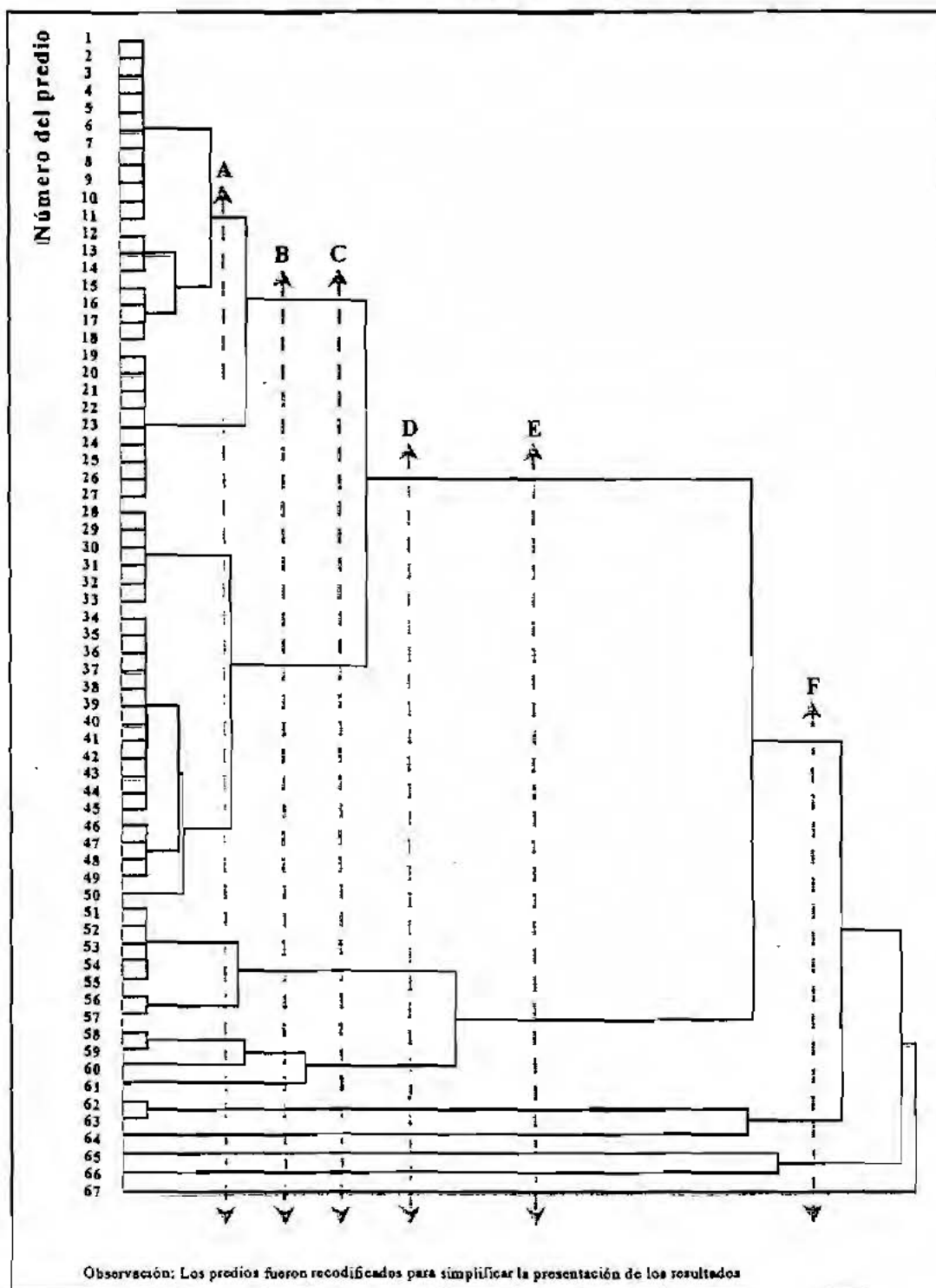
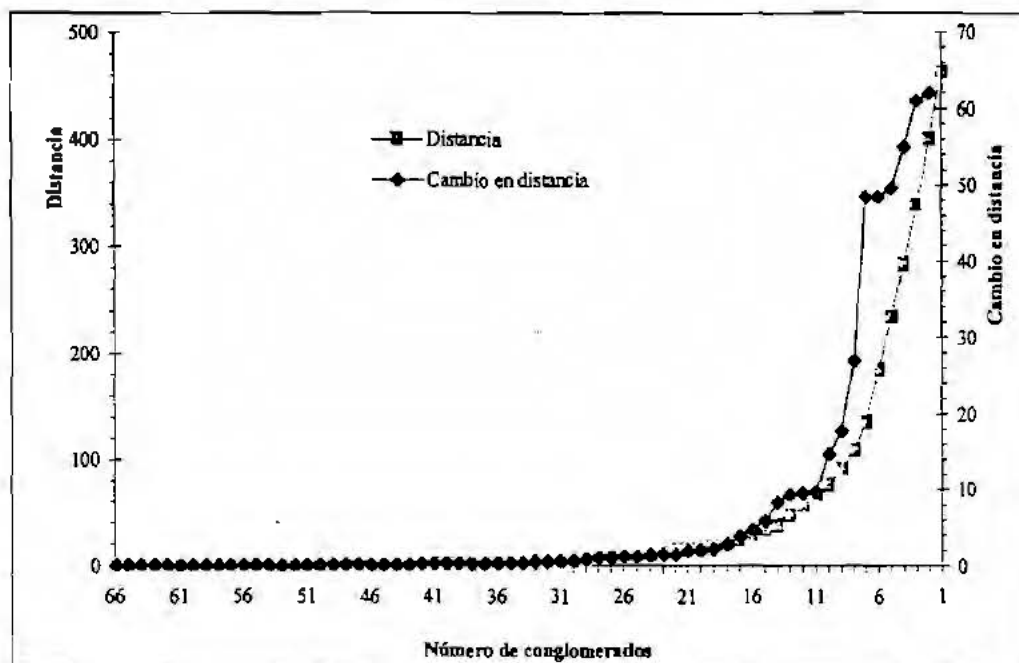


Figura 8 Distancia euclídeana al cuadrado y su cambio en relación al número de conglomerados retenidos



Para definir cual de estas líneas fue la más apropiada, los resultados deben ser vistos desde el punto de vista de esta investigación. La regla de Mojena no es demasiado estricta, ya que busca encontrar diferencias entre una población de individuos similares. Sin embargo, como el propósito es encontrar similitudes entre individuos de una población heterogénea se debieron usar criterios más estrictos. Por ello se decidió usar la línea C (Figura 7) como línea de corte, lo que representó cinco grupos y cuatro observaciones aisladas.

### 3.4 DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

De acuerdo al análisis presentado en la Sección 3.2 los conglomerados fueron definidos de la siguiente forma (Figura 7):

- I : predios 1 al 27
- II : predios 28 al 50
- III : predios 51 al 57
- IV : predios 58 al 61
- V : predios 62 al 63

Cuatro observaciones (predios 64 al 67) permanecieron aisladas a este nivel por lo que no fueron consideradas en etapas posteriores del proyecto. Estas observaciones se caracterizaron por tener valores extremos en variables de poco valor discriminatorio (superficie de praderas artificiales o cultivos forrajeros por ejemplo).

Para caracterizar cada uno de los grupos se procedió a comparar los promedios para cada una de las variables utilizadas (Tabla 7). Es importante destacar que la ausencia de diferencias significativas entre grupos para determinadas variables, no implica que dicha variable sea irrelevante en el proceso de aglomeración. Ello se debe a que la aglomeración es un proceso multivariado (considera variaciones simultáneas en las variables) mientras la comparación de medias es univariada.

Tabla 7 Promedios y desviaciones estándar para las variables de aglomeración para cada grupo

| Variable                           | Conglomerado      |                    |                    |                    |                    |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                    | I                 | II                 | III                | IV                 | V                  |
| Número de predios                  | 23                | 27                 | 4                  | 7                  | 2                  |
| Pareja en predio (meses)           | 0,74 <sup>c</sup> | 13,56 <sup>b</sup> | 24,00 <sup>a</sup> | 3,43 <sup>c</sup>  | 0,00 <sup>c</sup>  |
| Miembros familia en predio (meses) | 3,13 <sup>b</sup> | 3,56 <sup>b</sup>  | 27,75 <sup>a</sup> | 24,00 <sup>a</sup> | 2,50 <sup>b</sup>  |
| Superficie no propia (ha)          | 10,17             | 6,26               | 0,00               | 33,14              | 6,00               |
| Superficie dada (ha)               | 1,09 <sup>b</sup> | 0,65 <sup>b</sup>  | 0,00 <sup>b</sup>  | 0,00 <sup>b</sup>  | 61,00 <sup>a</sup> |
| Superficie disponible (ha)         | 43,82             | 42,58              | 153,22             | 83,21              | 43,00              |
| Viñas/frutales (ha)                | 0,38              | 0,19               | 0,05               | 0,21               | 0,08               |
| Cultivos forrajeros (ha)           | 0,12              | 0,34               | 0,75               | 0,00               | 0,00               |
| Praderas artificiales (ha)         | 0,08 <sup>b</sup> | 0,11 <sup>b</sup>  | 1,50 <sup>a</sup>  | 0,00 <sup>b</sup>  | 0,25 <sup>b</sup>  |
| Superficie bajo otros usos (ha)    | 0,28              | 0,46               | 0,00               | 0,57               | 0,95               |
| Vacas (n)                          | 4,87 <sup>b</sup> | 2,89 <sup>b</sup>  | 17,25 <sup>a</sup> | 6,29 <sup>b</sup>  | 7,00 <sup>b</sup>  |
| Ovejas y cabras (n)                | 29,22             | 24,78              | 53,25              | 21,71              | 38,00              |

Letras diferentes indican diferencias significativas;  $p < 0.05$

Al comparar los conglomerados (Tabla 7) se observó que las variables de trabajo fueron muy importantes para diferenciar los grupos. La mayor diferencia entre el grupo I y el II fue la disponibilidad de trabajo por parte de las mujeres del grupo familiar, mientras que el trabajo aportado por los hombres distingue estos dos grupos de los grupos III y IV. El trabajo de las mujeres también es relevante en diferenciar los grupos IV y V. Por otro lado el grupo I y especialmente el IV tenían menos tierra cultivable, por lo que debían hacer un uso más intenso de ella y la razón entre área bajo cultivo y área cultivable casi duplica la del grupo II. Por otro lado la gran disponibilidad de trabajo del grupo III permite que estos predios también tuviesen una alta intensidad de uso de las tierras cultivables. En cambio en los predios del tipo II sobre el 80% de la tierra se encontraba

bajo praderas. La Tabla 8 presenta una comparación entre los cinco conglomerados seleccionados, resaltando las principales diferencias cualitativas entre ellos.

Tabla 8 Comparación entre los conglomerados seleccionados

| Característica               | Conglomerado |          |             |                          |           |
|------------------------------|--------------|----------|-------------|--------------------------|-----------|
|                              | I            | II       | III         | IV                       | V         |
| Campesino en el predio       | Un año       | Un año   | Un año      | Un año                   | Medio año |
| Trabajo disponible adicional | Una mujer    | Marginal | Dos hombres | Dos hombres, dos mujeres | Marginal  |
| Tamaño predial               | Pequeño      | Pequeño  | Mediano     | Grande                   | Pequeño   |
| Tamaño del rebaño            | Pequeño      | Pequeño  | Pequeño     | Grande                   | Pequeño   |
| Cultivable/disponible        | 56.6%        | 86.5%    | 67.0%       | 19.6%                    | —         |
| Cultivo/cultivable           | 30.9%        | 17.4%    | 27.8%       | 30.0%                    | —         |
| Mediería                     | Toma         | Toma     | Toma        | No                       | Da        |

La tipificación hasta ahora no ha considerado los cultivos realizados en cada uno de los predios, debido a que por un lado el área puede variar entre años y que por otro la orientación productiva era inconveniente de incorporar en el análisis multivariado, ya que al ser un variable cualitativa debía ser convertida en una de tipo cuantitativa. Es por ello que se prefirió cruzar los grupos previamente definidos con las orientaciones productivas tal como fueron definidas por INDAP (Tabla 9). En general se observa que cada orientación productiva se distribuyó en uno o dos conglomerados, indicando que de alguna forma existía una relación entre ambas clasificaciones. De un máximo posible de 30 sistemas de producción (entendido como una combinación conglomerado/orientación productiva) sólo 17 estaban representados por más de un predio. Más aún sólo ocho de ellos presentaron cuatro o más observaciones (valores sombreados en la Tabla 9), con un total de 53 predios. Debido a que los ocho sistemas (1-II, 3-I, 3-II, 6-I, 6-IV, 7-II, 8-I y 8-II) representaban la mayor parte de los sistemas observados en la microregión, ellos fueron escogidos para las etapas de recolección de datos y modelación.

Un aspecto importante en el proceso de tipificación es determinar la validez de la tipología creada. Como el análisis de conglomerados permite agrupar cualquier colección de individuos de acuerdo a cualquier conjunto de variables es necesario determinar si la tipología representa una clasificación observada o sólo una clasificación impuesta por el método sobre los datos. Ello por otro lado también implica que la utilidad de la tipología está restringida en lo general al contexto bajo el cual fue construida.

Tabla 9 Tabulación cruzada de los predios de acuerdo a conglomerado y orientación productiva

| Orientación productiva               | Conglomerado |    |     |    |   |
|--------------------------------------|--------------|----|-----|----|---|
|                                      | I            | II | III | IV | V |
| 1 Trigo/ovino                        | 1            | 4  |     |    |   |
| 3 Trigo/legumbre/ovino               | 7            | 11 | 1   | 1  | 1 |
| 4 Trigo/maíz/ovino                   |              | 1  |     |    | 1 |
| 6 Trigo/pradera/ganado               | 11           |    |     | 5  |   |
| 7 Trigo/pradera/ganado/legumbre/maíz |              | 4  | 1   | 1  |   |
| 8 Trigo/viña/ovino                   | 4            | 7  | 2   |    |   |
| Total                                | 23           | 27 | 4   | 7  | 2 |

En lo particular, dos resultados sugieren que el análisis permitió definir sistemas de producción que reflejaron diferencias en la disponibilidad de recursos. Ello es fundamental, ya que una de las hipótesis de trabajo era precisamente que las respuestas de los sistemas agrícolas dependerá de los recursos de los que dispongan. En primer lugar y tal como se mencionó anteriormente la distribución de las orientaciones productivas en los conglomerados no fue aleatoria<sup>4</sup>, ya que sólo algunas orientaciones productivas se encontraban representadas en cada conglomerado (Tabla 9). El segundo argumento que permite pensar que la tipología fue adecuada es que la distribución de los sistemas según Comuna presenta un patrón no aleatorio<sup>5</sup>. En efecto los predios ubicados en Litueche y Marchihue tendían a pertenecer al grupo II mientras que el 75% de los predios de Pumanque pertenecían al grupo II y ninguno al grupo III (Tabla 10). La distribución esperada para cada Comuna era de alrededor de 35 y 40% de los predios en los grupos I y II, respectivamente. También debe hacerse notar que los cuatro predios no clasificados pertenecían a la Comuna de Pumanque.

Tabla 10 Porcentaje de predios de cada Comuna asignadas a cada conglomerado

| Comuna    | Conglomerado |      |      |      |     |
|-----------|--------------|------|------|------|-----|
|           | I            | II   | III  | IV   | V   |
| Litueche  | 7,7          | 69,2 | 7,7  | 7,7  | 7,7 |
| Marchihue | 13,3         | 60,0 | 10,0 | 3,3  | --  |
| Pumanque  | 75,0         | --   | --   | 20,8 | 4,2 |
| Esperado  | 34,3         | 42,9 | 6,3  | 11,1 | 3,2 |

<sup>4</sup> La prueba de  $\chi^2$  no puede ser usada para analizar los resultados debido a que sobre el 80% de las celdas tiene valores menores a 5.

<sup>5</sup> Ver nota 4.

### 3.5 SELECCIÓN DE PREDIOS REPRESENTATIVOS

Para los ocho sistemas productivos seleccionados se calculó la distancia total entre cada predio y el promedio del grupo. La medida de distancia utilizada fue el cuadrado de la diferencia estandarizada entre el valor de cada variable para el predio y su promedio en el sistema de producción, es decir:

$$d_i = \sum \left( \frac{X_{ij} - \overline{X_j}}{de} \right)^2$$

dónde  $d_i$  = distancia total entre el predio  $i$  el promedio del sistema de producción;  $X_{ij}$  = valor de la variable  $j$  para el predio  $i$ ;  $\overline{X_j}$  = promedio de la variable  $j$  en el sistema de producción;  $de$  = desviación estándar

La Tabla 11 presenta los desvíos parciales (con respecto a cada variable) y totales del predio más cercano al promedio para cada uno de los sistemas de producción seleccionados. Estos ocho predios fueron entonces definidos como los predios representativos de cada sistema de producción y

Tabla 11 Desvío cuadrado total y desvíos parciales para cada uno de los predios seleccionados con respecto al promedio del sistema de producción

| Predio                   | D     | C    | F     | B     | H    | A    | G     | X     |
|--------------------------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Comuna*                  | M     | M    | M     | L     | P    | L    | P     | M     |
| Conglomerado             | I     | I    | I     | II    | II   | II   | II    | IV    |
| Orientación productiva** | 3     | 6    | 8     | 1     | 3    | 7    | 8     | 6     |
| Cónyuge en predio        | 0,38  | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,30 | 0,00 | -1,35 | 0,00  |
| Otros en predio          | 0,57  | 0,80 | 0,50  | 0,78  | 0,30 | 0,50 | -1,13 | 0,45  |
| Tierra total disponible  | -0,08 | 0,67 | -0,85 | 0,20  | 0,88 | 0,62 | -0,21 | -0,17 |
| Tierra tomada en medias  | 0,85  | 0,36 | 0,00  | 0,00  | 0,26 | 0,51 | -0,05 | 0,45  |
| Tierra dada en medias    | 0,00  | 0,55 | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,50 | 0,38  | 0,00  |
| Viñas/frutales           | 0,38  | 0,00 | -0,74 | 0,00  | 0,30 | 0,69 | -0,16 | 0,00  |
| Cultivo forrajero        | 0,38  | 0,00 | 0,50  | 0,00  | 0,44 | 0,50 | -0,50 | 0,00  |
| Pradera artificial       | 0,00  | 0,43 | -0,87 | 0,50  | 0,00 | 0,00 | 0,57  | 0,00  |
| Otras tierras            | 0,38  | 0,00 | 0,50  | 0,00  | 0,45 | 0,38 | 0,49  | 0,00  |
| Vacas                    | 0,26  | 0,46 | -0,13 | -0,50 | 0,49 | 0,50 | 0,05  | 0,26  |
| Ovejas y cabras          | -0,44 | 0,61 | -0,11 | -1,14 | 0,62 | 0,75 | -0,13 | -0,71 |

\*: L = Litueche; M = Marchihue; P = Pumanque

\*\*: Ver Tabla 9 para descripción de códigos

luego encuestados para usarlos como base en la construcción de los modelos operativos (Capítulo 4). Debido a problemas de acceso, el predio X debió ser reemplazado, seleccionándose aquel que le seguía en orden de distancia (predio E). La única diferencia entre ambos predios es que el predio E presentaba un mayor número de vacas que el predio X (1,06 en vez de -0,26 desvíos estándar, lo que equivalió en este caso a dos vacas).

### **3.6 MODELO PROTOTIPO PREDIAL**

Previo a la recolección de información primaria se construyó a partir del modelo conceptual el modelo prototipo de los sistemas de producción. Este permitió centrar los cuestionarios prediales en aspectos relevantes para la modelación. Tal como se mencionó anteriormente, el modelo prototipo correspondió a una representación algebraica del modelo conceptual, en el cual se hicieran explícitos los objetivos, restricciones y variables (actividades) específicas de cada predio. Luego, durante la fase de construcción del modelo operativo se realizaron las modificaciones necesarias que reflejen las realidades observadas en terreno. El conjunto base de actividades y de restricciones fue formulado en base a la tipología generada así como el conocimiento de las economías campesinas del sector.

La Figura 9 presenta en forma resumida la estructura básica del modelo prototipo predial, base para la construcción de cada uno de los modelos operativos. En ella las columnas representan las actividades y las filas las restricciones

#### **3.6.1 Objetivos del Modelo Predial**

A nivel predial se incluyó los objetivos maximizar el margen bruto (MB) y minimizar la pérdida de suelo. En un primer análisis y tal como había sido planteado en el proyecto de investigación, se incluyó además el objetivo de minimizar el riesgo económico. Sin embargo éste no fue incluido en el análisis de las políticas, ya que resultados preliminares indicaron que no existían conflictos entre este objetivo y el de maximizar MB, en otras palabras el satisfacer uno de ellos también producía un gran nivel de logro en el otro.

En lo particular los objetivos fueron:

i. **Maximizar margen bruto predial**

Como indicador de beneficio económico se usó el margen bruto (MB), que corresponde a la diferencia entre ingresos y costos directos. Se estimó a partir de la información de las encuestas y de información de mercados. Matemáticamente se incluyó el siguiente objetivo:

Figura 9 Matriz esqueleto del modelo prototipo predial

|                      | Agrícola |          |         | Pecuario |       |         |       | Capital |        |         | Trabajo |       | Tipo  |
|----------------------|----------|----------|---------|----------|-------|---------|-------|---------|--------|---------|---------|-------|-------|
|                      | Cultivo  | Barbecho | Pradera | Bovino   | Ovino | Forraje | Otros | Venta   | Compra | Balance | Salario | Extra |       |
| OBJETIVOS            |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Max margen bruto     |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | Libre |
| Min pérdida de suelo |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | Libre |
| RESTRICCIONES        |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Cultivos             |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Uso de tierra        |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= b  |
| Rotación             |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Venta de cultivos    |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Ganado               |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Destete              |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Reemplazos           |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Venta de ganado      |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Balance forrajero    |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Capital y caja       |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Flujo caja mensual   |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Crédito              |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= 0  |
| Trabajo              |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Uso mensual          |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= b  |
| Otros                |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       |       |
| Consumo familiar     |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <= b  |
| Límites              |          |          |         |          |       |         |       |         |        |         |         |       | <=> b |

Nota: las celdas sombreadas son reemplazadas con coeficientes para obtener los modelos operativos.

$$\text{Max } Z_1 = \sum_{j=1}^m c_j x_j$$

dónde  $c_j$  = margen bruto de la actividad  $j$  ( $j=1, m$ );  $x_j$  = valor de la actividad  $j$ .

ii. Minimizar erosión del suelo

La segunda función objetivo minimizó la pérdida de suelo estimada para cada actividad utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo o USLE (Wischmeier y Smith 1978). Es decir

$$\text{Min } Z_2 = \sum_{j=1}^m e_j x_j$$

dónde  $e_j$  = erosión esperada para la actividad  $j$ .

### 3.6.2 Actividades del Modelo Predial

Correspondieron a los cultivos que se realizaban en cada predio, así como las recomendaciones técnicas para el área en particular. El modelo incluyó un conjunto base de actividades, las que posteriormente fueron removidas o extendidas de acuerdo a las necesidades particulares de cada sistema de producción.

- i. Cultivos: debido a que la erosión depende no sólo por el tipo de cultivo sino que también de la pendiente, se consideró la posibilidad de realizar los cultivos en plano (pendiente menor a 5%), lomaje (5% a 15%) y cerro (mayor a 15%). Para cada cultivo se consideró la posibilidad de dar o tomar en mediería.
- ii. Ganado: se consideró bovinos y ovinos (hembras, crías y reemplazos), así como animales de trabajo (caballos o bueyes). También se consideró la posibilidad de dar o tomar animales en medias.
- iii. Mano de obra: se incluyó la posibilidad de contratar mensualmente mano de obra, así como realizar trabajo extrapredial.
- iv. Venta: para lograr un balance entre producción, consumo y venta, se incluyó la venta de trigo, garbanzo, corderos, etc. como actividades separadas.
- v. Crédito: debido a que los créditos INDAP son otorgados específicamente para la compra de semillas y fertilizantes, se incluyó una actividad que limitó el uso del crédito a este propósito.

- vi. Flujo de caja: este conjunto de actividades transfirió capital de trabajo de un mes al siguiente. En otras palabras permitió que parte del capital fuese ahorrado y usado en meses posteriores.
- vii. Forraje: además de cultivos forrajeros y compra de forraje se incluyó la posibilidad de transferir forraje entre distintos períodos del año.

### 3.6.3 Las actividades agrícolas y sus restricciones

Este grupo definió el uso de la tierra, prácticas rotacionales y venta de cosechas, a través de la relación entre tierra disponible y un conjunto de actividades agrícolas. El uso de la tierra consideró tres tipos de suelo según la pendiente predominante: planos (<5%), lomajes (5 a 10%) y cerros (>15%). Luego se construyó una restricción de uso para cada tipo de tierra (Ec. [3.1] a [3.3]). Ello también significó que las actividades tuvieron que considerar el tipo de suelo en que eran practicadas (por ejemplo trigo en lomaje o eucaliptos en cerros).

$$\sum x_j = fal \quad [3.1]$$

$$\sum x_j = hal \quad [3.2]$$

$$\sum x_j = mal \quad [3.3]$$

dónde *fal* = disponibilidad de suelo plano; *hal* = disponibilidad de suelo en lomaje; *mal* = disponibilidad de suelo en cerro. Estas ecuaciones fueron definidas como igualdades ya que el uso de desigualdades podía determinar que tierra no fuese usada (y por lo tanto no presente pérdida de suelo), lo que en la práctica no es posible.

Por otro lado el modelo también consideró tres tipos de propiedad de la tierra: propia, dada en mediería y tomada a medias. Tomar tierras implica que el campesino aporta todo el trabajo más el 50% de los insumos, mientras que dar en medias implica aportar la tierra y el 50% de los insumos, excluyendo el trabajo. En ambos casos la cosecha se reparte en partes iguales. Lógicamente las tierras en mediería también consideraron el tipo de suelo (plano, loma, cerro). Como los cultivos y las rotaciones en tierras en mediería pueden ser diferentes a los observados en tierras propias, las actividades también fueron divididas según propiedad de la tierra. Por lo tanto cada cultivo pudo llegar a estar representado por nueve combinaciones de tipo de suelo y propiedad de la tierra.

Finalmente se restringió para la mediería la disponibilidad de tierra plana (Ec. [3.4] y [3.5]), en lomas (Ec. [3.6] y [3.7]) y en cerros (Ec. [3.8] y [3.9]).

$$\sum x_j \leq flt \quad [3.4]$$

$$\sum x_j \leq fgl \quad [3.5]$$

$$\sum x_j \leq htl \quad [3.6]$$

$$\sum x_j \leq hgl \quad [3.7]$$

$$\sum x_j \leq mtl \quad [3.8]$$

$$\sum x_j \leq mgl \quad [3.9]$$

dónde  $ftl$  = máximo de suelo plano tomado en medias;  $fgl$  = máximo suelo plano dado en medias;  $htl$  = máximo de lomas tomado en medias;  $hgl$  = máximo de lomas dado en medias;  $mtl$  = máximo de cerros tomado en medias;  $mgl$  = máximo de cerros dado en medias.

El principal cultivo del área es trigo en rotación con barbecho y pradera natural (dos años). Las ecuaciones [3.10] y [3.11] representaron dicha rotación para suelo plano.

$$fwh1 - ffa1 \leq 0 \quad [3.10]$$

$$2fwh1 - frg1 \leq 0 \quad [3.11]$$

Dónde  $fwh1$  = trigo en tierra plana propia;  $ffa1$  = barbecho en tierra plana propia;  $frg1$  = pradera en tierra plana propia. Restricciones equivalentes fueron construidas para las demás combinaciones de tipo de tierra y propiedad.

Además en caso que la humedad del suelo fuese suficiente algunos agricultores siembran garbanzo sobre el barbecho. Las siguientes restricciones fueron incluidas en el modelo para representar esta situación, asumiendo que ello ocurría en uno de cada tres años (Ec. [3.12] para plano propio):

$$-fwh1 + 3fch1 \leq 0 \quad [3.12]$$

dónde  $fch$  = garbanzos cultivados en plano propio.

Las últimas restricciones de cultivo relacionaban producción total con venta y consumo familiar especialmente de trigo (Ec. [3.13]) y garbanzos (Ec. [3.14]).

$$o_{fwh1}fwh1 + o_{hwh1}hwh1 + \dots + o_{fwh2}fwh2 + \dots + o_{mwh3}mwh3 - swh - cwh = 0 \quad [3.13]$$

$$o_{fch1}fch1 + o_{hch1}hch1 + \dots + o_{fch2}fch2 + \dots + o_{mch3}mch3 - sch - cch = 0 \quad [3.14]$$

dónde  $o_{fwh1}$  = producción de trigo en tierra propia plana (etc.);  $swh$  = venta de trigo;  $cwh$  = consumo de trigo;  $o_{fch1}$  = producción de garbanzo en tierra propia plana (etc.);  $sch$  = venta de garbanzos;  $cch$  = consumo de garbanzo. Como toda la producción debe ser vendida, consumida o utilizada en semillas, todas las restricciones fueron especificadas como igualdades.

De forma de asegurar el abastecimiento de granos para los hogares, se formularon niveles mínimos de consumo de trigo (Ec. [3.15]) y garbanzos (Ec. [3.16]).

$$cwh \geq \min_{wh} \quad [3.15]$$

$$cch \geq \min_{ch} \quad [3.16]$$

dónde  $\min_{wh}$  = mínimo consumo de trigo;  $\min_{ch}$  = mínimo consumo de garbanzo. Cada uno de estos mínimos representa de hecho un comportamiento de aversión al riesgo (Holden, 1993; López-Pereira y cols., 1994). Estos niveles también podrían haber sido establecidos en términos de energía y proteína (van Duivenbooden, 1993; van Duivenbooden y Veeneklas, 1993), lo que asumiría que no existe preferencia por nutrientes de diferentes fuentes.

#### 3.6.4 Las actividades ganaderas y sus restricciones

El ganado, especialmente bovino y ovino<sup>6</sup>, juega un importante rol al usar la paja y praderas que se generan en la rotación del trigo. Desafortunadamente los sistemas ganaderos, especialmente campesinos, son difíciles de modelar debido a:

- i. Falta de sistemas de monitoreo y registros
- ii. Ausencia de patrones temporales en el uso de insumos y la generación de productos
- iii. Los animales se pueden vender en caso de falta de efectivo, lo que puede ocurrir en cualquier momento del año
- iv. Bajo uso de insumos comprados, ya que juega un doble rol de cuenta de ahorro y negocio extensivo
- v. Rendimiento anual variable de este subsistema
- vi. El pequeño número de animales determina que las tasas reproductivas anuales no sean continuas y por ello varíen fuertemente entre años; por ello son preferibles los valores promedios sobre un período de años
- vii. Dificultad en establecer categorías inequívocas de animales
- viii. Dificultad en medir productividad de la pradera y consumo de forraje
- ix. Bajo e irregular uso de trabajo

Por lo tanto se requieren modelos simples, que consideren sólo los aspectos más importantes de los sistemas ganaderos. Específicamente sólo se consideró flujo de caja y balance forrajero en términos de materia seca, es decir disponibilidad de forraje menos consumo de materia seca. Pa-

---

<sup>6</sup> Como ninguno de los predios encuestados tenía caprinos, no se hará referencia en este informe a actividades y restricciones relacionadas con esta especie.

ra determinar el flujo de caja se debe estimar la cantidad de ingresos generados y de gastos incurridos, así como su periodicidad. Los ingresos dependen fundamentalmente de las tasas reproductivas y de reemplazos mientras que los egresos están determinados por compra de forraje y medicinas, aunque ambas son sólo ocasionales. Por lo tanto el modelo consideró tres aspectos: estructura del rebaño, balance forrajero y venta de productos. Estos son descritos a continuación.

#### 3.6.4.1 Estructura del rebaño

Se definieron tres categorías de animales: madres, reemplazos y crías. Los reproductores (toros y carneros) no fueron incluidos en el modelo debido al pequeño número que involucran. Para definir la relación anual entre las categorías de animales se construyeron restricciones de reemplazo (Ec. [3.17] y [3.18]) y de destete (Ec. [3.19] y [3.20]) para cada especie. En caso de ser necesario también se especificaron restricciones de este tipo para ganado tomado y dado en mediería.

$$rr_{ca}lcc1 - lch1 \leq 0 \quad [3.17]$$

$$rr_{sh}lse1 - lsr1 \leq 0 \quad [3.18]$$

$$-wr_{ca}lcc1 + lcy1 \leq 0 \quad [3.19]$$

$$-wr_{sh}lse1 + lsl1 \leq 0 \quad [3.20]$$

dónde  $lcc1$  = número de vacas propias;  $lch1$  = número de vaquillas propias;  $lse1$  = número de ovejas propias;  $lsr1$  = número de borregas propias;  $lsl1$  = número de corderos propios;  $rr_{ca}$  y  $rr_{sh}$  = tasas de reemplazos para vacas y ovejas, respectivamente;  $wr_{ca}$  y  $wr_{sh}$  = tasas de destete para vacas y ovejas, respectivamente. Las tasas de reemplazos definieron el número de vaquillas y borregas requeridas para mantener un rebaño estable mientras que las de destete determinaron la proporción de crías que pueden ser vendidas, consumidas o dejadas para reemplazo. Se usó tasa de destete para evitar la dificultad de determinar tasas de parto y tasas de mortalidad previo al destete.

#### 3.6.4.2 Balance forrajero

El segundo conjunto de restricciones balanceó disponibilidad de forraje con su consumo, relacionando los subsistemas agrícola y ganadero. Ello requirió determinar la disponibilidad y la demanda en términos de cantidad, calidad y periodicidad. Debido a la escasa disponibilidad de información sobre consumo de forraje y composición de la pradera a través del año, sólo fue posible modelar el consumo de materia seca durante dos periodos del año. Los periodos fueron definidos como con crecimiento (mayo a noviembre) y sin crecimiento de la pradera (diciembre a abril). Para cada uno se especificó una restricción de balance forrajero, permitiendo transferir forraje entre estaciones consecutivas (Ec. [3.21] y [3.22]).

$$\sum f_{j1}x_j + lft_1 - te * lft_2 \leq 0 \quad [3.21]$$

$$\sum f_{j2}x_j - te * lft_1 + lft_2 \leq 0 \quad [3.22]$$

dónde  $f_{j1}$  y  $f_{j2}$  = producción o consumo de forraje por la actividad  $x_j$  durante la estación 1 o 2 respectivamente;  $lft_1$  y  $lft_2$  = transferencia de forraje entre las estaciones 1 y 2;  $te$  = eficiencia de transferencia de forraje, la que refleja que guardar forraje implica pérdidas en cantidad y calidad.

### 3.6.4.3 Venta de crías

Las últimas restricciones relacionaron la producción y la venta anual de crías. Ellas fueron diferentes según especie, ya que no existió consumo familiar de novillos. Además los novillos se pueden vender a lo largo de todo el año (Ec. [3.23]) mientras que la venta de corderos se concentra en los meses de septiembre y octubre (Ec. [3.24]).

$$lcy1 - lch1 + lcy2 - lch2 + lcy3 - lch3 - \sum_{i=1}^{12} sy_i = 0 \quad [3.23]$$

$$lsl1 - lsr1 + lsl2 - lsr2 + lsl3 - lsr3 - sla - cla = 0 \quad [3.24]$$

dónde  $lcy1$ ,  $lcy2$  y  $lcy3$  = número de novillos propios, dados en medias y tomados en medias, respectivamente;  $lch1$ ,  $lch2$  y  $lch3$  = número de vaquillas propias, dadas en medias y tomadas en medias, respectivamente;  $sy_i$  = número de novillos vendidos en el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $lsl1$ ,  $lsl2$  y  $lsl3$  = número de corderos propios, dados en medias y tomados en medias, respectivamente;  $lsr1$ ,  $lsr2$  y  $lsr3$  = número de borregas propias, dadas en medias y tomadas en medias, respectivamente;  $sla$  = número de corderos vendidos;  $cla$  = número de corderos consumidos por el hogar.

### 3.6.5 Restricciones de flujo de caja y capital

Los sistemas campesinos se caracterizan por su falta de capital de trabajo y la dificultad de acceder a él en mercados formales (bancos comerciales). Por lo tanto el modelo debe considerar la disponibilidad de caja ya que la viabilidad económica de cualquier programa de producción está determinada por la demanda por capital del predio y del hogar. A pesar de su importancia, este tipo de restricciones son sólo ocasionalmente incluidas en modelos campesinos (Romero y Rehman, 1987; Zekri y Romero, 1991; Holden, 1993; Cárcamo y cols., 1994). Para modelar estas restricciones se hicieron los siguientes supuestos:

- i. Al principio del año (abril) el campesino dispone de una cantidad fija de capital de trabajo
- ii. En abril el campesino puede tomar un crédito de INDAP para la compra de semillas y fertilizantes

- iii. De acuerdo al programa de producción agrícola el campesino tiene ingresos y gastos mensuales
- iv. Cada mes el hogar tiene un nivel determinado de gastos, los que deben ser cubiertos con parte del capital de trabajo disponible
- v. Al final del año debe existir un excedente de capital que debe ser igual o superior al capital de trabajo disponible al inicio del año, de forma tal que el mismo ciclo de producción pueda ser repetido durante todos los años siguientes

Para satisfacer la restricción de uso del préstamo INDAP (es decir sólo para la compra de fertilizantes y semillas para cultivos), se especificó una restricción de compra de insumos, la que balancea compra de insumos con capital propio y préstamo de INDAP (Ec. [3.25]). Además se estableció un máximo para el préstamo INDAP (Ec. [3.26]).

$$rf_j x_j - cil - coc \leq 0 \quad [3.25]$$

$$cil \leq mil \quad [3.26]$$

dónde  $rf_j$  = necesidades de capital para la compra de semillas y fertilizantes para el cultivo  $x_j$ ;  $cil$  = préstamo INDAP;  $coc$  = capital propio usado para comprar semillas y fertilizantes;  $mil$  = límite máximo del préstamo INDAP.

Luego se construyeron doce restricciones que evitaron que el campesino tenga saldos de caja negativos en cualquiera de los doce meses. La ecuación [3.27] representó el flujo de caja durante abril, la ecuación [3.28] las restricciones para mayo a febrero y la ecuación [3.29] la restricción en marzo.

$$\sum cf_{j,i} x_j + cb_i + cce + coc - cwc = 0 \quad [3.27]$$

$$\sum cf_{j,i} x_j - cb_{i-1} + cb_i + cce = 0; i = 2, \dots, 11 \quad [3.28]$$

$$\sum cf_{j,12} x_j - cb_{11} + cce - ir * cil + cwc + cci = 0 \quad [3.29]$$

dónde  $cf_{j,i}$  = flujo de caja (ingreso/egreso) producido por la actividad  $x_j$  en el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $cb_i$  = saldo de caja en el mes  $i=1, \dots, 11$ <sup>7</sup>;  $cce$  = gasto mensual del hogar;  $cwc$  = capital de trabajo al inicio del año;  $ir$  = tasa de interés sobre el préstamo INDAP;  $cci$  = aumento en capital de trabajo durante el año. El saldo de caja ( $cb_i$ ) equivale a la cantidad de dinero que se traspasa de un mes al siguiente. Estas restricciones corresponden a una segunda característica de aversión al riesgo de los modelos prediales, ya que restringen el conjunto de soluciones factibles a aquellas que no violan las restricciones de capital.

<sup>7</sup> Sólo 11 meses debido a que  $cwc + cci = cb_{12}$

### 3.6.6 Restricciones de trabajo

La disponibilidad de trabajo es, después de la disponibilidad de capital, la segunda mayor restricción que enfrentan los campesinos. La estacionalidad de las prácticas agrícolas requiere que se analice la demanda y oferta mensual considerando trabajo familiar disponible, trabajo extrapredial y pago por trabajo asalariado. Para ello se definieron 12 restricciones de trabajo (Ec. [3.30]), asumiendo que existía una demanda mensual máxima por trabajo extrapredial (Ec. [3.31]) y que ella sería además constante a través del año.

$$\sum l_{ji} x_j + ofl - hl_i \leq al_i; \quad i = 1, \dots, 12 \quad [3.30]$$

$$ofl \leq mol \quad [3.31]$$

dónde  $l_{ji}$  = cantidad de trabajo usada por actividad  $x_j$  durante el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $hl_i$  = cantidad de trabajo asalariado durante el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $ofl$  = trabajo mensual extrapredial;  $al_i$  = trabajo disponible durante el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $mol$  = demanda máxima por trabajo extrapredial.

Una desventaja de esta aproximación es que las actividades deben ser realizadas en el mes indicado y no pueden ser diferidas o adelantadas según la disponibilidad de mano de obra. Existen métodos que permiten modelar el desplazamiento de actividades (Arias, 1993), sin embargo ellos tienen un gran impacto sobre el tamaño de los modelos.

## 3.7 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO PROTOTIPO MICROREGIONAL

Este modelo se obtuvo a partir de la agregación de los modelos prototipos prediales junto a la inclusión de objetivos y restricciones adicionales (Figura 10). Ello implica que se asumió que los sistemas son independientes y que la toma de decisión en uno no influye sobre la toma de decisión de otro.

### 3.7.1 Objetivos del modelo microregional

Los objetivos microregionales (Ec. [3.32] y [3.33]) se obtuvieron a través de la suma ponderada de los objetivos prediales.

$$\text{Max } Y_1 = \sum_{i=1}^u w_{1i} Z_{1i} \quad [3.32]$$

$$\text{Min } Y_2 = \sum_{i=1}^u w_{2i} Z_{2i} \quad [3.33]$$

dónde  $Z_{1i}$  = valor del objetivo  $i$  (margen bruto o pérdida de suelo) en el sistema de producción  $i$ ;  $w_{1i}$  = ponderador del sistema de producción  $i$  en función objetivo  $i$ . Los ponderadores para MB correspondieron al número de predios representado por cada sistema y los de erosión al área que

Figura 10 La matriz esqueleto del modelo prototipo microregional

|                               |                    | Actividades prediales del predio ... |   |      |   | MB    | DI |   |      |                    |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|------|---|-------|----|---|------|--------------------|
|                               |                    | A                                    | B | ...  | H | prom. | A  | B | ...  | H                  |
| <b>OBJETIVOS</b>              |                    |                                      |   |      |   |       |    |   |      |                    |
|                               | Max MB             | ■                                    | ■ | .... | ■ |       |    |   |      | Libre              |
|                               | Min erosión        | ■                                    | ■ | .... | ■ |       |    |   |      | Libre              |
|                               | Min DI             |                                      |   |      |   |       | ■  | ■ | ■    | Libre              |
| <b>RESTRICCIONES</b>          |                    |                                      |   |      |   |       |    |   |      |                    |
|                               | SP A               | ■                                    |   |      |   |       |    |   |      | $\leq b$           |
|                               | SP B               |                                      | ■ |      |   |       |    |   |      | $\leq b$           |
|                               | ....               |                                      |   | .... |   |       |    |   | .... | ....               |
|                               | SP H               |                                      |   |      | ■ |       |    |   |      | $\leq b$           |
|                               | Trabajo contratado | ■                                    | ■ | ■    | ■ |       |    |   |      | $\leq b$           |
| <b>Diferencias de ingreso</b> |                    |                                      |   |      |   |       |    |   |      |                    |
|                               | SP A               | ■                                    |   |      |   | ■     | ■  |   |      | $\leq 0$           |
|                               | SP B               |                                      | ■ |      |   |       | ■  | ■ |      | $\leq 0$           |
|                               | ....               |                                      |   | .... |   | ■     |    |   | ■    | ....               |
|                               | SP H               |                                      |   |      | ■ |       |    |   | ■    | $\leq 0$           |
| <b>Margen bruto</b>           |                    |                                      |   |      |   |       |    |   |      |                    |
|                               | SP A               | ■                                    |   |      |   |       |    |   |      | $\Rightarrow$ MB A |
|                               | SP B               |                                      | ■ |      |   |       |    |   |      | $\Rightarrow$ MB B |
|                               | ....               |                                      |   | .... |   |       |    |   | .... | ....               |
|                               | SP H               |                                      |   |      | ■ |       |    |   |      | $\Rightarrow$ MB H |
|                               | Promedio           | ■                                    | ■ | .... | ■ |       |    |   |      | $= 0$              |

DI = diferencias en ingreso; MB prom = margen bruto promedio; SP = sistema de producción

El área resaltada con borde doble representa el modelo predial A, tal como fue presentado en la Figura 9

cubrían todos los predios de cada sistema de producción. Esto implica que se asumió que los objetivos prediales fueron aditivos. Este supuesto es válido si se considera que:

- Sólo los aportes de los campesinos al MB y pérdida de suelo microregionales son de interés para el decisor político en el contexto de este estudio. Por lo tanto la contribución de otros sectores es irrelevante.
- No existe efecto multiplicador del ingreso, ya que no existe comercio entre predios y por ello los ingresos de un predio no alteran los de otro.
- No existe motivo alguno para creer que la pérdida de suelo en un predio afecte la de otro, especialmente si estos no están próximos geográficamente.

### 3.7.2 Estimación de la distribución del ingreso

Los métodos más comúnmente utilizados para estimar la distribución del ingreso o en su defecto la desigualdad son la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini que se deriva de la anterior (Henkel, 1989; Dovring, 1991). La curva de Lorenz es una representación gráfica del grado de inequidad de una distribución de frecuencias en la cual los porcentajes acumulados de una población son graficados contra el porcentaje acumulado de la variable en estudio (Figura 11). La línea recta desde el origen en un ángulo de 45° representa igualdad perfecta. Mientras mayor es la diferencia entre la recta y la curva, mayor será la desigualdad (Cowell, 1977). El coeficiente de Gini (G) mide la desigualdad al calcular una relación entre el área bajo la curva y el área bajo la recta. Equidad absoluta tiene un valor de 0 y a medida que el valor aumenta también lo hace la inequidad. Problemas de usar este coeficiente son que diferentes curvas de Lorenz pueden dar igual coeficiente de Gini (Dovring, 1991) y que está influenciada por el número de observaciones (Henkel, 1989).

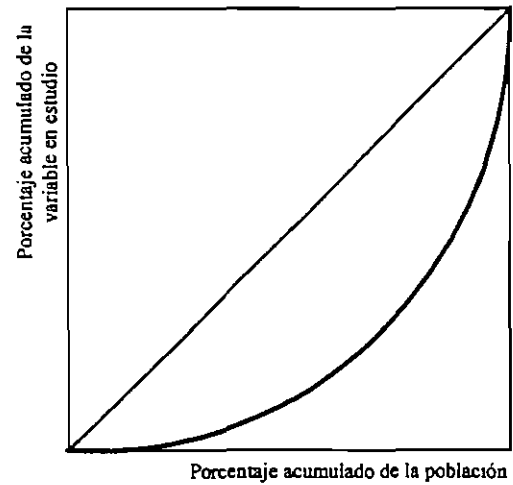


Figura 11 Curva de Lorenz

Desafortunadamente desde el punto de vista de la programación matemática, no es posible generar el coeficiente de Gini. Una alternativa sería calcular las áreas de ambas curvas y luego establecer la relación entre ellas, expresada en términos absolutos y no relativos (como la hace G). Sin embargo ello requiere que todos los predios estén ordenados en valores ascendentes de ingreso, ya que su ordenamiento determina el peso que reciben los predios al calcular el área bajo la curva de Lorenz. Ello no es siempre posible al buscar las soluciones eficientes.

Debido a las limitaciones anteriores, la alternativa utilizada en esta investigación consistió en minimizar la suma de las diferencias entre el MB de cada uno de los predios y el MB promedio de la población, calculada como

$$\overline{GM} - GM_i - nid_i + pid_i = 0 \quad [3.34]$$

dónde  $nid_i$  y  $pid_i$  = diferencia negativa o positiva entre MB promedio y MB calculado para el predio  $i$ , respectivamente. Más aún, como la suma de los desvíos positivos debe ser igual a la suma de los negativos, la función objetivo puede ser especificada como

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n w_i nid_i \quad [3.35]$$

dónde  $w_i$  = ponderador del desvío  $i$  en la función objetivo.

Este método es muy simple y no depende de ordenar los sistemas de producción de acuerdo a su MB. Sin embargo persiste el problema de que diferentes distribuciones pueden generar las mismas diferencias de ingreso. La Figura 12 muestra precisamente dos poblaciones con igual ingreso promedio e igual suma de desvíos, pero cuyos coeficientes de Gini difieren significativamente; para la Población 1 es 34.5% mientras que en la Población 2 es 24.0%. Por lo tanto este método no puede garantizar que las soluciones eficientes (desde el punto de vista de la distribución del ingreso) no estén dominadas por otras soluciones, es decir que no existan mejores alternativas. A pesar de ello debió ser utilizada al ser la única forma de modelar la distribución del ingreso desde la perspectiva de los modelos multicriterio.

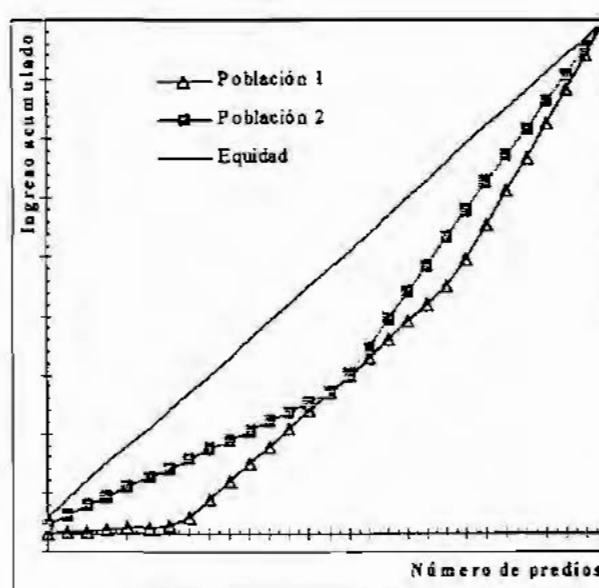


Figura 12 Dos distribuciones de ingreso teóricas con igual ingreso promedio e igual suma de desvíos

Para estimar la distribución del ingreso en el modelo microregional, se incluyó una función objetivo (Ec. [3.36]) y dos restricciones adicionales. (Ec. [3.37] y [3.38]).

$$\text{Min } Z_A = \sum_{i=1}^8 w_{di} n_i d_i \quad [3.36]$$

$$\overline{GM} - GM_i - n_i d_i + p_i d_i = 0; \quad i = 1, \dots, 8 \quad [3.37]$$

$$\frac{1}{53} \sum_{i=1}^8 n_i Z_{ii} - \overline{GM} = 0 \quad [3.38]$$

dónde  $w_{di}$  = número de predios en cada uno de los sistemas de producción  $i$ ;  $\overline{GM}$  = MB promedio de todos los predios;  $n_i d_i$  = diferencia negativa entre MB del predio  $i$  y  $\overline{GM}$ .

### 3.7.3 Restricciones del modelo microregional

Las restricciones del modelo microregional fueron generadas a través de la agregación de las restricciones de los ocho modelos prediales prototipos. Como se asumió que cada sistema de producción es una unidad independiente no se necesitaron restricciones adicionales. Sólo cuando resultados preliminares indicaron que los aumentos en la demanda por un insumo (por ejemplo

trabajo) o la oferta de un producto pudiesen alterar sus precios, se establecieron niveles máximos para la demanda o la oferta. La aproximación ideal en este caso sería la formulación de funciones de demanda u oferta implícitas, sin embargo la falta de información al respecto imposibilitaron usar esta opción.

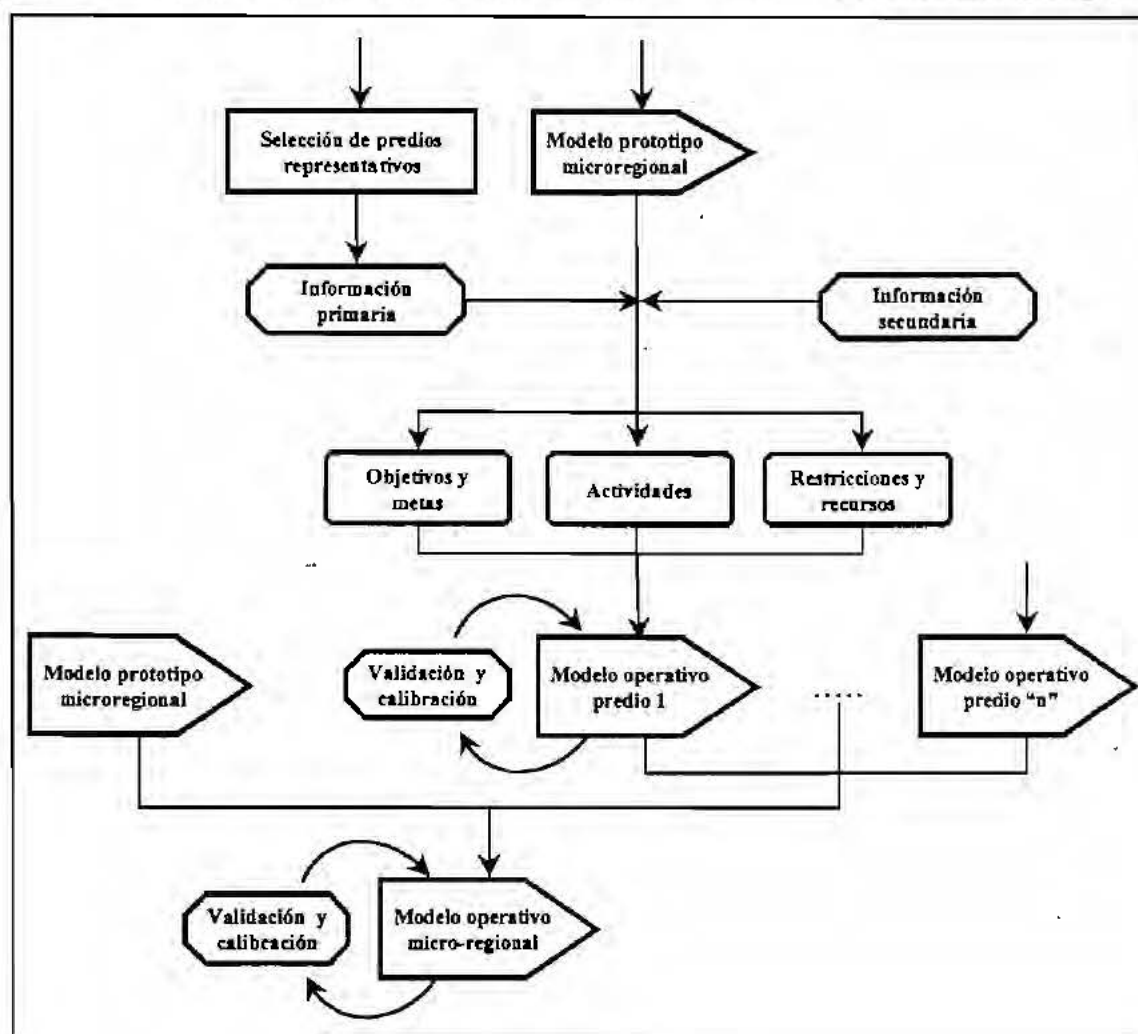
Por otro lado la forma en que se modeló la minimización de las diferencias en ingreso puede determinar que algunos predios bajen sus ingresos con respecto a la situación inicial, lo que indudablemente no es aceptable para los predios involucrados. Por ello se incluyeron restricciones de ingreso mínimo:

$$MB_0 - \sum c_i x_i \leq 0$$

## 4. FASE III: CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS OPERATIVOS

La tercera fase del proyecto consistió básicamente en transformar los modelos conceptuales desarrollados en la Fase II (Capítulo 3) en modelos operativos. En ellos los coeficientes algebraicos son reemplazados por valores observados considerando las actividades observadas y los recursos disponibles en cada uno de los predios. Ello requiere recolectar información primaria y secundaria, la que es procesada e incorporada en los modelos, los cuales son luego calibrados y validados, para que sus resultados se ajusten de la mejor forma posible a las realidades observadas (Figura 13).

Figura 13 Fase III del proceso de evaluación de políticas: construcción de los modelos operativos



## 4.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

La construcción de los modelos operativos, requiere de información primaria, obtenida directamente de los predios. Esta información generalmente es recolectada a través de encuestas y luego procesada para obtener los coeficientes técnicos que caracterizarán la producción en cada uno de los predios. Las siguientes secciones describen la encuesta utilizada para recoger la información de los ocho predios representativos y el procesamiento de la información primaria.

### 4.1.1 Diseño de la encuesta

Las encuestas se diseñaron en base a la información que se requería para convertir el modelo algebraico en un modelo operativo. Existen varios tipos de tipo de encuestas que puede ser utilizado en este proceso. El tipo estará dado por las preguntas (cerradas, abiertas, etc.) y por la frecuencia de las visitas (única o múltiple). Las alternativas que se manejaron fueron la de realizar encuestas dinámicas (visitas periódicas durante todo un año en las cuales se averigua sobre los eventos relevantes ocurridos en el período) o semiestructuradas en profundidad (Ramírez y cols., 1992). Este último método consiste en aplicar en visitas sucesivas una secuencia de cuestionarios, los que van de lo general a lo particular. Las encuestas son semiestructuradas ya que las preguntas son abiertas pero precisas, seleccionadas de acuerdo a la información que fue recogida en preguntas anteriores. Se utilizó este método, debido al menor tiempo involucrado en la recolección de la información y a que los resultados son de una calidad similar a la de las encuestas dinámicas. Por otro lado, permite un conocimiento progresivo del predio, validándose en cada visita parte de la información recogida en las visitas anteriores. Además, en caso de no captar información relevante durante una visita ésta pudo ser recolectada durante la siguiente fase.

Para éste estudio se construyeron tres encuestas las que fueron aplicadas a cada uno de los ocho campesinos seleccionados. Cada encuesta persiguió uno de los siguientes objetivos:

- i. Caracterización general del sistema: recoger información sobre disponibilidad y uso (en términos generales) de los recursos tierra, trabajo y capital.
- ii. Descripción de los subsistemas: caracterizar cada uno de los subsistemas (agrícolas y pecuarios, etc.) que conforman el sistema de producción.
- iii. Itinerarios técnicos del sistema: detallar la cantidad de recursos utilizados y de productos generados, así como su relación temporal, en cada uno de los procesos productivos que conforman los subsistemas del sistema de producción

Como cada encuesta cumplió diferentes objetivos, los resultados obtenidos de su aplicación también variaron (Tabla 12).

Tabla 12 Objetivo y resultados de cada etapa del cuestionario semiestructurado

| <b>Etapas</b> | <b>Objetivos</b>                                     | <b>Resultados</b>                                                                |
|---------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| I             | Identificar los recursos y las actividades prediales | Esqueleto del modelo operativo, indicando actividades y restricciones observadas |
| II            | Caracterizar el proceso productivo                   | Esqueleto del modelo predial con actividades y restricciones específicas         |
| III           | Colectar información sobre insumos y productos       | Relaciones insumo/producto y construcción de modelos operativos                  |

Previo a la aplicación de las encuestas éstas fueron enviadas a personal de INDAP y de las empresas de transferencia tecnológica del área, para validar y perfeccionar sus contenidos. Las recomendaciones y consejos obtenidos de esta forma fueron incluidos en la versión final de las encuestas.

#### 4.1.2 Recolección de la encuesta

A los ocho predios seleccionados se les aplicó las encuestas en tres visitas realizadas por el mismo encuestador. Los formularios de encuesta fueron utilizados como patrones de referencia al momento de la entrevista, permitiendo que el campesino pudiese extenderse en temas que pareciesen interesantes y de esta forma explorar tópicos no considerados inicialmente.

Con el objeto de tener una mejor llegada con el productor, la primera visita fue realizada en conjunto con personal de INDAP o de la empresa de transferencia tecnológica. Esta tuvo una duración de unos 30 minutos, aprovechándose de realizar la observación visual del predio. En todos los casos los campesinos mostraron disposición a colaborar en el estudio y a proveer la información necesaria.

En el período entre visitas sucesivas se adaptó la segunda encuesta según los resultados obtenidos en la visita anterior. También se inició la construcción de los modelos operativos en base al modelo base (ver Sección 3.5), lo que permitió agregar y/o eliminar ciertos aspectos de la encuesta número 2. La segunda visita y entrevista se realizó tres a cuatro semanas después y tuvo una duración un poco superior a la anterior (entre 30 y 60 minutos). El mayor tiempo involucrado en la visita se debió a la mayor cantidad de actividades presentes en algunos predios (especialmente los predios F y G). En esta etapa varios encuestados mostraron incluso una mayor disposición a conversar sobre aspectos relacionados con crédito, falta de animales u otro tipo de limitantes a sus actividades.

Previo a la realización de la tercera visita se procedió a ajustar la encuesta sobre itinerarios técnicos para cada predio y a perfeccionar los modelos. En caso de existir información faltante, se incorporaron las preguntas pertinentes en el cuestionario para dicho predio. La última visita se realizó aproximadamente un mes más tarde, demorando la encuesta entre 30 y 60 min.

Como es común en dicha zona, los sistemas se caracterizan por presentar la combinación trigo/ganado (ovino y/o bovino). Todos realizan barbecho previo al cultivo del trigo y después de su cosecha dejan el potrero (primero rastrojo y luego pradera natural) para pastoreo por dos o tres temporadas. Casi todos ya sea compran heno de alfalfa y/o realizan algún cultivo forrajero (principalmente avena) para alimentar a sus caballos o bovinos. Ninguno de ellos utiliza estos recursos para alimentar los ovinos.

Al analizar en una forma global la información recogida, se apreció que la metodología utilizada para construir los sistema de producción y luego seleccionar los predios, dio muy buenos resultados. En primer lugar los predios se distribuyeron en toda el área bajo el estudio. Sólo un par de

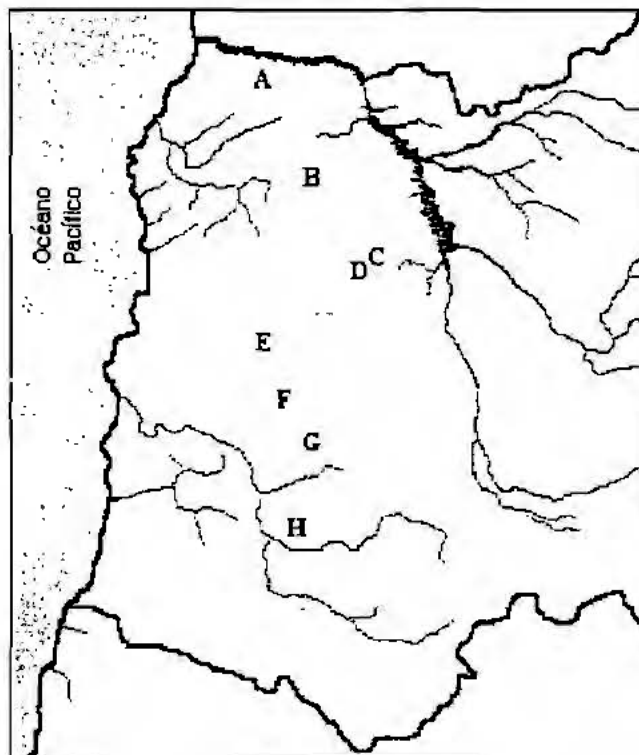
Tabla 13 Descripción general y características agropecuarias más relevantes de los predios encuestados

| Predio | Descripción general                                                                                  | Características agropecuarias                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A      | Predio muy pequeño, mediería es parte importante del sistema, trabaja junto al hermano               | Trigo, garbanzos, viña, ovinos y bovinos (dados en medias)                                                   |
| B      | Tamaño mediano, trabaja sólo, dispuesto a innovar (arvejas, pequeña represa para bebida de animales) | Trigo, garbanzos, arvejas, avena, bovinos y ovinos                                                           |
| C      | Tamaño mediano, pero con parcelas dispersas, desea adquirir bovinos pero no tiene capital para ello  | Trigo, ovinos                                                                                                |
| D      | Tamaño pequeño, jubilado y con problemas de salud, da en medias                                      | Trigo, garbanzos, ovinos,                                                                                    |
| E      | Tamaño mediano, trabaja con hijo, acceso a riego para hortalizas y maíz                              | Trigo, garbanzos, bovinos, ovinos (dados en media) carbón                                                    |
| F      | Tamaño mediano, recurso trabajo es limitante, toma animales y da cultivos en medias                  | Trigo (propio y en medias), garbanzo (en medias) viña, eucaliptos, avena, ovinos, bovinos (tomados en media) |
| G      | Tamaño mediano, acaba de heredar del padre (junto a hermano), joven y el único con cultivo intensivo | Trigo, avena, avena/falaris, limones, tomates, ovinos, carbón                                                |
| H      | Predio muy pequeño, trabajador asalariado, toma en medias                                            | Trigo, ovinos                                                                                                |

ellos se encontraban a sólo algunos km de distancia (predios C y D), presentando por ello diferencias socioeconómicas marcadas. En segundo lugar, tanto las características socioeconómicas como agropecuarias cubren un amplio espectro (Tabla 13) y ningún sistema presentó similitud con el otro.

En la Sección 4.2 se presenta con mayor detalle las características de los ocho predios encuestados, haciendo especial referencia a los recursos disponibles. La Figura 14 indica la ubicación aproximada de los predios representativos de cada sistema de producción. Es importante destacar que los predios seleccionados mostraron diferencias sustantivas, sugiriendo que el análisis multivariado había logrado construir una tipología apropiada para el análisis de la sustentabilidad. Se concluyó que los ocho predios seleccionados representaban diferentes sistemas de producción y que por lo tanto los modelos prediales podían ser contruidos basado en ellos.

Figura 14 Localización aproximada de los predios representativos



## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PREDIOS ENCUESTADOS

La información recolectada fue utilizada para determinar el MB predial anual, es decir la suma de los márgenes brutos de cada rubro ponderados por el nivel de la actividad, así como para estimar el flujo de caja predial anual. Este último es fundamental para determinar un nivel de gasto pro-

medio mensual y el capital de trabajo. El método usado para determinar estos valores fue el siguiente. En base a las planillas por rubros (Anexo 1), se determinó el flujo real de dinero en términos mensuales para el predio así como el flujo de caja neto (diferencia entre ingresos y egresos monetarios anuales). Ello implica que para la construcción de los flujos no se consideró autoconsumo, retención de granos para semillas, pago en especies, transferencia de animales de crianza a reproducción, etc<sup>8</sup>. Debido a que con el flujo de caja neto el campesino debe cubrir los gastos fijos prediales, además de los gastos familiares, se asumió que una parte de él (un doceavo) se utiliza mensualmente para dicho fin. Como algunos gastos pueden en casos de necesidad ser diferidos de un mes a otro, esta cifra se redujo en un 20%. En otras palabras se asumió que un 6,67% del flujo de caja neto era gastado mensualmente en actividades distintas a las descritas en las planillas prediales.

Un segundo valor a estimar fue el capital de trabajo o capital inicialmente disponible. La actividad agrícola se caracteriza por carecer de ingresos durante todos los meses, por lo que el campesino debe contar con recursos financieros que le permitan afrontar sus gastos cuando no existen ingresos. Por lo tanto, se definió como capital de trabajo o ahorro inicial el mínimo de capital necesario para mantener el nivel de actividad actual y cubrir los gastos mensuales. Ello significa que se asumió que el capital de trabajo corresponde a la cantidad de dinero necesario para que el saldo acumulado mensual nunca alcance un valor negativo. El saldo acumulado fue calculado a partir del flujo de caja y correspondió a la suma de ingresos y egresos mensuales mas el saldo del mes anterior.

#### 4.2.1 Predio A

|              |                                                                                                                                                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campesino    | : 40 años, soltero, trabaja junto a su hermano                                                                                                                                   |
| Sistema      | : Predio muy pequeño pero con tierras tomadas en medias, se cultiva trigo y garbanzos y tiene ganado                                                                             |
| Localización | : Rapel, 33°57'30" S - 71°46'00" W                                                                                                                                               |
| Tierra       | : Tiene 1,56 ha de plano (viña, hortalizas y algo de choclo) y 3,00 ha de cerro (pradera permanente), toma 9,36 ha de tierra plana, loma o cerro para trigo, garbanzo y barbecho |
| Ganado       | : Ovinos propios mantenidos en cerros y alimentados con parte de la paja de trigo; vacas dadas en medias. Para dar más flexibilidad al modelo, se                                |

---

<sup>8</sup> Es importante recordar que el margen bruto (MB) incluye la valoración de todos los productos y costos directos (excepto mano de obra familiar) mientras que el flujo de caja solo los ingresos y egresos reales.

asumió que el campesino podía según sus necesidades mantener en sus praderas o dar en medias ovejas o vacas

Crédito : No toma crédito de INDAP comprando fertilizantes con su capital de trabajo  
 Gasto (mes) : \$ 29.093  
 Capital de trabajo : \$ 60.934  
 MB predial : \$ 513.001 (Tabla 14)

Tabla 14 Estimación del margen bruto para el predio A

| Actividad  | Cantidad | MB         | Total      |
|------------|----------|------------|------------|
| Barbecho   | 3,13 ha  | \$ 0       | \$ 0       |
| Trigo      | 3,13 ha  | \$ 49.081  | \$ 153.624 |
| Garbanzos  | 1,56 ha  | \$ 150.700 | \$ 235.092 |
| Viña       | 0,20 ha  | \$ 142.125 | \$ 28.425  |
| Ovejas     | 2 cbz    | \$ 9.420   | \$ 21.000  |
| Vacas      | 2 cbz    | \$ 38.510  | \$ 81.700  |
| MB predial |          |            | \$ 513.001 |

#### 4.2.2 Predio B

Campesino : 52 años de edad, casado, trabajo solo  
 Sistema : Predio de tamaño intermedio dedicado a trigo, ovinos y bovinos  
 Localización : Santa Mónica (Litueche), 34°08'30" S - 71°43'00" W  
 Tierra : 75 ha propias de las cuales 35 ha (plano y loma) las cultiva con trigo, garbanzo, lentejas o arvejas y 40 ha son cerros con praderas para el ganado  
 Ganado : 61 ovejas, 7 vacas y 2 caballos de trabajo, los que se alimentan con pradera, paja, heno de alfalfa y ocasionalmente avena<sup>9</sup> (los dos últimos sólo para los caballos)  
 Trabajo : Aunque no contrata ayuda el modelo asumió que podía hacerlo en caso de ser necesario  
 Crédito : \$ 500.000 (INDAP)  
 Gasto (mes) : \$ 154.544  
 Capital de trabajo : \$ 754.617  
 MB predial : \$ 2.562.962 (Tabla 15)

<sup>9</sup> En todos los casos el heno de alfalfa y los cultivos forrajeros son utilizados exclusivamente en la alimentación de los caballos, lo que desde el punto de vista de la modelación es irrelevante ya que sólo se analizó el balance de forraje.

Tabla 15 Estimación del margen bruto para el predio B

| Actividad       | Cantidad | MB         | Total        |
|-----------------|----------|------------|--------------|
| Barbecho        | 7,03 ha  | \$ 0       | \$ 0         |
| Trigo           | 7,03 ha  | \$ 121.065 | \$ 851.087   |
| Garbanzos       | 2,34 ha  | \$ 191.500 | \$ 448.110   |
| Arvejas verdes  | 2,00 ha  | \$ 219.200 | \$ 438.400   |
| Avena           | 1,00 ha  | -\$ 42.160 | -\$ 42.160   |
| Ovejas          | 61 cbz   | \$ 9.429   | \$ 575.169   |
| Ganado          | 7 cbz    | \$ 65.110  | \$ 455.770   |
| Heno de alfalfa | 3000 kg  | -\$ 43     | -\$ 129.000  |
| Interés         |          |            | -\$ 34.414   |
| MB predial      |          |            | \$ 2.562.962 |

#### 4.2.3 Predio C

|                    |   |                                                                                                                          |
|--------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campesino          | : | 57 años, casado, trabaja solo                                                                                            |
| Sistema            | : | Predio pequeño dedicado a trigo, ganado y praderas                                                                       |
| Localización       | : | San Miguel (Marchihue), 34°15'00" S - 71°30'00" W                                                                        |
| Tierra             | : | 50 ha propias, de las cuales 12 son planas y 38 ha en lomas, utilizadas para trigo y pradera natural (ovinos)            |
| Ganado             | : | 20 ovejas y 2 caballos, alimentados con pradera, heno de alfalfa comprada y sólo una parte de la paja (predio parcelado) |
| Crédito            | : | \$ 900.000 (INDAP)                                                                                                       |
| Gasto (mes)        | : | \$ 132.873                                                                                                               |
| Capital de trabajo | : | \$ 951.864                                                                                                               |
| MB predial         | : | \$ 2.040.501 (Tabla 16)                                                                                                  |

Tabla 16 Estimación del margen bruto para el predio C

| Actividad    | Cantidad | MB         | Total        |
|--------------|----------|------------|--------------|
| Barbecho     | 7,03 ha  | \$ 0       | \$ 0         |
| Trigo        | 12,00 ha | \$ 162.690 | \$ 1.952.280 |
| Ovinos       | 20 cbz   | \$ 9.420   | \$ 188.400   |
| Heno alfalfa | 900 kg   | -\$ 40     | -\$ 36.000   |
| Interés      |          |            | -\$ 64.179   |
| MB predial   |          |            | \$ 2.040.501 |

#### 4.2.4 Predio D

- Campesino : 62 años, casado, tanto él como su cónyuge son jubilados (por motivos de salud) recibiendo una pensión mensual de \$ 90,000, sus problemas de salud también determinan que él no pueda trabajar la tierra
- Sistema : Predio pequeño que da tierra en medias
- Localización : San Miguel (Marchihue), 34°17'00" S - 71°38'30" W
- Tierra : 24 ha propias (plano y lomas) que cultiva con trigo y legumbres
- Ganado : 20 ovinos y un caballo
- Crédito : \$ 300.000 (INDAP)
- Gastos (mes) : \$ 90.000
- Capital de trabajo : En este caso particular se determinó que éste era cero, ya que sus ingresos fijos más el crédito permitían que cubrir todos los gastos del hogar además de la compra de los insumos
- MB predial : \$ 480.399 (Tabla 17)

Tabla 17 Estimación del margen bruto para el predio D

| Actividad       | Cantidad | MB        | Total      |
|-----------------|----------|-----------|------------|
| Barbecho        | 3,13 ha  | \$ 0      | \$ 0       |
| Trigo           | 7,81 ha  | \$ 47.284 | \$ 369.288 |
| Ovinos          | 20cbz    | \$ 9.420  | \$ 188.400 |
| Heno de alfalfa | 1500 kg  | -\$ 40    | -\$ 60.000 |
| Interés         |          |           | -\$ 17.289 |
| MB predial      |          |           | \$ 480.399 |

#### 4.2.5 Predio E

- Campesino : 61 años de edad, trabaja el predio junto a un hijo
- Sistema : Trigo/pradera/ganado en predio de tamaño intermedio, tiene una pequeña superficie bajo riego para producción de hortalizas y maíz
- Localización : Mallermo (Marchihue), 34°21'30" S - 71°41'00" W
- Tierra : Tiene 38 ha propias en plano y 38 ha propias en lomaje
- Ganado : 21 ovinos dados en medias, 20 bovinos y 8 caballos
- Otros : Vende fardos de paja y produce carbón para la venta, produce maíz y compra alfalfa para alimentar los caballos
- Crédito : \$ 1.100.000 (INDAP)
- Gastos : \$ 315.373

Capital de trabajo : \$ 1.496.465  
 MB predial : \$ 3.910.589 (Tabla 18)

Tabla 18 Estimación del margen bruto para el predio E

| Actividad  | Cantidad  | MB         | Total        |
|------------|-----------|------------|--------------|
| Barbecho   | 15,00 ha  | \$ 0       | \$ 0         |
| Trigo      | 15,00 ha  | \$ 144.956 | \$ 2.174.340 |
| Ganado     | 20 cbz    | \$ 62.161  | \$ 1.243.200 |
| Ovinos     | 20 cbz    | \$ 5.760   | \$ 115.200   |
| Caballos   | 8 cbz     | \$ 13.750  | \$ 110.000   |
| Paja       | 80 fardos | \$ 600     | \$ 48.000    |
| Carbón     | 100 sacos | \$ 4.000   | \$ 400.000   |
| Alfalfa    | 3000 kg   | -\$ 40     | -\$ 120.000  |
| Interés    |           |            | -\$ 60.152   |
| MB predial |           |            | \$ 3.910.589 |

#### 4.2.6 Predio F

Campesino : 60 años de edad, trabaja sólo, contratando ocasionalmente algo de ayuda  
 Sistema : Trigo/viña/ovino en predio de pequeño tamaño, ocasionalmente produce avena/trébol, plantó algunos eucaliptos  
 Localización : La Quebrada (Marchihue), 34°27'00" S - 71°42'00" W  
 Tierra : Posee 42 ha de las cuales 20 son planas, 10 son lomas y 12 cerros, además da en medias 6 ha para trigo y garbanzo y toma 12 ha de praderas  
 Ganado : 50 ovinos, 6 bovinos propios y 5 bovinos tomados en medias, 3 caballos  
 Otros : Produce algo de carbón  
 Crédito : \$ 500.000 (INDAP)  
 Gastos : \$ 183.182  
 Capital de trabajo : \$ 1.095.899  
 MB predial : \$ 3.024.653 (Tabla 19)

Tabla 19 Estimación del margen bruto para el predio F

| Actividad            | Cantidad  | MB          | Total        |
|----------------------|-----------|-------------|--------------|
| Barbecho             | 3,75 ha   | \$ 0        | \$ 0         |
| Trigo                | 3,75 ha   | \$ 193.281  | \$ 724.804   |
| Trigo (mediería)     | 3,13 ha   | \$ 95.834   | \$ 299.480   |
| Avena/trébol         | 1,00 ha   | - \$ 60.580 | - \$ 60.580  |
| Garbanzos (mediería) | 1,00 ha   | \$ 87.446   | \$ 87.446    |
| Viña                 | 0,50 ha   | \$ 687.600  | \$ 343.800   |
| Eucaliptos           | 1,00 ha   | \$ 73.920   | \$ 73.920    |
| Ganado               | 6 cbz     | \$ 71.550   | \$ 429.300   |
| Ganado (mediería)    | 5 cbz     | \$ 35.150   | \$ 175.750   |
| Ovinos               | 50 cbz    | \$ 10.283   | \$ 514.150   |
| Carbón               | 200 sacos | \$ 3.150    | \$ 630.000   |
| Interés              |           |             | - \$ 20.917  |
| MB predial           |           |             | \$ 3.024.653 |

#### 4.2.7 Predio G

- Campesino : 26 años de edad, soltero, acaba de heredar el predio de su padre, su hermano le ayuda en algunas labores durante el fin de semana
- Sistemas : principalmente trigo/pradera/ovino con algo de avena/falaris, eucaliptos, además de tomates en invernadero (500 m<sup>2</sup>) y limones (6 árboles) ya que tiene acceso a riego
- Localización : Pumanque, 34°33'00" S - 71°40'30" W
- Tierra : 24 ha planas y 6 ha de lomas
- Ganado : 6 ovinos y 5 caballos
- Otros : Produce carbón para la venta En este predio en particular fue necesario hacer ajustes debido a que en la temporada 94-95 excepcionalmente no cultivó trigo. Por lo tanto se asumió que el plan normal 3,12 ha de trigo, lo que corresponde a la superficie de barbecho preparada en 1995. Ello también afectó las estimaciones de capital de trabajo y gasto familiar mensual.
- Gasto : \$ 113.344
- Crédito : \$ 500.000 (INDAP)
- Capital de trabajo : \$ 741.476
- MB predial : \$ 1.996.844 (Tabla 20)

Tabla 20 Estimación del margen bruto para el predio G

| Actividad        | Cantidad           | MB         | Total        |
|------------------|--------------------|------------|--------------|
| Barbecho         | 3,75 ha            | \$ 0       | \$ 0         |
| Trigo            | 3,12 ha            | \$ 125.247 | \$ 390.771   |
| Avena            | 1,00 ha            | -\$ 37.863 | -\$ 37.863   |
| Avena/falaris    | 1,50 ha            | -\$ 42.497 | -\$ 63.746   |
| Tomates (primor) | 250 m <sup>2</sup> | \$ 381.012 | \$ 190.506   |
| Tomate (tardío)  | 250 m <sup>2</sup> | \$ 316.012 | \$ 158.006   |
| Limones          | 9 árboles          | \$ 2.000   | \$ 18.000    |
| Eucaliptos       | 4.00 ha            | \$ 73.920  | \$ 295.680   |
| Ovinos           | 6 cbz              | \$ 7.420   | \$ 44.520    |
| Caballos         | 5 cbz              | \$ 0       | \$ 0         |
| Carbón           | 40 sacos           | \$ 3.200   | \$ 1.050.000 |
| Alfalfa          | 750 kg             | -\$ 40     | -\$ 30.000   |
| Interés          |                    |            | -\$ 19.030   |
| MB predial       |                    |            | \$ 1.996.844 |

#### 4.2.8 Predio H

|                    |   |                                                                                                                 |
|--------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campeño            | : | 45 años de edad, casado                                                                                         |
| Sistema            | : | trigo/ovino, predio muy pequeño, asalariado, toma tierra en medias                                              |
| Localización       | : | Pumanque, 34°37'30" S - 71°43'00" W                                                                             |
| Tierra             | : | 0,5 ha planas                                                                                                   |
| Ganado             | : | 5 ovejas y 3 bovinos. Todos los cuales él da en mediería                                                        |
| Otros              | : | Su le presta fertilizante y semillas, produce carbón en mediería, arrienda maquinaria para preparar el barbecho |
| Gasto              | : | \$ 94.209                                                                                                       |
| Capital de trabajo | : | \$ 243.337                                                                                                      |
| MB predial         | : | \$ 1.512.814 (Tabla 21)                                                                                         |

Tabla 21 Estimación del margen bruto para el predio H

| Actividad           | Cantidad  | MB         | Total        |
|---------------------|-----------|------------|--------------|
| Barbecho (mediería) | 9,38 ha   | -\$ 14.720 | -\$ 138.074  |
| Trigo (mediería)    | 9,38 ha   | \$ 73.698  | \$ 691.287   |
| Ovinos (mediería)   | 5,00 cbz  | \$ 6.400   | \$ 32.000    |
| Ganado (mediería)   | 3 cbz     | \$ 23.600  | \$ 70.800    |
| Carbón (mediería)   | 100 sacos | \$ 1.500   | \$ 150.000   |
| Salario             | 12 meses  | \$ 58.900  | \$ 706.800   |
| MB predial          |           |            | \$ 1.512.814 |

### 4.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Debido a que no toda la información pudo ser recolectada de los predios, fue necesario consultar otras fuentes para completar la base de datos. Específicamente se debió recolectar información referente a:

- Precios de mercado productos e insumos: a partir de datos de ODEPA, INFOR y otros se recolectaron series de precios para productos e insumos. Desafortunadamente toda esta información esta basada en información de Santiago.
- Características técnicas y económicas de cultivos alternativos
- Factores de erosividad de las lluvias y de cobertura vegetal y manejo, necesarios para estimar la pérdida de suelo.
- Productividad de praderas naturales
- Características agroclimáticas regionales

Toda esta información fue luego utilizada en el cálculo de los coeficientes necesarios para la construcción de los modelos operativos.

### 4.4 DEFINICIÓN DE LAS ACTIVIDADES PREDIALES

Tal como se mencionó anteriormente, el modelo conceptual incluía un conjunto base de actividades y restricciones, el cual sería adaptado según los requerimientos particulares de cada predio. Por ello lo más importante era determinar cuál es el conjunto de actividades observadas en cada predio, para a partir de este conjunto construir las funciones objetivo y las restricciones. Con este fin se construyeron ocho planillas prediales, las que resumían la información recolectada para

cada predio con respecto a todos los rubros o actividades de importancia económica, es decir cuyo fin es generar ingresos. Se omitieron aquellos rubros cuyo único destino es el consumo familiar, como por ejemplo papas u hortalizas. Los cultivos forrajeros fueron incluidos en estas planillas, ya que generan insumos para el ganado y representan por lo tanto costos de producción. El Anexo 1 presenta las planillas para cada uno de los predios seleccionados, presentando la información para cada rubro en términos de una unidad productiva, ya sea hectárea, cabeza de ganado u otra medida.

A modo de recuerdo, el conjunto base de actividades consideró:

- i. Cultivos: considerando tipo, pendiente, y propiedad de la tierra
- ii. Ganado: considerando especie y categoría y su propiedad
- iii. Forraje: producido en predio, comprado o transferido
- iv. Venta de productos: de origen agrícola y pecuario
- v. Capital: incluye crédito INDAP, capital de trabajo y saldo mensual de caja
- vi. Trabajo: contratado y de uso extra predial
- vii. Otros

A continuación se presenta el detalle de las actividades definidas para cada uno de ellos.

#### 4.4.1 Actividades definidas para el predio A

- i. Cultivos propios: viña en plano
- ii. Cultivos tomados en medias: trigo en plano, barbecho en plano, garbanzo en plano, trigo en loma, barbecho en loma, garbanzo en loma, trigo en cerro, barbecho en cerro, garbanzo en cerro
- iii. Ganado propio: número de vacas, número de vaquillas, número de novillos, número de ovejas, número de borregas, número de corderos
- iv. Ganado dado en medias: número de vacas, número de vaquillas, número de novillos, número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de toros
- v. Forraje: pradera permanente en cerro, transferencia de forraje
- vi. Venta de productos: venta de trigo, venta de garbanzo, venta mensual de novillos
- vii. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual

#### 4.4.2 Actividades definidas para el predio B

- i. Cultivos propios: trigo en plano, barbecho en plano, garbanzo en plano, lentejas en plano, arvejas en plano, trigo en loma, barbecho en loma, garbanzo en loma, arvejas en loma
- ii. Ganado propio: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de vacas, número de vaquillas, número de novillos, número de caballos
- iii. Forraje: pradera natural en plano, pradera natural en loma, pradera permanente en cerro, avena en plano, avena en loma, compra heno de alfalfa, transferencia de forraje
- iv. Venta de productos: venta de trigo, venta de garbanzo, venta de lentejas, venta de corderos, venta mensual de novillos, venta de fardos de paja
- v. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- vi. Trabajo: contratación mensual de mano de obra (enero a diciembre)

#### 4.4.3 Actividades definidas para el predio C

- i. Cultivos propios: trigo en plano, barbecho en plano, trigo en loma, barbecho en loma
- ii. Ganado propio: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de caballos
- iii. Forraje: pradera natural en plano, pradera natural en loma, compra heno de alfalfa, transferencia de forraje
- iv. Venta de productos: venta de trigo, venta de corderos
- v. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- vi. Trabajo: contratación mensual de mano de obra (enero a diciembre)

#### 4.4.4 Actividades definidas para el predio D

- i. Cultivos dados en medias: trigo en plano, barbecho en plano, trigo en loma, barbecho en loma
- ii. Ganado propio: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de caballos
- iii. Forraje: pradera natural en plano, pradera natural en loma, compra heno de alfalfa, transferencia de forraje

- iv. Venta de productos: venta de trigo, venta de corderos
- v. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- vi. Trabajo: contratación mensual de mano de obra (enero a diciembre)

#### 4.4.5 Actividades definidas para el predio E

- i. Cultivos propios: trigo en plano, barbecho en plano, trigo en loma, barbecho en loma
- ii. Ganado propio: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de vacas, número de vaquillas, número de novillos, número de caballos
- iii. Ganado dado en medias: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de vacas, número de vaquillas, número de novillos
- iv. Forraje: pradera natural en plano, pradera natural en loma, compra heno de alfalfa, paja de trigo disponible, transferencia de forraje
- v. Venta de productos: venta de trigo, venta de corderos, venta de paja de trigo, venta mensual de novillos
- vi. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- vii. Trabajo: contratación mensual de mano de obra (enero a diciembre)
- viii. Otros: producción y venta mensual de carbón (agosto y septiembre)

#### 4.4.6 Actividades definidas para el predio F

- i. Cultivos propios: trigo en plano, barbecho en plano, garbanzo en plano, trigo en loma, barbecho en loma, garbanzo en loma, viña en plano, eucaliptos en cerro de 1 año, eucaliptos en cerro de 2 años, eucaliptos en cerro de 3 a 20 años
- ii. Cultivos dados en medias: trigo en plano, barbecho en plano, garbanzo en plano, , trigo en loma, barbecho en loma, garbanzo en loma
- iii. Ganado propio: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de vacas, número de vaquillas, número de novillos, número de caballos
- iv. Ganado tomado en medias: número de vacas, número de novillos

- v. Forraje: pradera natural en plano (propia y tomada en medias), pradera natural en loma, avena/trébol en plano, avena/trébol en loma, pradera permanente en cerro, compra heno de alfalfa, transferencia de forraje
- vi. Venta de productos: venta de corderos, venta de trigo, venta mensual de novillos
- vii. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- viii. Trabajo: contratación mensual de mano de obra (enero a diciembre)
- ix. Otros: producción y venta mensual de carbón (agosto y septiembre)

#### 4.4.7 Actividades definidas para el predio G

- i. Cultivos propios: trigo en plano, barbecho en plano, tomates en invernadero (primores y tardíos), limones, trigo en loma, barbecho en loma, eucaliptos en loma de 1 año, eucaliptos en loma de 2 años, eucaliptos en loma de 3 a 20 años
- ii. Ganado propio: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de caballos
- iii. Forraje: avena en plano, avena/falaris en plano, falaris en plano, pradera natural en plano, avena en loma, avena/falaris en loma, falaris en loma, pradera natural en loma, compra heno de alfalfa, transferencia de forraje
- iv. Venta de productos: venta de trigo, venta de corderos
- v. Capital: gasto familiar mensual, crédito INDAP, gasto propio en semillas y fertilizantes, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- vi. Trabajo: contratación mensual de mano de obra (enero a diciembre)
- vii. Otros: producción y venta mensual de carbón (febrero a septiembre)

#### 4.4.8 Actividades definidas para el predio H

- i. Cultivos tomados en medias: trigo en plano, barbecho en plano, trigo en loma, barbecho en loma
- ii. Ganado dado en medias: número de ovejas, número de borregas, número de corderos, número de vacas, número de vaquillas, número de novillos
- iii. Venta de productos: venta de trigo, venta de corderos

- iv. Capital: gasto familiar mensual, capital de trabajo, aumento en capital de trabajo, saldo de caja mensual
- v. Trabajo: trabajo extra predial, uso de vacaciones
- vi. Otros: producción y venta mensual de carbón (mayo a agosto)

## 4.5 ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LOS MODELOS PREDIALES

Los coeficientes utilizados en la construcción de los modelos prediales correspondieron a los valores observados en cada predio y no a promedios para todos los predios. También se incluyeron sólo las actividades observadas en cada predio y no todas las actividades posibles. Por ello cada modelo predial correspondió a lo realmente observado y no a predios promedios o hipotéticos. Así se evitó la pérdida de variabilidad producto del uso de valores únicos además de posibles sesgos producto del pequeño número de observaciones. Sin embargo ello también implicó un considerable aumento en el tiempo utilizado en la construcción de los modelos.

### 4.5.1 Coeficientes agrícolas

Su cálculo fue simple, ya que existió toda la información disponible para obtener los coeficientes. Además de las rotaciones barbecho/trigo/pradera natural y barbecho/garbanzo/trigo/pradera natural se modelaron las siguientes rotaciones: barbecho/arvejas/pradera natural, barbecho/trigo/lenteja/pradera natural, barbecho/trigo/avena/pradera natural, barbecho/avena/pradera natural y barbecho/avena y trébol.

Debido a los distintos requerimientos de insumos (especialmente trabajo) que tienen los eucaliptos se modelaron tres actividades, representando árboles de un año, de dos años y de tres a 20 años. Por lo tanto también se incluyeron dos restricciones que relacionaron las tres actividades:

$$\begin{aligned} -meu01 + meu02 &\leq 0 \\ -18meu02 + meu3f &\leq 0 \end{aligned}$$

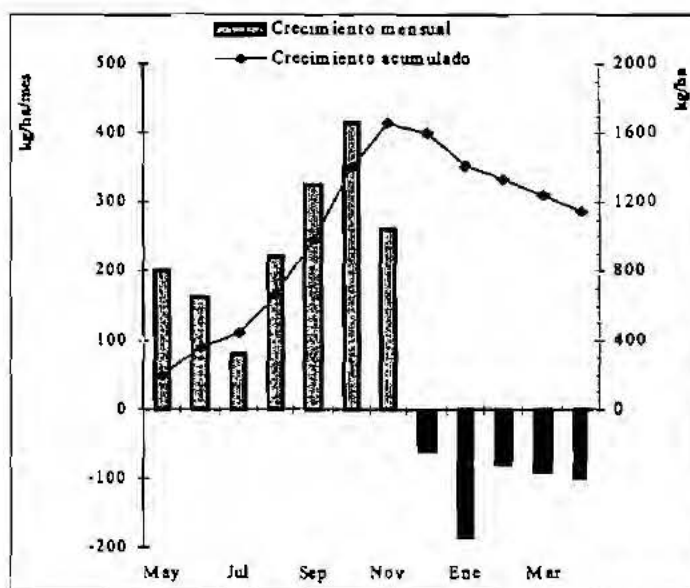
dónde  $meu01$  = eucaliptos de primer año;  $meu02$  = eucaliptos de segundo año;  $meu3f$  = eucaliptos de tercer a último año. En la función objetivo el MB de cada actividad fue estimado como el valor presente neto con una tasa de descuento de 10%, sobre un periodo de 20 años dividido por ese número de años. Se asumió que los flujos de caja eran cero ya que los subsidios de reforestación cubren todos los costos (menos la mano de obra que se asumió es propia) y los ingresos se originan sólo al final de los 20 años.

#### 4.5.2 Modelación del subsistema pecuario

Para cada categoría se estimaron los coeficientes productivos y reproductivos. Debido a la dificultad de estimar las tasas de destete, mortalidad y reemplazo para cada predio (especialmente en aquellos con pocos animales), se usaron valores constantes. La tasa de destete, que incorpora las tasas de fertilidad, nacimiento y mortalidad previa al destete, fue obtenida promediando la información para todos los predios encuestados. La tasa de destete utilizada fue de un 81% para ovejas y 74% para vacas. La tasa de reemplazo fue definida como el número de reemplazos necesarios para mantener un rebaño estable, es decir 20% en ovinos y 15% en bovinos. La tasa de eliminación se definió en 15% para ovejas y 10% para vacas. La diferencia entre estas tasas y las de reemplazo refleja las mortalidad de adultos y reemplazos.

Las praderas naturales de esta zona presentan producciones bajas y con una marcada estacionalidad (Figura 15).

Figura 15 Acumulación de materia seca y crecimiento mensual de praderas naturales en el Secano Costero de la VI Región (Rodríguez, 1991)



Las praderas presentan además una gran variabilidad en cuanto a niveles de producción y composición botánica. La producción de materia seca (MS) varía entre 220 a 3700 kg/ha/año, con un promedio de 1600 kg/ha/año (Rodríguez, 1991). Otro estudio indicó que la producción acumulada alcanza a 750 kg/ha en agosto, 1025 kg/año en septiembre y 2037 kg/ha en octubre (Gastó y Contreras, 1979). Para tomar en consideración este crecimiento estacional se definieron dos temporadas para calcular el balance forrajero en los modelos prediales. Durante la estación I (Mayo a

Noviembre) se produce un total de 1200 kg de MS, mientras que en la estación II no hay crecimiento. Además se estimó a partir de los datos de Rodríguez (1991) que un 30% de la MS se pierda si ésta se transfiere de la estación I a la II.

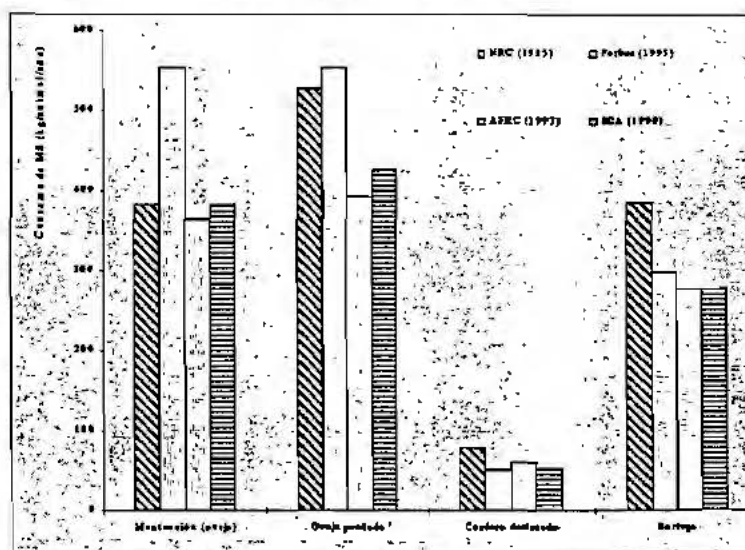
Por otro lado y a pesar de que se sabe que la cubierta vegetal de las acacias aumenta la productividad de las praderas (Ovalle y Squella, 1988) la falta de información impidió incluir éste efecto sinérgico en los modelos.

La producción de paja fue estimada utilizando un índice de cosecha de trigo de 38% (CIMMYT, 1986). El índice de cosecha indica la relación entre la materia seca producida como grano y la producción de MS total (peso de la planta por sobre la altura de cosecha).

El consumo de MS se estimó usando modelos teóricos debido a la falta de datos experimentales o de campo para las razas y condiciones locales. Tanto para el caso de las vacas como el de las ovejas se estimó el consumo para dos categorías: hembras con preñez y lactancia y hembras que durante el año quedan abiertas y por lo tanto no tienen gestación ni lactancia. Ello es importante ya que esos estados afectan el consumo de MS.

Los métodos usados para estimar el consumo de MS de la ovejas (preñadas y secas), borregas y corderos, fueron desarrollados por NRC (1985), Forbes (1995), AFRC (1993), y SCA (1990). De las cuatro estimaciones, las dos que permiten corregir de acuerdo a la calidad del forraje (AFRC y SCA), presentan estimaciones de consumo similares. Los otros dos métodos presentan niveles de consumo de MS más altos (Figura 16). De acuerdo a uno de los pocos estudios en la zona (Crem-

Figura 16 Consumo de MS para cada categoría ovina, estimada por cuatro métodos

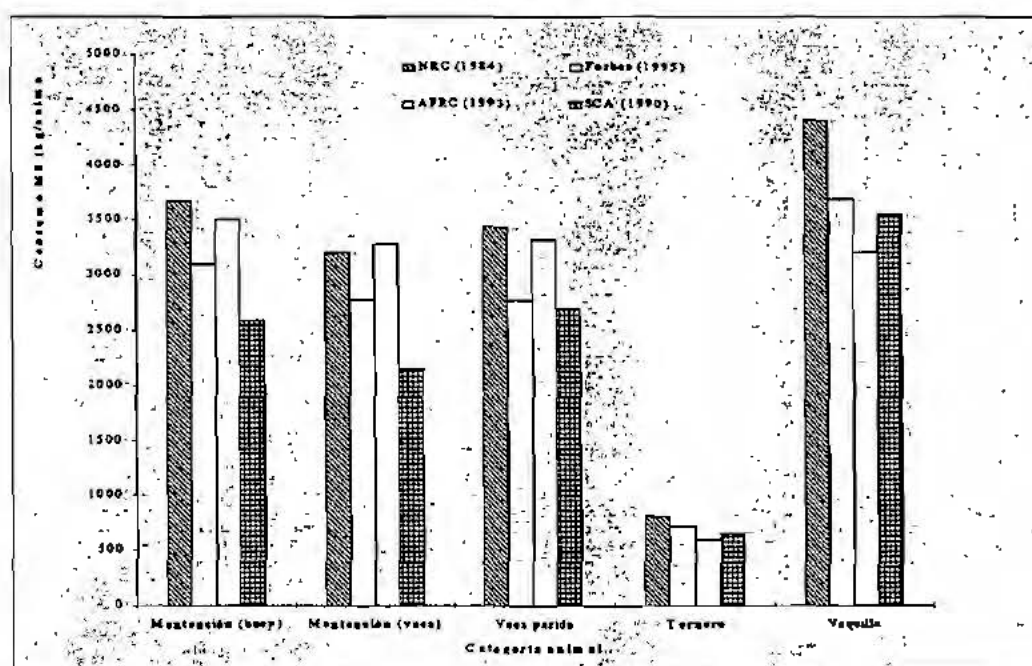


Fuente: (NRC, 1985; SCA, 1990; AFRC, 1993; Forbes, 1995)

pien y Squella, 1987), una oveja consumió entre parto y destete (116 días) 239 kg de MS, esto es 2,06 kg/día como promedio. Durante igual período los corderos consumieron 41 kg de MS. Basado en estos datos el consumo ajustado para 222 días de una oveja con un cordero sería de 222 kg. Este valor sugiere que el método AFRC probablemente subestima el consumo de una oveja bajo estas condiciones.

El consumo de los bovinos fue estimado utilizando los métodos propuestos por NRC (1984), Forbes (1995), AFRC (1993), y SCA (1990). El método propuesto por la SCA generó los menores valores, excepto para animales en crecimiento en que AFRC mostró los menores valores (Figura 17).

Figura 17 Consumo de MS para cada categoría bovina, estimada por cuatro métodos



Fuente: (NRC, 1984; SCA, 1990; AFRC, 1993; Forbes, 1995)

Los modelos operativos fueron contruidos utilizando el promedio de las cuatro estimaciones. Para calcular el consumo por estación para bovinos, se ponderó el consumo diario por categoría por el número de días de cada estación. En el caso de los ovinos, al tener partos concentrados en Junio y Julio, se pudo estimar el número de días que pasa cada categoría en cada estación. Por ejemplo los corderos sólo consumen forraje durante la estación I. Finalmente como los modelos sólo incluyen la categoría vacas y ovejas, sus consumos fueron estimados ponderando los consumos de hembras preñadas y secas por la tasa de destete. Este valor entonces estimó el consumo

de MS de una hembra promedio. Los valores así estimados se indican en la Tabla 22. El consumo de un caballo se estimó a partir del consumo de mantención de un caballo adulto (NRC, 1978).

Tabla 22 Consumo estimado estacional y anual de materia seca y pero promedio de cada categoría animal

| Categoría animal         | Consumo de MS (kg) |             |       | Peso vivo (kg) |
|--------------------------|--------------------|-------------|-------|----------------|
|                          | Estación I         | Estación II | Total |                |
| Oveja                    | 246                | 175         | 421   | 55             |
| Oveja preñada y lactante | 277                | 198         | 475   | 55             |
| Borrega                  | 173                | 137         | 310   | 20-50          |
| Cordero                  | 61                 | ---         | 61    | 20-30          |
| Vaca                     | 1.676              | 1.182       | 2.858 | 500            |
| Vaca preñada y lactante  | 1.796              | 1.267       | 3.063 | 500            |
| Vaquilla                 | 2.180              | 1.538       | 3.718 | 80-400         |
| Ternero                  | 410                | 289         | 699   | 80-180         |
| Buey                     | 1.889              | 1.333       | 3.222 | 600            |
| Caballo                  | 1.819              | 1.283       | 3.102 | 600            |

Para estimar los flujos de caja necesarios para construir los coeficientes requeridos para las restricciones de capital, se debió definir un sistema de manejo estándar, al menos en lo referente al uso de insumos y en cierta forma a los meses en que se venden animales. Los corderos se venden en primavera con un peso de 30 kg y cuatro meses de edad. Los novillos pueden ser vendidos en septiembre y octubre con un peso de 100 kg. Como las vacas y ovejas de desecho no tienen una fecha de venta fija se asumió que son vendidas durante la estación de escasez de pastos (diciembre a abril).

#### 4.5.3 Flujo de caja y capital de trabajo

Los gastos mensuales de la familia, entendidos como aquellos no relacionados con actividades agrícolas, fueron asumidos como constantes y calculados para cada predio como el ingreso predial anual menos los gastos prediales anuales, dividido por doce. Pero como los ingresos agrícolas en esta zona se concentran entre primavera y verano, es frecuente observar déficits de caja a fines de invierno. Para que la familia en alguna forma pueda hacer frente a estos problema, se estimó que el gasto mensual correspondía en realidad a sólo el 80% del valor previamente estimado.

El capital de trabajo, entendido como el efectivo disponible a principios de año, no pudo ser obtenido a través de las encuestas. Sin embargo a partir de la información recolectada, se puede es-

timar la cantidad mínima de dinero necesaria para llevar a cabo el plan actual y cubrir los gastos familiares, sin presentar flujos de caja negativos. En el particular caso del predio D éste mínimo era de cero pesos.

Finalmente también se definió un límite máximo al crédito INDAP según el nivel de crédito observado para cada predio.

#### 4.5.4 Modelación de las restricciones de trabajo

La disponibilidad mensual de trabajo estuvo dada por el número de trabajadores por predio multiplicado por el número de días por mes, pudiendo los predios además contratar trabajo. El número de días trabajados actualmente fuera del predio fue definido como el máximo de días que una persona podía trabajar fuera del predio. Para el campesino H, que trabajaba todos los días en un predio cercano, trabajando sólo los fines de semana en los trigos que tenía a medias, se definieron restricciones que le permitieran transferir sus 26 días de vacaciones y trabajar tanto en sus cultivos como en otro predio. Específicamente se incluyeron las siguientes restricciones:

$$\sum l_{j,i} x_j + ofl - tl_i \leq al_i; i = 1, \dots, 12$$

$$\sum tl_i \leq 26; \quad i = 1, \dots, 12$$

dónde  $l_{j,i}$  = trabajo utilizado por actividad  $x_j$  durante el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $ofl$  = días trabajados fuera del predio;  $tl_i$  = días de vacaciones utilizados durante el mes  $i=1, \dots, 12$ ;  $al_i$  = trabajo disponible durante mes  $i=1, \dots, 12$ . Ello implicó que en caso de trabajar fuera del predio el campesino debe trabajar la misma cantidad de días todos los meses y que además podía disponer libremente de sus vacaciones.

#### 4.5.5 Otras restricciones

Dependiendo del predio considerado, estas incluyeron:

- i. Niveles máximos para tomar y dar en medias tanto tierra como cabezas de ganado; de otra forma los predios que pueden tomar y especialmente dar en medias, podrían hacer un uso casi ilimitado de un recurso que tiene limitaciones
- ii. Número mínimo de bueyes o caballos necesarios para realizar los trabajos de preparación y cultivo de la tierra
- iii. Nivel mínimo de compra de heno de alfalfa para aquellos predios que normalmente la compran para alimentar los caballos
- iv. Area máxima bajo viñas, debido al tiempo requerido en su establecimiento

- v. Niveles máximos de venta de carbón y paja, debido a que estos son difíciles de vender
- vi. Area máxima bajo riego

Todos estos niveles fueron fijados de acuerdo a lo observado en cada uno de los predios encuestados.

## 4.6 CONSTRUCCIÓN DE LAS FUNCIONES OBJETIVO

Una vez definidas las actividades que afectan estas funciones, se procedió a calcular los coeficientes de las funciones objetivos, es decir el margen bruto y la pérdida de suelo asociados a cada una de las actividades prediales.

### 4.6.1 Estimación de los márgenes brutos prediales

Su forma de estimación ya fue presentada en secciones precedentes.

### 4.6.2 Estimación de la pérdida de suelo

La pérdida de suelo fue estimada utilizando la ecuación USLE o Universal Soil Loss Equation (Wischmeier y Smith, 1978) y su versión revisada RUSLE (Renard y cols., 1994). Estas ecuaciones estiman la cantidad de suelo perdida por unidad de superficie dentro de un año. USLE es una ecuación empírica que estima la erosión a través de la fórmula

$$A = RKSLPC$$

Es decir, esta ecuación considera la interacción de los siguientes factores:

- $R$  = erosividad o potencial destructivo de la lluvia; se calcula a partir de la energía cinética de la lluvia y requiere conocer la cantidad y la intensidad de las precipitaciones
- $K$  = erodabilidad del suelo, es decir su susceptibilidad a erosionarse, y depende de la textura y de la estructura del suelo, así como de su contenido de materia orgánica y su permeabilidad
- $S$  y  $L$  = factores topográficos que hacen referencia a la pendiente y a su largo, respectivamente
- $C$  = factor de cobertura vegetal y manejo
- $P$  = factor de prácticas de manejo o de protección del suelo y su valor varía entre 0 y 1

El factor de erosividad de la lluvia ( $R$ ) depende de la energía total de la lluvia y de las precipitaciones durante los 30 minutos de mayor intensidad. Como no se contó con la información necesaria

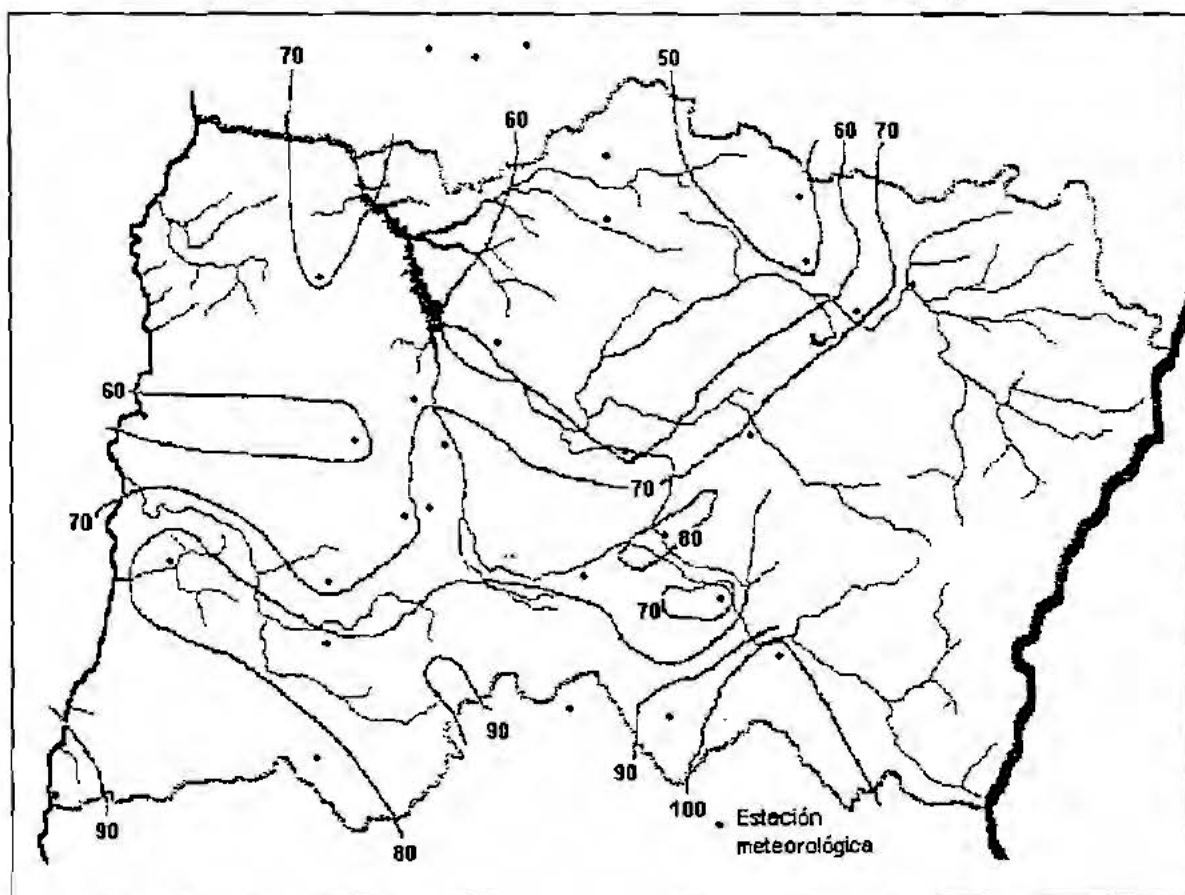
ria para un número adecuado de estaciones meteorológicas, se estimó  $R$  a través del Índice Modificado de Fournier:

$$F_m = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_{ann}}$$

$$R = a + b * F_m$$

dónde  $P_i$  = promedio de precipitaciones para el mes  $i$  (mm);  $P_{ann}$  = precipitación anual;  $a$ ,  $b$  = constante específicas para cada localidad. Las variables  $a$  y  $b$  son desconocidas para Chile y más aún para el área en estudio, pero como la distribución de las lluvias es similar a la observada en California y Oregon se usaron los factores para estos estados, es decir -3.00 y 0.66 (Lal y Elliot, 1994). Utilizando los valores de un conjunto de estaciones meteorológicas y el Índice de Fournier, se interpolaron las curvas de isoerosividad para toda la VI Región. Dichas curvas se presentan en la Figura 18.

Figura 18 Curvas de isoerosividad estimadas para la VI Región



El factor de erodabilidad (K) fue estimado para cada predio a través de las siguientes ecuaciones (Wischmeier y Smith, 1978):

$$100K = 2.241 * (2.1 * 10^{-4} * (12 - J) * M^{1.14} + 3.25 * (S - 2) + 2.5 * (p - 3))$$

$$M = (\%VFS + \%L)(100 - \%Cl)$$

dónde  $J$  = contenido de materia orgánica en el suelo;  $M$  = índice de textura;  $\%VFS$  = porcentaje de arena muy fina (0.05-0.10 mm) en el suelo;  $\%L$  = porcentaje de limo (0.002-0.05 mm) en el suelo;  $\%Cl$  = porcentaje de arcilla (<0.002 mm) en el suelo;  $S$  = índice de estructura del suelo (1: subangular muy fina; 2: subangular fina; 3: subangular media; 4: otro tipo);  $p$  = índice de permeabilidad (1: >10 cm/h; 2: 5-10 cm/h; 3: 3-5 cm/h; 4: 1-3 cm/h; 5: 0.5-1 cm/h; 6: <0.5 cm/h). Para determinar los valores de estas variables se tomaron muestras de suelo en cada uno de los predios. Estas muestras fueron tomadas desde uno de los sectores más representativos del predio y analizadas en el Laboratorio de Riego y Química de Suelos y Agua, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Los contenidos de arcilla, limo, arena y materia orgánica fueron estimados en el Laboratorio, mientras que la permeabilidad y la estructura del suelo fue evaluada en terreno (Tabla 23). Estos valores fueron luego utilizados para determinar el factor K (Tabla 24)

Tabla 23 Características del suelo en cada uno de los predios representativos

| Predio | %Arcilla | %Limo | %Arena | %AMF  | p | S | J    |
|--------|----------|-------|--------|-------|---|---|------|
| A      | 10,9     | 19,9  | 69,2   | 25,26 | 2 | 4 | 0,71 |
| B      | 21,8     | 21,6  | 56,6   | 15,26 | 3 | 4 | 1,60 |
| C      | 9,5      | 21,2  | 69,3   | 15,26 | 3 | 4 | 1,29 |
| D      | 7,8      | 12,9  | 79,3   | 13,18 | 2 | 2 | 0,86 |
| E      | 11,6     | 21,3  | 67,1   | 11,10 | 3 | 3 | 1,58 |
| F      | 8,6      | 17,3  | 74,1   | 13,90 | 3 | 2 | 2,49 |
| G      | 10,0     | 19,3  | 70,7   | 10,87 | 3 | 2 | 2,69 |
| H      | 11,2     | 15,2  | 73,6   | 11,28 | 5 | 2 | 2,40 |

%AMF = contenido de arena muy fina; p = índice de permeabilidad; S = índice de estructura del suelo; J = contenido de materia orgánica

A nivel de terreno también se determinó la pendiente y el largo de ella, calculándose los factores L y S por medio de la ecuación RUSLE la que considera la condición de degradación de la pradera (Renard y cols., 1994). El factor C, que representa el efecto de las plantas, la cubierta vegetal, la biomasa del suelo y las actividades agrícolas sobre el suelo, fue obtenido de datos tabulares. Finalmente y debido a que ningún predio realizaba prácticas de conservación de suelo, al factor P se le asignó un valor constante de 1 (Tabla 24).

Tabla 24 Estimación de la pérdida de suelo y valor de los factores utilizados en su cálculo para cada uno de los predios representativos

| Predio | Cultivo                  | L (m) | S(%) | R    | K     | LS    | C*    | P    | A      |
|--------|--------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|--------|
| A      | Trigo                    | 200   | 1,8  | 76,6 | 0,773 | 0,358 | 0,380 | 1,00 | 8,06   |
| B      | Barbecho                 | 150   | 8,8  | 75,1 | 0,576 | 3,450 | 1,000 | 1,00 | 108,61 |
| C      | Pradera natural          | 100   | 1,2  | 65,8 | 0,663 | 0,178 | 0,011 | 1,00 | 0,09   |
| D      | Pradera natural (2º año) | 50    | 1,2  | 65,8 | 0,319 | 0,196 | 0,026 | 1,00 | 0,11   |
| E      | Pradera natural (1º año) | 250   | 8,2  | 65,3 | 0,501 | 1,973 | 0,056 | 1,00 | 3,61   |
| F      | Pradera natural          | 200   | 2,6  | 64,9 | 0,389 | 0,453 | 0,011 | 1,00 | 0,11   |
| G      | Pradera natural          | 300   | 1,8  | 64,1 | 0,360 | 0,304 | 0,011 | 1,00 | 0,08   |
| H      | Trigo                    | 400   | 2,6  | 68,2 | 0,427 | 0,666 | 0,380 | 1,00 | 7,37   |

\* : estimaciones obtenidas de (Mitchell y Bubenzer, 1980)

A partir de la información presentada en la Tabla 24 se analizó la importancia de cada factor sobre la erosión bajo las condiciones locales. La correlación ( $R^2$ ) entre la erosión (A) y los factores R, K, LS, y C fue de 0,63; 0,23; 0,87 y 0,92, respectivamente. Bajo estas circunstancias el factor LS y particularmente el factor C tuvieron el mayor impacto sobre la variación en la pérdida de suelo estimada. Aunque K mostró una gran variabilidad su impacto sobre la variable pérdida de suelo fue menor. Este resultado puso nuevamente de manifiesto la importancia de considerar el tipo de cultivo (factor C) y la pendiente (factor S) en la construcción de las variables de decisión de los modelos prediales y microregionales.

Seguidamente se estimó la pérdida de suelo para los demás cultivos y el resto del predio. Para esto último fue necesario tomar los siguientes supuestos:

- i. Todos los potreros eran cuadrados
- ii. La pendiente promedio de la tierra plana, en lomas o en cerros fue 2,5%, 7,5% y 12,5% respectivamente
- iii. Los factores R y K eran constantes para todo el predio

La mayor debilidad de estos supuestos fue el valor constante de K. Sin embargo la alternativa de determinar K para todos los tipos de suelo presentes en un predio no fue posible debido al alto costo de ello y porque también significaría aumentar el número de tipos de suelo en el modelo predial, haciendo difícil la solución de los modelos microregionales y casi imposible la interpretación de los resultados. Por otro lado la baja correlación entre K y A también justificó este supuesto.

El factor de cubierta del suelo (C) fue obtenido de datos tabulares (Tabla 25), ya que no fue posible medirlo en terreno ni estimarlo a partir de la distribución mensual de la erosividad y del porcentaje de suelo descubierto por mes para cada cultivo, como lo sugieren Wischmeier y Smith (1978). Cuando no se hallaron los valores tabulares para ciertos cultivos, fue necesario estimarlos utilizando para ello los supuestos que se indican en la muy precisos Tabla 25.

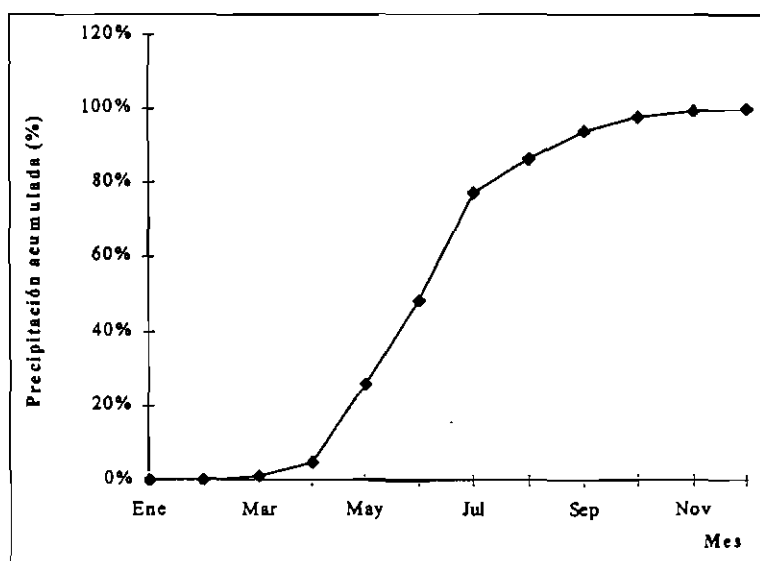
Tabla 25 Valor del factor de cubierta del suelo para cada cultivo y supuestos utilizados en su estimación

| Cultivo                                     | C(%)               | Supuestos                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pradera natural <sup>a</sup>                | 1,1 <sup>c</sup>   | Tierras sin cultivar y sin recubrimiento de copas, 95-100% de cubierta vegetal                                                                                    |
| Pradera de 1 <sup>er</sup> año <sup>b</sup> | 5,6 <sup>d</sup>   | Pradera de 1 <sup>er</sup> año después de trigo convencional                                                                                                      |
| Pradera de 2 <sup>a</sup> año <sup>b</sup>  | 2,6 <sup>e</sup>   | Pradera de 2 <sup>a</sup> año después de trigo convencional                                                                                                       |
| Barbecho                                    | 100,0 <sup>d</sup> | Barbecho continuo en el sentido de la pendiente                                                                                                                   |
| Trigo, avena, avena/falaris                 | 38,0 <sup>d</sup>  | Rotación barbecho/trigo, arado en otoño                                                                                                                           |
| Arvejas, lentejas                           | 51,0 <sup>e</sup>  | Porotos después de maíz, arado convencional de primavera, sobre tierra con residuos y 20% de cubierta de mulch luego de la cosecha                                |
| Avena/trébol                                | 34,2               | Trigo reducido en 10% <sup>f</sup>                                                                                                                                |
| Falaris (2° a 5° año)                       | 2,3 <sup>d</sup>   | Promedio de pradera de 1 <sup>er</sup> y 2° año y pradera natural                                                                                                 |
| Frutillas                                   | 12,0               | Promedio de 60 % de tierra inutilizada sin recubrimiento de copas y 20% de cubierta vegetal <sup>d</sup> , y de 40% de tierra completamente cubierta por plástico |
| Limonas                                     | 8,8 <sup>c</sup>   | Tierra sin cultivar, con árboles de 3 m y 25% de cubierta de copas, y con 60% de cubierta vegetal                                                                 |
| Maíz                                        | 62,0 <sup>d</sup>  | Maíz convencional plantado en otoño y con residuos removidos o quemados                                                                                           |
| Víña                                        | 8,6 <sup>b</sup>   | Tierra sin cultivar, con arbustos de 1,50 m y 25% de cubierta de copas, y con 60% de cubierta vegetal                                                             |
| Eucaliptos de 1 <sup>er</sup> año           | 9,1 <sup>c</sup>   | Pradera permanente sin mucho recubrimiento de copas y con 60% de cubierta vegetal                                                                                 |
| Eucaliptos de 2° año                        | 4,1 <sup>c</sup>   | Tierra sin cultivar, con arbustos de 0,5 m y con 80% de cubierta vegetal                                                                                          |
| Eucaliptos de 3 <sup>er</sup> a 20° año     | 1,1 <sup>c</sup>   | Tierra sin cultivar, con árboles de 2 a 4 m, 25% de recubrimiento de copas de 0,5 m y con 95-100% de cubierta vegetal                                             |

a = Valor utilizado para praderas permanentes; b = Praderas naturalizadas equivalentes a rastrojos de trigo de 1<sup>er</sup> y 2° año; c = Wischmeier y Smith (1978); d = Mitchell y Bubenzer (1980); e = Wischmeier y Smith (1978, pág. 23); f = Reducción debido a la mayor cubierta vegetal que provee el trébol con respecto al trigo

Con respecto al garbanzo, éste no hace uso efectivo del suelo, ya que es parte de una rotación que incluye barbecho y trigo. En otras palabras desde el punto de vista del uso de la tierra, este cultivo no reduce la tierra disponible en el año. Por lo tanto la pérdida de suelo que produce también debió ser expresada en términos de cuanto disminuyó la pérdida de suelo ocasionada por el barbecho. Se estimó que este cultivo cubre entre septiembre y enero en promedio el 60% del suelo. Como en este período sólo cae el 13% de las precipitaciones (Figura 19) se estimó que la pérdida de suelo se verá reducida en un 7,3% comparada con el barbecho tradicional.

Figura 19 Precipitación acumulada mensual para la VI Región



Con relación a los árboles, estos tienen dos efectos sobre la pérdida de suelo. En primer lugar aumentan la superficie cubierta con vegetación o mulch, y en segundo lugar las copas reducen la energía de las lluvias<sup>10</sup>. Ello determinó que fuese necesario utilizar valores diferentes de C para las tres actividades que involucraban eucaliptos.

Finalmente tanto el pastoreo como la producción de carbón reducen la cubierta vegetal, favoreciendo la pérdida de suelo. A pesar de que ambos efectos son complejos y difíciles de medir, ellos se debían considerar, ya que de otro modo se puede generar un plan con cero pérdida de suelo y altas cargas animales y alta producción de carbón, lo que es un contrasentido. De acuerdo a Wischmeier y Smith (1978) para tierras sin cultivar el factor C aumenta de 1,1% a 4,3% cuando la cubierta vegetal es reducida de 95-100% a 80%. Si se asume que C aumenta linealmente con la reducción de la cubierta, entonces consumir 1 kg de forraje de los 1,200 kg/ha disponibles au-

<sup>10</sup> El recubrimiento de copas sólo es relevante cuando la cubierta vegetal a nivel de suelo es menor al 95%.

menta C en 0,0027%. Este valor ponderado por el consumo de MS de cada tipo de animal permitió estimar la erosión inducida por una cabeza animal en cada predio. Para los animales dados en medias también se utilizó el mismo valor ya que igual tienen un efecto sobre la pérdida de suelo.

Para estimar el impacto de la tala de Acacias, se asumió que cada una de ellas cubre 4 m<sup>2</sup> y que cada saco es elaborado con un arbusto. Nuevamente en tierra sin cultivar y con un 20% de cubierta vegetal el factor C aumenta de 22 a 24% cuando el recubrimiento de copas es reducido de 25 a 0% (Wischmeier y Smith, 1978). Ello implica que la producción de un saco de carbón aumenta C en 0,0032%.

Estas dos estimaciones (efecto del pastoreo y efecto de la producción de carbón) debiesen considerar diferentes tipos de suelo (pendientes). Sin embargo ello implica un aumento del tamaño de los modelos, basados en estimaciones bastante groseras y no en valores observables. Por lo tanto se prefirió realizar estas estimaciones para suelos de tipo promedio (lomas).

## **4.7 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS MODELOS OPERATIVOS PREDIALES**

La calibración es el proceso mediante el cual el modelo es ajustado para mejorar su similitud con el mundo real. Estos cambios pueden incluir agregar o quitar restricciones, cambiar coeficientes, cambiar restricciones, etc. Por otro lado la validación es el proceso mediante el cual se determina si un modelo es una representación válida del sistema modelado. Dentro de una perspectiva temporal, los modelos pueden ser evaluados *ex ante* y *ex post*. La evaluación *ex post* evalúa el comportamiento del modelo comparando sus resultados con los resultados observados, mientras que la validación *ex ante* evalúa antes que se tengan resultados reales. Desafortunadamente las validaciones *ex post* pueden ser pocas veces utilizadas debido a su costo y al tiempo que consumen (McCarl, 1984).

### **4.7.1 Calibración de los modelos prediales**

#### **4.7.1.1 Calibración de los cultivos**

Los resultados preliminares indicaron que no existían preferencias de uso de la tierra, según ella fuese plana, lomaje o cerro. Ello no es lógico ya que tierras con mayor pendiente involucran mayor trabajo y probablemente menor productividad, debido a pérdida de suelo ocurrida en el pasado. Por ello y debido a la falta de datos de terreno, se debió asumir que para cualquier cultivo y en relación a la tierra plana, las lomas (cerros) producen 5% (10%) menos y requieren 5% (10%) más de mano de obra. Todos los demás insumos se utilizaron en igual cantidad.

#### 4.7.1.2 Calibración del balance forrajero

Debido a que tanto el consumo como la producción de MS fueron estimados a partir de información secundaria se puso especial énfasis en determinar si bajo las condiciones actuales existía superávit o déficit de forraje en cada uno de los predios. De hecho los predios B, E y F presentaban déficits de MS. Es decir la producción estimada era entre 5 y 10 t menor que el consumo estimado. Por lo tanto para estos predios la productividad de la pradera fue aumentada en 10 a 20% con el fin de reducir el déficit al mínimo. Por otro lado, y a pesar de que el predio C presentaba un considerable superávit de forraje, este se mantuvo, ya que el campesino estaba consciente de dicho superávit. Debido a restricciones de presupuesto él no estaba en condiciones de comprar bovinos.

#### 4.7.1.3 Calibración del flujo de caja

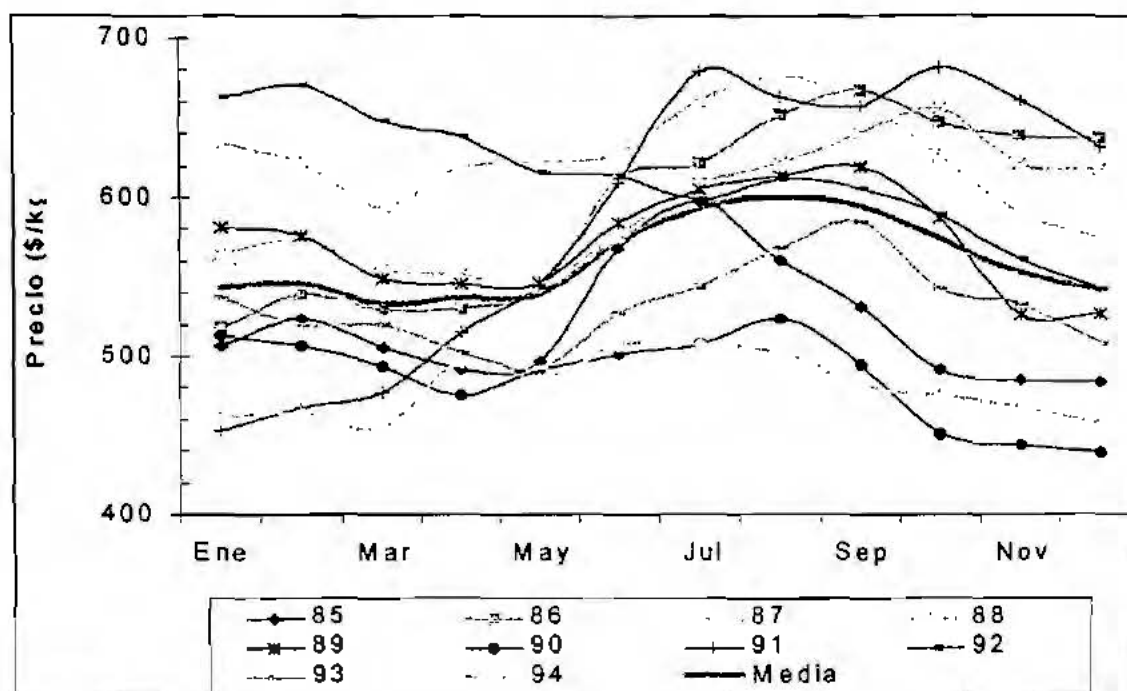
Inicialmente los modelos prediales consideraron que la venta de novillos se producía sólo durante septiembre y octubre, determinando que muchos predios tuviesen fuertes restricciones de capital durante agosto y septiembre. Sin embargo bajo condiciones reales, los productores pueden vender novillos durante todo el año, aunque a menores precios, para cubrir sus déficits de caja. Por lo tanto se introdujo una mayor flexibilidad en la venta de novillos permitiendo su venta mensual (Ecuación [3.23]). Sin embargo esta modificación requirió considerar la variación mensual de los precios del ganado. Debido a que no se encontraron series de precios para el área en estudio, se calcularon índices<sup>11</sup> de variación mensual a partir de los precios promedios observados en Santiago (Figura 20). Luego este índice mensual fue aplicado para generar variabilidad en los precios observados localmente. Se debe indicar que para el caso de los novillos dados y tomados en medias se mantuvo una fecha fija de venta. Tampoco se permitió la venta diferida de productos agrícolas, debido a la falta de capacidad de almacenamiento.

Esta modificación significó que además los predios con bovinos pudiesen reducir fuertemente sus necesidades de capital de trabajo (Sección 4.7.1.4).

---

<sup>11</sup> A los precios en junio se les asignó un valor de 100% y los demás meses se expresaron en relación a ese mes.

Figura 20 Variación mensual del precio del novillo vivo en ferias de Santiago  
(en \$ de marzo, 1995)



Fuente: ODEPA, 1995

#### 4.7.1.4 Calibración del capital de trabajo

De acuerdo a la encuesta, seis campesinos dependían exclusivamente del préstamo INDAP para la compra de semillas y fertilizantes, pero de acuerdo a los resultados del modelo también utilizaban capital propio. Ello se debía a que disponían de suficiente capital de trabajo. Por lo tanto, para reflejar la situación real de falta de capital, se procedió a disminuir en estos predios el capital de trabajo, hasta que todas las semillas y fertilizantes fuesen comprados con crédito (Tabla 26). De esta forma fue posible reducir el capital de trabajo del predio B en 63,9% con una reducción de sólo 1,2% del MB. Este pequeño impacto se debió a que se adecuó el plan de ventas de novillos. Algo similar sucedió en los predios C, F y G en los que las reducciones de capital de trabajo fueron 15,1%, 18,0% y 5,3%, respectivamente, con una disminución del MB de sólo 0,59%, 0,49% y 0,10%, respectivamente.

Tabla 26 Cambios en margen bruto y forma de compra de semillas y fertilizantes frente a una reducción en el capital de trabajo (\$ Marzo 1995)

| Predio | Situación | Capital de trabajo | Margen bruto | Compra de semillas y fertilizantes con ... |         |
|--------|-----------|--------------------|--------------|--------------------------------------------|---------|
|        |           |                    |              | Capital propio                             | Crédito |
| B      | Inicial   | 754.617            | 2.795.614    | 303.110                                    | 0       |
|        | Final     | 272.165            | 2.764.290    | 0                                          | 339.110 |
| C      | Inicial   | 957.864            | 1.819.002    | 143.808                                    | 569.291 |
|        | Final     | 808.055            | 1.808.214    | 0                                          | 713.098 |
| F      | Inicial   | 1.095.899          | 3.013.186    | 196.752                                    | 137.908 |
|        | Final     | 899.147            | 2.998.430    | 0                                          | 334.660 |
| G      | Inicial   | 741.476            | 2.865.575    | 38.952                                     | 175.932 |
|        | Final     | 702.524            | 2.862.654    | 0                                          | 214.884 |

Un caso diferente se dio en el predio E en que la reducción del capital de trabajo también afectó el número de animales en el predio (Tabla 27). Para determinar el mínimo absoluto de capital de trabajo, el modelo predial fue formulado de tal forma que no permitiese la posibilidad de dar animales en medias y quitando el límite al número de animales que pudiese tener. El capital de trabajo pudo ser reducida a un 12,7% del valor inicial, mientras que el MB era aún 69,5% del original. El nuevo plan, hacía un gran uso de bovinos y ovinos, así como también de forraje comprado. Estos resultados confirman la importancia del ganado en los casos en que las fuentes de capital son escasas, ya que el ganado puede ser vendido cuando se requiera de efectivo. Además al utilizar pocos insumos su mantención es independiente de la disponibilidad de capital. Es decir no cae en el círculo vicioso de no poder producir por no tener capital y no tener capital por no poder producir.

Tabla 27 Cambio en MB y algunas variables de decisión al reducir el capital de trabajo del predio E

| Iteración | Capital de trabajo (\$) | MB (\$)   | Capital propio (\$) | Crédito (\$) | Ovejas (n) | Vacas (n) | Alfalfa (kg) |
|-----------|-------------------------|-----------|---------------------|--------------|------------|-----------|--------------|
| 1         | 1.226.195               | 4.547.634 | 631.879             | 384.013      | 10,79      | 20,00     | 3.000        |
| 2         | 594.316                 | 4.469.788 | 743                 | 1.025.025    | 10,22      | 20,00     | 3.000        |
| 3         | 593.573                 | 4.468.040 | 41                  | 1.025.025    | 10,19      | 20,00     | 3.000        |
| 4         | 539.532                 | 4.467.943 | 3                   | 1.025.025    | 10,19      | 20,00     | 3.000        |
| 5         | 593.529                 | 4.467.936 | 0                   | 1.025.025    | 10,19      | 20,00     | 3.000        |
| 6         | 593.529                 | 4.342.377 | 13.367              | 1.025.025    | 62,72      | 13,31     | 5.556        |
| Mín.      | 155.766                 | 3.159.951 | 13.367              | 1.025.025    | 62,72      | 22,48     | 47.668       |

Nota: la iteración 6 y Mín. fueron obtenidos cuando se eliminaron las restricciones al número de animales

#### 4.7.2 Validación de los modelos prediales

Para juzgar si un modelo de programación lineal es válido, se deben validar sistemáticamente los valores óptimos de las variables de decisión, las variables duales y los valores de la función objetivo. Por otro lado, los modelos se deben validar tanto desde el punto de vista de su construcción como de sus resultados. La validación de la construcción de los modelos, es decir que el modelo refleje procesos y relaciones observadas en la realidad, se basa en la experiencia, precedencia y teoría, utilizando valores observados en la realidad o estimaciones científicas. El problema que este tipo de validez puede solamente ser asumida, no probada. La validación de los resultados, consiste en comparar los resultados del modelo con observaciones obtenidas bajo condiciones similares. Primero se define un conjunto de parámetros que describen la situación y luego se analizan los resultados bajo dicho escenario. Luego se aplican los parámetros en el modelo y se ve la correspondencia entre lo observado y los resultados del modelo. Cualquiera de las siguientes pruebas puede ser usada (McCarl y Apland, 1986):

- i. Prueba de factibilidad: Se analiza si al reemplazar las variables de decisión con sus valores observados se generan soluciones factibles
- ii. Prueba de cantidad: Se analizan los precios sombra luego de restringir la oferta y demanda a niveles actuales y quitar todos los precios del modelo
- iii. Prueba de predicción: Se fijan los parámetros a los niveles actuales y se observa si la solución se ajusta a la realidad
- iv. Prueba de cambio: Se analizan los cambios que se producen en el modelo al cambiar ciertos parámetros y se comparan esos resultados con los cambios producidos en la realidad
- v. Prueba de seguimiento: El modelo es resuelto varias veces con parámetros que representan cambios en el tiempo y luego comparado con cambios históricos en la realidad

Las pruebas de validación realizadas para los modelos prediales fueron las de factibilidad y de predicción. Las demás pruebas no pudieron ser realizadas, principalmente debido a la falta de información histórica y relativa a los precios sombras. La prueba de factibilidad sólo consideró variables de decisión observadas (por ejemplo no el flujo de capital) y analizó si ciertas restricciones fueron violadas. La prueba de predicción comparó los resultados óptimos generados a través del modelo con los valores observados en terreno. En ambas pruebas, se determinó si existían diferencias y en caso de ser así se analizó la causa de estas diferencias y se determinó si era posible corregirlas.

#### 4.7.2.1 Validación del modelo predial A

La prueba de factibilidad indicó que se violaban restricciones de rotación (trigo/garbanzo para plano y lomas) debido a que el tamaño de los potreros no permite rotaciones perfectamente balanceadas. Además como tenía un rebaño pequeño también se violaba la restricción de destete. Durante agosto la utilización de trabajo fue mayor a la disponibilidad, lo que implica que algunas actividades probablemente son realizadas a fines de julio o principios de septiembre. Una solución a este problema sería incorporar la posibilidad de desplazar actividades (Arias, 1993), lo que implica un considerable aumento en el tamaño de los modelos. Además se observó que existe un déficit de forraje de 646 kg durante la Estación II.

La optimización del modelo A generó un plan (Tabla 28<sup>12</sup>) con un MB de \$ 554.037, superior en un 6,6% al observado, debido a una mayor superficie bajo trigo y la crianza de ganado en el predio. Lo último debido a que la mayor disponibilidad de forraje (paja de trigo) permite mantener los animales en vez de darlos en mediería. Ello también redujo las necesidades de capital de trabajo.

---

<sup>12</sup> En la Tabla 28 a la 35 (es decir las referentes a la validación de los modelos) se presentan sólo las variables de decisión observables que presentaron diferencias entre los resultados del modelo y los valores observados.

Tabla 28 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial A

|                         |     | Observado | Modelo  | Cambio  |
|-------------------------|-----|-----------|---------|---------|
| MB                      | \$  | 513.001   | 554.038 | 41.037  |
| Barbecho: plano, tomado | ha  | 0,78      | 1,57    | 0,79    |
| Trigo: plano, tomado    | ha  | 1,57      | 1,57    |         |
| Garbanzo: plano, tomado | ha  | 0,78      | 0,52    | -0,26   |
| Barbecho: loma, tomado  | ha  | 0,78      | 1,57    | 0,79    |
| Trigo: loma, tomado     | ha  | 1,57      | 1,57    |         |
| Garbanzo: loma, tomado  | ha  | 0,78      | 0,52    | -0,26   |
| Trigo: cerro, tomado    | ha  |           | 1,57    | 1,57    |
| Barbecho: cerro, tomado | ha  | 3,13      | 1,57    | -1,57   |
| Garbanzo: cerro, tomado | ha  |           | 0,52    | 0,52    |
| Oveja                   | cbz | 2,00      | 2,00    |         |
| Borrega                 | cbz |           | 0,40    | 0,40    |
| Cordero                 | cbz | 2,00      | 1,62    | -0,38   |
| Vaca: propia            | cbz |           | 0,12    | 0,12    |
| Vaquilla: propia        | cbz |           | 0,02    | 0,02    |
| Novillo: propia         | cbz |           | 0,09    | 0,09    |
| Vaca: dada              | cbz | 2,00      | 1,88    | -0,12   |
| Vaquilla: dada          | cbz |           | 0,28    | 0,28    |
| Novillo: dada           | cbz | 1,00      | 1,39    | 0,39    |
| Trigo: venta            | kg  | 4.272     | 5.444   | 1.172   |
| Garbanzo: venta         | kg  | 798       | 779     | - 19    |
| Novillo: venta (Ago.)   | cbz |           | 0,07    | 0,07    |
| Capital de trabajo      | \$  | 60.934    | 56.174  | - 4.760 |

#### 4.7.2.2 Validación del modelo predial B

La prueba de factibilidad mostró que tenía menos barbecho que el requerido para cultivar la superficie observada de trigo y arvejas, por lo que las filas que definían la relación entre barbecho y los cultivos no eran respetadas. El modelo también sobrestimaba el número de novillos y subestimaba el número de corderos.

En la solución óptima las arvejas y la avena cultivada en plano fueron reemplazadas por lentejas. Además se observaron ajustes en las superficies bajo trigo, garbanzos, barbecho y praderas para satisfacer las restricciones rotacionales (Tabla 29). En las lomas, las arvejas también fueron reemplazadas por lentejas y las superficies bajo los demás cultivos ajustadas a estos cambios. El reemplazo de arvejas se debió a la incapacidad del campesino de vender las arvejas en fresco, como era su intención, obteniendo por ello un margen bruto inferior al presupuestado. La inexis-

tencia de alternativas para superficies en cerros determinó que los resultados fuesen idénticos a lo observado. Sólo se observaron pequeñas diferencias en las actividades ganaderas. El número de vacas fue mayor para satisfacer necesidades de capital y el número de ovejas menor para balancear producción de forraje con su consumo.

Tabla 29 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial B

| MB                    |      | Observado | Modelo    | Cambio   |
|-----------------------|------|-----------|-----------|----------|
|                       | \$   | 2.562.962 | 2.764.290 | 201.328  |
| Barbecho: plano       | ha   | 4,03      | 4,62      | 0,59     |
| Trigo: plano          | ha   | 4,03      | 4,62      | 0,59     |
| Garbanzo: plano       | ha   | 1,24      | 1,54      | 0,30     |
| Lentejas: plano       | ha   |           | 1,54      | 1,54     |
| Arvejas: plano        | ha   | 1,00      |           | -1,00    |
| Pradera: plano        | ha   | 9,00      | 9,23      | 0,23     |
| Avena: plano          | ha   | 1,00      |           | -1,00    |
| Barbecho: lomas       | ha   | 3,00      | 3,46      | 0,46     |
| Trigo: lomas          | ha   | 3,00      | 3,46      | 0,46     |
| Garbanzo: lomas       | ha   | 1,00      | 1,15      | 0,15     |
| Lentejas: lomas       | ha   |           | 1,15      | 1,15     |
| Arvejas: lomas        | ha   | 1,00      |           | -1,00    |
| Pradera: lomas        | ha   | 9,00      | 6,92      | -2,08    |
| Pradera: cerro        | ha   | 40,00     | 40,00     |          |
| Oveja                 | cbz  | 61,00     | 50,64     | -10,36   |
| Cordero               | cbz  | 54,00     | 41,02     | -12,98   |
| Borrega               | cbz  | 13,00     | 10,13     | -2,87    |
| Vaca                  | cbz  | 7,00      | 9,04      | 2,04     |
| Vaquilla              | cbz  | 1,05      | 1,35      | 0,30     |
| Novillo               | cbz  | 5,60      | 6,69      | 1,09     |
| Novillo: venta (Jun.) | cbz  |           | 1,81      | 1,81     |
| Novillo: venta (Jul.) | cbz  |           | 1,77      | 1,77     |
| Novillo: venta (Ago.) | cbz  |           | 1,75      | 1,75     |
| Novillo: venta (Oct.) | cbz  | 5,60      |           | -5,60    |
| Capital de trabajo    | \$   | 789.577   | 272.165   | -517.412 |
| Crédito INDAP         | \$   | 458.870   | 339.110   | -119.760 |
| M/O contratada (Ene.) | días |           | 21,25     | 21,25    |

Para este predio se analizó además la sensibilidad de esta solución a cambios de precios en el ganado ovino. Se observó que una disminución del 10% en el precio de los corderos resultó en el

reemplazo de la mayoría de las ovejas por corderos, dejando sólo ovejas para autoconsumo. Por lo tanto la mezcla observada de ovinos y bovinos puede ser interpretada como una estrategia para reducir el riesgo económico, asumiendo que los precios no están altamente correlacionados. De acuerdo a los datos, la correlación entre ambos para la serie de 10 años fue de 38%.

Con respecto a la diferencias en el mes de venta de los novillos, ellas se pueden deber a que no existen a nivel local variaciones mensuales de precio o a necesidades particulares por efectivo durante el año en que se realizó la encuesta. Además, debido a limitaciones de información asociada a la complejidad de su consideración, el modelo asumió que los novillos se pueden vender en cualquier mes, independiente de su peso y edad.

#### 4.7.2.3 Validación del modelo predial C

En este predio la prueba de factibilidad también violó las restricciones rotacionales para trigo/barbecho y trigo/pradera, lo que nuevamente resalta la dificultad de modelar restricciones rotacionales cuando el tamaño de los potreros es fijo. El MB observado fue un 12% superior que el óptimo, debido a que el programa observado no estaba respetando las rotaciones (Tabla 30). La carga animal en el predio fue inferior a la óptima, lo que coincidió con la percepción del campesino, el que deseaba aumentar su masa animal con bovinos debido a la menor probabilidad de robo.

Tabla 30 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial C

|                    |     | Observado | Modelo    | Cambio   |
|--------------------|-----|-----------|-----------|----------|
| MB                 | \$  | 2.040.501 | 1.808.217 | -232.284 |
| Barbecho: plano    | ha  | 3,00      | 3,00      |          |
| Trigo: plano       | ha  | 4,00      | 3,00      | -1,00    |
| Pradera: plano     | ha  | 5,00      | 6,00      | 1,00     |
| Barbecho: loma     | ha  | 4,03      | 7,00      | 2,97     |
| Trigo: loma        | ha  | 8,00      | 7,00      | -1,00    |
| Pradera: loma      | ha  | 15,97     | 14,00     | -1,97    |
| Oveja              | cbz | 20,00     | 38,02     | 18,02    |
| Borrega            | cbz | 4,00      | 7,60      | 3,60     |
| Cordero            | cbz | 18,00     | 30,89     | 12,80    |
| Capital de trabajo | \$  | 941.784   | 808.056   | -133.729 |
| Crédito INDAP      | \$  | 855.720   | 713.099   | -142.621 |

#### 4.7.2.4 Validación del modelo predial D

Como el plan actual tampoco respeta las rotaciones, la prueba de predicción indicó que tanto la tierra dada en medias (plano y lomas) como el MB eran superiores a lo predicho por el modelo (Tabla 31). El predio podría de acuerdo a ello también aumentar su carga animal.

Tabla 31 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial D

|                       |     | Observado | Modelo  | Cambio  |
|-----------------------|-----|-----------|---------|---------|
| MB                    | \$  | 480.399   | 443.400 | -36.999 |
| Barbecho: plano, dado | ha  | 2,35      | 3,00    | 0,65    |
| Trigo: plano, dado    | ha  | 3,91      | 3,00    | -0,91   |
| Pradera: plano, dado  | ha  | 5,74      | 6,00    | 0,26    |
| Barbecho: loma, dado  | ha  | 2,34      | 3,00    | 0,66    |
| Trigo: loma, dado     | ha  | 3,90      | 3,00    | -0,90   |
| Pradera: loma, dado   | ha  | 5,76      | 6,00    | 0,24    |
| Oveja                 | cbz | 20,00     | 26,11   | 6,11    |
| Borrega               | cbz | 4,00      | 5,22    | 1,22    |
| Cordero               | cbz | 18,00     | 21,15   | 3,15    |
| Capital propio        | \$  | 0         | 9.399   | 9.399   |
| Crédito INDAP         | \$  | 230.520   | 167.697 | -62.823 |

#### 4.7.2.5 Validación del modelo predial E

La prueba de factibilidad mostró una pequeña violación de la restricción de uso de mano de obra en septiembre. Además como la superficie bajo trigo fue menor a la observada en una rotación balanceada, las relaciones entre trigo y praderas tampoco fueron respetadas.

La solución óptima (Tabla 32) presentó más área bajo trigo y menos con praderas, por lo que requiere mayor mano de obra en septiembre para preparar el barbecho y un mayor crédito de INDAP. A su vez más trigo implicó más MS y por lo tanto aumentó la carga animal, disminuyendo el número de animales dados en medias. Para cubrir los déficits de efectivo se venden novillos en agosto y septiembre.

#### 4.7.2.6 Validación del modelo predial F

La prueba de factibilidad violó las relaciones trigo/garbanzo para tierra dada en mediería, subestimándola para tierra propia. Como los eucaliptos habían sido plantados hace 1 y 2 años, las relaciones entre los tres tipos de árboles tampoco se podían cumplir. Tampoco se respetaron las relaciones vaca/novillo, ya que este predio tenía una tasa de destete más alta que el promedio.

Tabla 32 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial E

|                        |       | Observado | Modelo    | Cambio   |
|------------------------|-------|-----------|-----------|----------|
| MB                     | \$    | 4.030.589 | 4.475.771 | 445.182  |
| Barbecho: plano        | ha    | 7,50      | 9,50      | 2,00     |
| Trigo: plano           | ha    | 7,50      | 9,50      | 2,00     |
| Pradera: plano         | ha    | 23,00     | 19,00     | -4,00    |
| Barbecho: loma         | ha    | 7,50      | 9,29      | 1,79     |
| Trigo: loma            | ha    | 7,50      | 9,29      | 1,79     |
| Pradera: loma          | ha    | 24,00     | 19,42     | -4,58    |
| Oveja: propio          | cbz   |           | 20,00     | 20,00    |
| Borrega: propio        | cbz   |           | 4,00      | 4,00     |
| Cordero: propio        | cbz   |           | 16,20     | 16,20    |
| Oveja: dado            | cbz   | 20,00     |           | -20,00   |
| Borrega: dado          | cbz   | 4,00      |           | -4,00    |
| Cordero: dado          | cbz   | 18,00     |           | -18,00   |
| Vaca: propio           | cbz   | 20,00     | 18,66     | -1,34    |
| Vaquilla: propio       | cbz   | 3,00      | 2,80      | -0,20    |
| Novillo: propio        | cbz   | 16,00     | 13,81     | -2,19    |
| Vaca: dado             | cbz   |           | 1,34      | 1,34     |
| Vaquilla: dado         | cbz   |           | 0,20      | 0,20     |
| Novillo: dado          | cbz   |           | 0,99      | 0,99     |
| Trigo: venta           | kg    | 40.682    | 51.487    | 10.805   |
| Paja: venta            | fardo | 80,00     | 80,00     |          |
| Corderos: venta        | cbz   | 7,00      | 12,20     | 5,20     |
| Novillos: venta (Jun.) | cbz   |           | 1,24      | 1,24     |
| Novillos: venta (Jul.) | cbz   |           | 3,30      | 3,30     |
| Novillos: venta (Ago.) | cbz   |           | 6,86      | 6,86     |
| Novillos: venta (Oct.) | cbz   | 13,00     |           | -13,00   |
| Capital de trabajo     | \$    | 1.226.195 | 593.529   | -632.666 |
| Crédito INDAP          | \$    | 802.020   | 1.002.525 | 200.505  |
| M/O contratada (Sep.)  | días  |           | 14,93     | 14,93    |

En este sistema el uso y la disponibilidad de trabajo fueron uno de los aspectos más importantes. En la solución óptima del modelo original, en el cual el campesino trabaja todos los días en el predio y contrataba un ayudante cinco días al mes, toda la tierra era trabajada por el campesino, existiendo un superávit considerable de trabajo. Sin embargo en la realidad el campesino daba tierras en media, lo que es un signo de la falta de mano de obra. Por lo tanto se diseñaron dos escenarios de disponibilidad de mano de obra, en los cuales ésta era reducida al 75 y 50% de lo ini-

cialmente disponible. Para cada modelo se realizó la prueba de la predicción, para determinar cual era el de mejor ajuste (Tabla 33).

Tabla 33 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial F bajo tres escenarios de disponibilidad de trabajo

| MB                          | \$   | Observado | Disponibilidad de mano de obra |           |           |
|-----------------------------|------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|
|                             |      |           | 100%                           | 75%       | 50%       |
|                             |      | 3.024.653 | 3.532.474                      | 3.313.611 | 2.998.430 |
| Barbecho: plano, propio     | ha   | 2,50      | 4,91                           | 5,00      | 5,00      |
| Trigo: plano, propio        | ha   | 2,50      | 4,91                           | 5,00      | 5,00      |
| Garbanzo: plano, propio     | ha   |           | 1,64                           | 1,67      | 1,67      |
| Viña: plano, propio         | ha   | 0,50      | 0,38                           |           |           |
| Avena/trébol: plano, propio | ha   | 0,50      |                                |           |           |
| Pradera: plano, propio      | ha   | 9,56      | 9,81                           | 10,00     | 10,00     |
| Barbecho: plano, dado       | ha   | 2,35      |                                |           |           |
| Trigo: plano, dado          | ha   | 2,09      |                                |           |           |
| Garbanzo: plano, dado       | ha   | 2,35      |                                |           |           |
| Pradera: plano, tomado      | ha   | 12,00     | 12,00                          | 12,00     | 12,00     |
| Barbecho: loma, propio      | ha   | 1,25      | 2,50                           | 2,50      | 1,37      |
| Trigo: loma, propio         | ha   | 1,25      | 2,50                           | 2,50      | 1,37      |
| Garbanzo: loma, propio      | ha   |           | 0,83                           | 0,83      | 0,46      |
| Avena/trébol: loma, propio  | ha   | 0,50      |                                |           |           |
| Pradera: loma, propio       | ha   | 4,79      | 5,00                           | 5,00      | 5,00      |
| Barbecho: loma, dado        | ha   | 1,17      |                                |           | 1,13      |
| Trigo: loma, dado           | ha   | 1,04      |                                |           | 1,13      |
| Garbanzo: loma, dado        | ha   | 1,17      |                                |           | 0,38      |
| Pradera: cerro, propio      | ha   | 10,00     | 12,00                          | 12,00     | 12,00     |
| Eucalipto: cerro (año 1)    | ha   | 1,00      |                                |           |           |
| Eucalipto: cerro (año 2)    | ha   | 1,00      |                                |           |           |
| Oveja                       | cbz  | 50,00     | 87,09                          | 88,23     | 88,23     |
| Cordero                     | cbz  | 45,00     | 70,54                          | 71,47     | 71,47     |
| Vaca: propio                | cbz  | 6,00      | 0,00                           | 0,00      | 0,00      |
| Novillo: propio             | cbz  | 4,80      | 0,00                           | 0,00      | 0,00      |
| Vaca: tomado                | cbz  | 5,00      | 5,00                           | 5,00      | 5,00      |
| Novillo: tomado             | cbz  | 4,00      | 3,70                           | 3,70      | 3,70      |
| Novillo: venta (Oct.)       | cbz  | 3,90      |                                |           |           |
| Carbón: producción (Ago.)   | saco | 100,00    | 157,22                         | 141,50    | 102,50    |
| Carbón: producción (Sep.)   | saco | 100,00    | 42,78                          | 19,00     |           |
| Capital de trabajo          | \$   | 1.095.899 | 834.051                        | 899.147   | 899.147   |
| Crédito INDAP               | \$   | 318.571   | 356.435                        | 361.005   | 334.660   |
| M/O contratada (Ago., Sep.) | días | 5,00      | 5,00                           | 5,00      | 5,00      |

Los resultados mostraron que una serie de cambios ocurrían a medida que la mano de obra se hacía más escasa. En primer lugar abandonó el cultivo de eucaliptos, debido a la alta demanda de

mano de obra que tienen durante la plantación, la que coincide con las tareas de preparación del barbecho. Luego abandonó las viñas, lo que de hecho era una posibilidad que el campesino estaba estudiando (él ya había reducido el área bajo viñas a la mitad). Finalmente daba tierras en media para la producción de trigo y garbanzo. A través de toda esta secuencia la producción de carbón era primero ajustada mensualmente y luego reducida para adecuarse a la disponibilidad de mano de obra.

Debido a que el modelo con 50% de disponibilidad de mano de obra presentó el mejor ajuste con la realidad, se decidió utilizarlo para el análisis de las políticas de desarrollos. Además tres razones empíricas sugirieron que éste era el mejor modelo. En primer lugar, el campesino estaba dando tierras en medias para cultivo y tomado tierras en medias para ganadería, cambiando en su plan de actividades una actividad que hace uso intensivo de trabajo por una que hace uso extensivo de ella. En segundo lugar, el modelo sugirió el abandono de la viña, lo que estaba siendo considerado por el campesino. Y en tercer lugar se produjo una menor producción de carbón, lo que era una alternativa factible, ya que las encuestas se realizaron en julio y agosto y la producción aún podía llegar a ser menor que la del año anterior. Reducir la producción de carbón a la mitad le significaría ahorrar 20 días de mano de obra.

#### 4.7.2.7 Validación del modelo predial G

La restricción de barbecho/trigo y la relación oveja/cordero no fueron respetadas en la prueba de factibilidad, fundamentalmente debido a que como se mencionó anteriormente el año anterior no se había producido trigo. En la prueba de predicción el plan óptimo se basaba en el cultivo de trigo y el máximo posible de tomates en invernadero, mientras que las lomas se plantaban casi exclusivamente con eucaliptos (Tabla 34). No se hacía uso de praderas artificiales y el número de ovejas era adecuado a la disponibilidad de forraje. La producción de carbón se traspasaba desde meses con alta demanda por mano de obra a meses con baja demanda.

#### 4.7.2.8 Validación del modelo predial H

Sólo la relación oveja/borrega fue violada en la prueba de factibilidad, debido al pequeño número de animales que poseía. La solución óptima logró un aumento ligero en el MB a través de una reducción del trigo en lomas y un aumento del trigo en plano (Tabla 35). Parte de la tierra y del trabajo disponible no fueron utilizados, debido a que el capital de trabajo actuaba como limitante.

Tabla 34 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial G

| MB                         | \$                | Observado<br>2.101.844 | Modelo<br>2.862.654 | Cambio<br>760.810 |
|----------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|-------------------|
| Barbecho: plano            | ha                | 1,87                   | 3,59                | 1,72              |
| Trigo: plano               | ha                | 1,87                   | 3,59                | 1,72              |
| Avena: plano               | ha                | 1,00                   |                     | -1,00             |
| Avena/falaris: plano       | ha                | 1,50                   |                     | -1,50             |
| Pradera: plano             | ha                | 11,70                  | 10,76               | -0,94             |
| Limón                      | matas             | 9,00                   |                     | -9,00             |
| Tomate primor (Ago.)       | 500m <sup>2</sup> | 0,50                   | 1,20                | 0,70              |
| Tomate tardío (Sep.)       | 500m <sup>2</sup> | 0,50                   |                     | -0,50             |
| Barbecho: loma             | ha                | 1,25                   | 0,45                | 0,80              |
| Trigo: loma                | ha                | 1,25                   | 0,45                | 0,80              |
| Pradera: loma              | ha                | 5,50                   | 1,34                | 4,16              |
| Eucalipto: loma, año 1     | ha                | 2,00                   | 0,49                | 1,51              |
| Eucalipto: loma, año 2     | ha                | 2,00                   | 0,49                | 1,51              |
| Eucalipto: loma, años 3-20 | ha                |                        | 8,80                | 8,80              |
| Oveja                      | cbz               | 6,00                   | 19,64               | 13,64             |
| Cordero                    | cbz               | 5,40                   | 15,90               | 10,50             |
| Carbón: producción (Feb.)  | saco              | 50,00                  | 34,84               | 15,16             |
| Carbón: producción (Mar.)  | saco              | 50,00                  | 64,84               | 14,84             |
| Carbón: producción (Abr.)  | saco              | 50,00                  | 64,77               | 14,77             |
| Carbón: producción (Mayo)  | saco              | 50,00                  | 68,10               | 18,10             |
| Carbón: producción (Jun.)  | saco              | 50,00                  | 64,77               | 14,77             |
| Carbón: producción (Jul.)  | saco              | 50,00                  | 37,77               | 12,23             |
| Carbón: producción (Ago.)  | saco              | 50,00                  | 38,88               | 11,12             |
| Carbón: producción (Sep.)  | saco              | 50,00                  | 26,03               | 23,97             |
| Capital de trabajo         | \$                | 741.476                | 702.524             | 38.952            |
| Crédito INDAP              | \$                | 253.733                | 214.884             | 38.849            |

Tabla 35 Comparación entre los valores observados y óptimos de las principales variables de decisión del modelo predial H

|                           |      | Observado | Modelo    | Cambio |
|---------------------------|------|-----------|-----------|--------|
| MB                        | \$   | 1.512.814 | 1.529.106 | 16.292 |
| Barbecho: plano, tomado   | ha   | 4,69      | 4,75      | 0,06   |
| Trigo: plano, tomado      | ha   | 4,69      | 4,75      | 0,06   |
| Barbecho: loma, tomado    | ha   | 4,69      | 4,41      | -0,28  |
| Trigo: loma, tomado       | ha   | 4,69      | 4,41      | -0,28  |
| Oveja: dado               | cbz  | 5,00      | 5,00      |        |
| Cordero: dado             | cbz  | 5,00      | 4,05      | -0,95  |
| Vaca: dada                | cbz  | 3,00      | 3,00      |        |
| Novillo: dado             | cbz  | 2,00      | 2,22      | 0,22   |
| Trigo: venta              | kg   | 12.425    | 10.146    | -2.279 |
| Carbón: producción (Mayo) | saco | 25,00     |           | -25,00 |
| Carbón: producción (Jun.) | saco | 25,00     |           | -25,00 |
| Carbón: producción (Jul.) | saco | 25,00     |           | -25,00 |
| Carbón: producción (Ago.) | saco | 25,00     | 100,00    | 75,00  |
| M/O extrapredial          | días | 26,00     | 26,00     |        |
| M/O transferida (Mayo)    | días | 5,00      | 1,00      | -4,00  |
| M/O transferida (Ago.)    | días |           | 9,00      | 9,00   |

## 4.8 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO OPERATIVO MICROREGIONAL

Tal como se mencionó anteriormente, el modelo microregional fue construido a través de la agregación de las restricciones y funciones objetivo de los ocho modelos prediales. Para ello fue necesario determinar los ponderadores de cada predio en las funciones objetivo. En primer lugar se asumió que el MB microregional fue igual a la suma de los MB prediales. Por lo tanto los ponderadores para cada predio correspondieron al número de predios incluidos en cada uno de los sistemas de producción. En el caso de la pérdida de suelo se siguió un procedimiento distinto, ya que el aporte de cada sistema de producción a la erosión microregional estaba dada por su superficie y no su número. Por lo tanto la superficie de cada predio representativo fue multiplicada por la relación entre la superficie total de los sistemas de producción dividido por el área del predio representativo. Por lo tanto la contribución de cada predio al MB y la pérdida de suelo microregionales fue distinta (Tabla 36). De esta forma la contribución de los predios A y H a la pérdida de suelo microregional fue aproximadamente el doble de su aporte al MB microregional, mientras que para el predio F fue casi la mitad. Con respecto al aporte de cada predio a la distribución del ingreso, se asumió que también era igual al número de predios en cada sistema de producción.

Tabla 36 Ponderadores utilizados en las funciones objetivo microregionales para cada uno de los predios representativos

| Función objetivo | Sistema de producción |      |       |      |      |      |       |       |
|------------------|-----------------------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
|                  | A                     | B    | C     | D    | E    | F    | G     | H     |
| MB               | 4                     | 4    | 11    | 7    | 5    | 4    | 7     | 11    |
| Erosión          | 10,95                 | 4,09 | 15,53 | 7,02 | 4,84 | 2,18 | 10,76 | 19,08 |

Con respecto a las restricciones microregionales en una primera fase no se realizaron modificaciones ni se agregaron restricciones adicionales, por lo que la solución óptima microregional corresponde a la suma ponderada de las soluciones prediales.

Tal como se mencionó anteriormente, el MB y la erosión microregionales, corresponden a la suma ponderada de los resultados a nivel predial: En la Tabla 37 se presentan los resultados para estos modelos cuando se maximizó el margen bruto. Sólo cuatro predios (A, C, D y H) contribuyen a la variable diferencia de ingreso, ya que eran los que tenían ingresos inferiores al promedio ponderado de los predios.

Tabla 37 Solución óptima para el modelo microregional sin intervención

| Modelo        | MB (\$)     | Erosión (t) | Dif. ingreso |
|---------------|-------------|-------------|--------------|
| Microregional | 107.498.814 | 39.978,9    | 24.902.723   |
| Pedio A       | 554.038     | 730,2       | \$ 1.474.242 |
| Pedio B       | 2.764.290   | 706,9       |              |
| Pedio C       | 1.808.217   | 847,4       | \$ 220.063   |
| Pedio D       | 443.400     | 198,1       | \$ 1.584.880 |
| Pedio E       | 4.475.771   | 1.159,8     |              |
| Pedio F       | 2.998.430   | 316,6       |              |
| Pedio G       | 2.862.654   | 101,3       |              |
| Pedio H       | 1.529.106   | 374,6       | \$ 499.174   |

## 4.9 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO OPERATIVO MICROREGIONAL

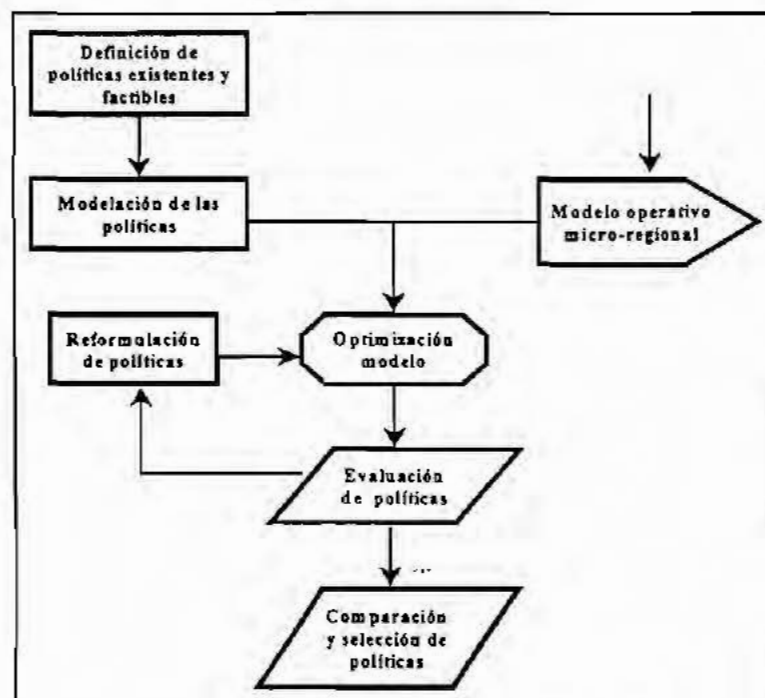
Desafortunadamente, debido a la ausencia de datos microregionales fue imposible calibrar y validar este modelo. Por lo tanto su validez está dada por la validez de los modelos que lo componen.

Sin embargo al incorporarse las acciones de desarrollo (Capítulo 5), se observó que algunas actividades alcanzaban niveles agregados muy altos, especialmente las relacionadas con contratación de mano de obra y con adopción de tecnologías. Por ello se incorporaron restricciones que limitaron estas actividades en su nivel agregado. Los detalles de esto serán presentados más adelante.

## 5 FASE IV: EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE DESARROLLO

La última fase del proyecto de investigación consistió en utilizar el modelo microregional desarrollado hasta ahora para evaluar el impacto de posibles acciones o políticas de desarrollo sobre la microregión en estudio. En el marco de este proyecto se definió como políticas de desarrollo, todas aquellas intervenciones que se realizan con el fin de lograr un desarrollo del sector agropecuario. Ellas pueden incluir crédito, transferencia de tecnología, subsidios, poderes compradores, etc. Para comparar estas políticas, se siguieron los pasos detallados en la Figura 20.

Figura 20 Fase 4 del proceso de evaluación de políticas: Formulación y evaluación de las políticas de desarrollo



En primer lugar se definió cuales son las políticas de desarrollo que podían ser incorporadas al proceso de evaluación. La forma en que cada acción de desarrollo fue incorporada al modelo dependió de la política en cuestión. Luego, para evaluar el impacto de las políticas sobre los objetivos especificados, el modelo fue optimizado para cada uno de los criterios definidos como indicadores de sustentabilidad. Se calcularon además dos soluciones compromiso, las que buscan equilibrios en los niveles de logro de cada objetivo, de acuerdo a la distancia que tengan estas

soluciones de la solución ideal, que por definición es inalcanzable. Asumiendo que la racionalidad del ente decisor es aproximarse lo máximo posible a la solución ideal (axioma de la decisión), entonces cualquier política que se acerque más a ella será preferida (dominará) a una que se encuentre más alejada. De esta forma un problema multicriterio fue reducido a la comparación de puntos en un espacio de varias dimensiones con respecto a un punto ideal.

Metodológicamente se utilizó la programación compromiso (Zeleny, 1973), calculándose las métricas  $L_1$  y  $L_\infty$ , que minimizan la distancia geométrica y el máximo desvío individual, respectivamente (Romero y cols., 1987). Para su obtención se utilizó el programa computacional LINDO®. En el proceso de selección de la política más eficiente desde el punto de vista de los objetivos del presente estudio, se compararon las soluciones eficientes para cada una de las políticas analizadas con respecto a una solución ideal.

## 5.1 DEFINICIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO

Durante los últimos años diferentes organismos han estado involucrados en el desarrollo de alternativas productivas para esta área. Estas formaron el núcleo base de alternativas que fueron evaluadas a través del modelo microregional.

En primer lugar CONAF ha estado fomentando la plantación de bosques de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus radiata*) en las zonas costeras de Chile Central. Específicamente para esta área se ha sugerido la plantación de eucalipto, debido a su mayor resistencia a períodos de sequía. Sin embargo, a pesar del apoyo financiero y técnico que ha recibido esta alternativa, su éxito a nivel campesino ha sido más bien escaso a pesar una de tener rentabilidad adecuada. Como reflejo de ello, sólo dos de los predios encuestados los habían plantado y en ambos casos ello había ocurrido durante los últimos años ('93 y '94). Una de las causas de su poco éxito puede estar relacionada con la ausencia de ingresos durante un período prolongado. Más aún el campesino deja de percibir ingresos en efectivo al tener que sacar tierras de producción, generalmente praderas.

Debido a lo anteriormente expuesto se analizó una segunda alternativa que combinó la plantación de eucaliptos con pagos anuales en efectivo. Estos pagos corresponderían a anticipos en efectivo a los campesinos con respecto a los ingresos futuros esperados por el corte de los eucaliptos. Desde otra perspectiva puede corresponder simultáneamente al arriendo de la tierra y la venta de mano de obra campesina.

Una tercera alternativa corresponde a la introducción de pequeñas superficies con riego para el cultivo de frutillas. Este cultivo ha sido activamente promocionado por FIA e INDAP, a pesar de

lo cual se tiene poca información del impacto que pudiese tener sobre cada sistema productivo y su sustentabilidad.

La cuarta política considera el mejoramiento de la producción de pradera natural a través del establecimiento de praderas artificiales mixtas de falaris (*Phalaris tuberosa*) y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*). Esta opción ha sido estudiada y propuesta por INIA, pero también con poco éxito a nivel de sistemas campesinos. Es importante destacar que a pesar de que los ocho predios encuestados tenían ganado, ninguno tenía praderas mejoradas o artificiales, y sólo unos pocos cultivaban ocasionalmente forrajes (avena por ejemplo), aunque siempre para sus caballos.

Finalmente y con el fin de ver como deben enfocarse acciones de desarrollo específicas a predios en particular se introdujo una política combinada. Esta consideró la inclusión simultánea de eucaliptos con pagos en efectivo, frutillas y praderas mejoradas.

Es importante destacar que este conjunto de alternativas representó una gama amplia de opciones, relacionadas tanto con el sector agrícola como con el ganadero. A su vez sus demandas en términos de tierra, capital de trabajo y mano de obra también son muy dispares. También se debe hacer notar que su impacto se analizará desde un punto de vista netamente privado, sin considerar los costos sociales de su implementación ni los costos de los subsidios que ellos involucran.

Para tener un punto de referencia, el impacto de cada una de estas políticas fue comparado con la situación base. Es decir el nivel de logro actual de los objetivos microregionales fue utilizado como patrón de referencia.

## **5.2 MODELACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO**

Esta sección describe como fueron incluidas las políticas previamente descritas en los modelos prediales y cuales fueron los coeficientes técnicos utilizados para ello.

### **5.2.1 Plantación de eucaliptos**

Tal como se hizo para los predios F y G, se definieron tres actividades (eucaliptos de 1<sup>er</sup> año, 2<sup>o</sup> año y 3<sup>er</sup> a 20<sup>o</sup> año) y dos restricciones que reflejaban la relación entre ellas. El MB de cada actividad fue estimado como una proporción del valor presente neto. La plantación de estos bosques además se limitó a la tierra con mayor pendiente (cerros o lomas, según fuese el caso). Los insumos utilizados por este cultivo sólo corresponden a trabajo (Tabla 38), ya que las necesidades de capital quedan cubiertas por el subsidio forestal y el crédito de enlace.

Tabla 38 Coeficientes técnicos utilizados en la modelación de las actividades relacionadas con los eucaliptos

| Variable           |                             | Eucaliptos de ... |        |           |           |  |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|--------|-----------|-----------|--|
|                    |                             | 1 año             | 2 años | 3-20 años |           |  |
| MB                 |                             | \$                | 73.920 | 73.920    | 1.330.560 |  |
| Mano<br>de<br>obra | Preparación de suelo (Ago.) | días              | 2,00   |           |           |  |
|                    | Plantación (Sep.)           | días              | 6,00   |           |           |  |
|                    | Mantenición (Ene. a Dic.)   | días              | 2,00   | 2,00      | 2,00      |  |

Fuente: Rodríguez y Garfía, 1995, comunicación personal

### 5.2.2 Plantación de eucaliptos con pagos anuales

Para disminuir el problema que significa el no tener ingresos por un período muy largo<sup>13</sup>, la política anterior fue analizada incluyendo en los flujos de caja un ingreso anual. Este correspondió al 5% del valor presente neto del cultivo. Esta alternativa puede ser atractiva para empresas forestales, ya que equivaldría a un arriendo de las tierras, en el cual el campesino aporta el trabajo, y para los campesinos ya que las restricciones de capital no limitarían la plantación.

Esta política fue modelada igual que la anterior (Tabla 38), incluyéndose un ingreso en efectivo durante el mes de abril de cada año, equivalente al 5% del valor presente neto.

### 5.2.3 Cultivo de frutillas

Durante los últimos años en esta microregión se ha fomentado la introducción de frutillas en pequeñas superficies (menores a 0,2 ha) a través de asesoría técnica y créditos INDAP. De esta forma es posible realizar las inversiones necesarias para contar con riego tecnificado utilizando pozos profundos<sup>14</sup>.

Desde un punto de vista del modelo, este cultivo requirió definir dos actividades, ya que se cultivan por dos años. Por ello también se debió definir una relación entre ambas y una restricción sobre su superficie máxima:

$$st1 - st2 \geq 0$$

$$st1 + st2 \leq 0.2$$

dónde  $st1$  = frutillas de primer año;  $st2$  = frutillas de segundo año.

<sup>13</sup> Este problema será visto en mayor profundidad cuando se evalúe la introducción de eucaliptos.

<sup>14</sup> Por falta de información no fue posible considerar el efecto de la extracción de aguas sobre su disponibilidad y la salinización de las tierras.

Los coeficientes técnicos considerados en su modelación se presentan en la Tabla 39. Estos fueron obtenidos de dos fuentes: el proyecto FIA para la introducción de frutillas en el Secano Costero y una encuesta realizada a un productor de frutillas de INDAP. Debido a la disparidad que existía entre ambas estimaciones, se optó por utilizar el promedio entre ambas. A modo de ejemplo el proyecto estimaba una producción de 40,5 t/ha/año, mientras que el campesino sólo había obtenido 26 y 12 t/ha/año al primer y segundo año, respectivamente. Similares diferencias se observaron en relación al uso de mano de obra. Con respecto a la venta, se estimó que el 80% sería exportado.

Tabla 39 Coeficientes técnicos para la producción de frutillas en el Secano Costero de la VI Región

| Actividad                                  | 1 <sup>er</sup> año | 2 <sup>o</sup> año |
|--------------------------------------------|---------------------|--------------------|
| <b>MB</b>                                  | <b>3.821.301</b>    | <b>4.705.811</b>   |
| <i>Flujo de caja (\$)</i>                  |                     |                    |
| ➤ Preparación de suelo y plantación (Abr.) | - 2.452.390         |                    |
| ➤ Crédito (Abr.)                           | 2.452.390           |                    |
| ➤ Agroquímicos (Abr.)                      |                     | - 164.210          |
| ➤ Envases (Sep. a Feb.)                    | - 69.745            | - 69.745           |
| ➤ Venta (Oct. a Mar.)                      | 1.256.850           | 992.250            |
| ➤ Riego (Mar.)                             | - 665.009           | - 665.009          |
| ➤ Devolución crédito (Mar.)                | - 2.044.478         |                    |
| <i>Trabajo (días)</i>                      |                     |                    |
| ➤ Preparación de suelo y mulching (Abr.)   | 17,00               |                    |
| ➤ Limpia (Abr.)                            |                     | 5,00               |
| ➤ Plantación y fertilización (Mayo)        | 45,00               |                    |
| ➤ Mantención (Jun. a Sep.)                 | 10,50               |                    |
| ➤ Mantención (Jun. a Sep.)                 |                     | 6,60               |
| ➤ Cosecha (Oct. a Mar.)                    | 44,50               | 41,17              |

#### 5.2.4 Establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo

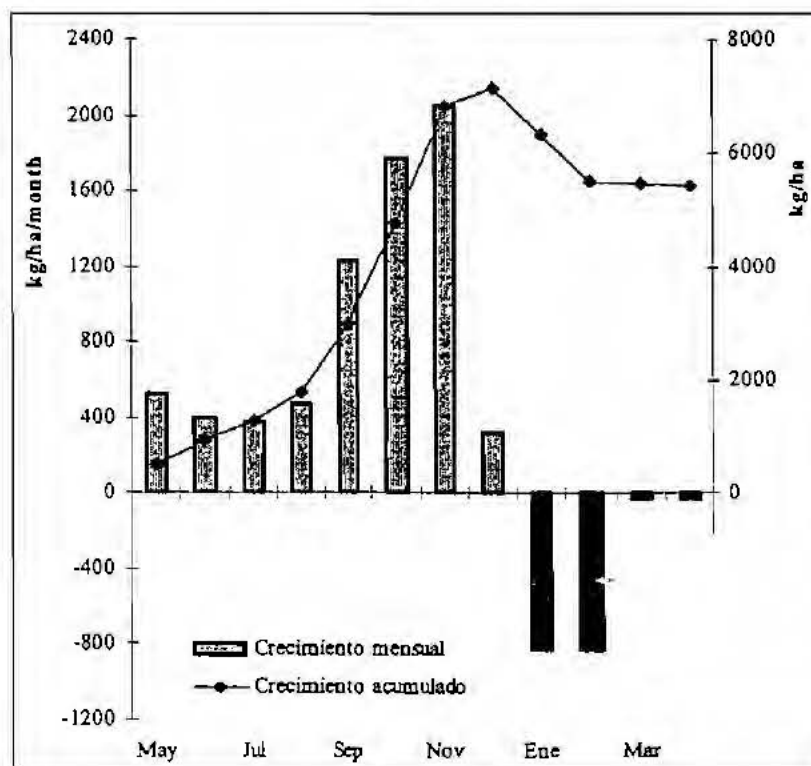
En marzo de 1995, el gobierno anunció un conjunto de medidas de apoyo a la agricultura, principalmente como respuesta a los temores que despertaron la firma del tratado del MERCOSUR y la posibilidad de asociarse al NAFTA (Ministerio de Agricultura, 1995). El objetivo de ellas era entre otros apoyar la modernización del sector agrícola. Una de las medidas fue subsidiar el establecimiento de praderas artificiales, con el fin de mejorar la productividad y la competitividad del sector pecuario. Específicamente el subsidio cubrió hasta el 30% de los costos de implantación

de hasta 30 ha por agricultor y con un monto máximo de \$ 30.000 por ha (Ministerio de Agricultura, 1995).

En base a esto se decidió que otra política de desarrollo fuera el establecimiento de praderas mixtas de falaris y trébol subterráneo, siguiendo las recomendaciones INIA y haciendo uso del subsidio estatal. Tal como lo indica la Figura 21 se puede obtener una producción de hasta siete toneladas de MS (Chacón, Rodríguez y F. Squella, 1988; Rodríguez, 1991), debiendo considerarse que el pastoreo directo puede producir una pérdida de hasta 25%.

Desde un punto de vista técnico, se asumió que la siembra se realiza junto con la del trigo (tal como lo recomienda INIA), de forma tal que en vez de tener una pradera natural después del rastreo se tiene una pradera sembrada de mayor producción.

Figura 21 Producción y acumulación de materia seca en una pradera mixta de falaris y trébol subterráneo en el Secano Costero de la VI Región



Fuente: Rodríguez (1991)

Los coeficientes técnicos para esta alternativa (Tabla 40) fueron obtenidos a partir de recomendaciones INIA (Chacón y cols., 1988; INIA, 1991). Se asumió que este manejo no afectaría la producción de trigo, ya que por un lado se utiliza más fertilizante que el que es utilizado normal-

mente en el cultivo del trigo, lo que debería suplir el efecto de una mayor competencia entre la pradera y el trigo. Desde el punto de vista de la producción, se espera que al primer año se obtenga 1 t adicional de MS. Aunque la producción total de MS indudablemente sería mayor a esta cifra, se espera una disminución significativa en el consumo de paja<sup>15</sup>. Durante los siguientes años (2° a 5°) la producción estimada de la pradera fue 3.750 kg. La diferencia entre este valor y el indicado por Rodríguez (1991) reflejó pérdidas por pastoreo directo y la menor producción comparado con ensayos en estaciones experimentales.

Tabla 40 Coeficientes técnicos para la producción de una pradera mixta de falaris y trébol subterráneo en el Secano Costero de la VI Región

| Actividad                                  | 1 <sup>er</sup> año | 2° a 5° año |
|--------------------------------------------|---------------------|-------------|
| MB                                         | - 29.215            | - 22.345    |
| <i>Flujo de caja (\$)</i>                  |                     |             |
| ➤ Semillas (Abr.)                          | - 21.336            |             |
| ➤ Fertilizante (Abr.)                      | - 20.400            | - 22.345    |
| ➤ Subsidio de 30% (Abr.)                   | 12.521              |             |
| <i>Producción durante estación II (kg)</i> | 1.000               | 3.750       |
| <i>Mano de obra (días)</i>                 |                     |             |
| ➤ Siembra (Mayo)                           | 0,50                |             |
| ➤ Fertilización (Jul.)                     | 0,32                | 0,32        |

Como su establecimiento fue restringido a tierras planas o lomajes se incluyeron cuatro actividades en cada modelo predial: producción en plano y producción en lomaje de pradera de uno y de dos o más años. Un conjunto de restricciones especificó las relaciones entre primer año o posteriores (Ec. [5.1]), la relación entre trigo y pradera artificial (Ec. [5.3]) y el límite de superficie bajo praderas a 30 ha (Ec. [5.5]). La compra de semillas y fertilizantes no cubiertas por el subsidio podía ser con capital propio o con crédito INDAP.

$$-4fphc1 + 1fphc2 \leq 0 \quad [5.1]$$

$$-4hphc1 + 1hphc2 \leq 0 \quad [5.2]$$

$$-fphc1 + fwh1 \leq 0 \quad [5.3]$$

$$-hphc1 + hwh1 \leq 0 \quad [5.4]$$

$$fphc1 + hphc1 \leq 30 \quad [5.5]$$

dónde  $fphc1$ ,  $hphc1$  = superficie plana y en lomas de falaris/trébol de primer año, respectivamente;  $fphc2$ ,  $hphc2$  = superficie plana y en lomas de falaris/trébol de dos o más años, respecti-

<sup>15</sup> Se debe recordar que el modelo tal como fue diseñado no puede diferenciar de acuerdo a la calidad del forraje

vamente; *fwhl*, *hwhl* = superficie plana y en lomas de trigo, respectivamente. Esta alternativa no fue modelada en los predios A y H debido a que ellos no producían trigo en tierras propias.

### 5.2.5 Política combinada

Esta correspondió a la introducción simultánea de frutillas, eucaliptos con pagos anticipados y praderas artificiales. Cada una de ellas fue modelada tal como se describió en las tres Secciones anteriores.

### 5.2.6 Restricciones adicionales del modelo microregional

Para todas las políticas se definieron niveles máximos de adopción, ya que el gobierno tiene limitaciones en su capacidad de financiar los créditos y subsidios asociados y porque los programas de transferencia tecnológica tampoco pueden dar asesoría técnica a todos los campesinos interesados. De esta forma se incluyeron las siguientes restricciones:

- i. Menos del 15% del área en estudio puede ser plantada con eucaliptos, lo que equivale a nivel agregado a 357 ha de eucaliptos ya sea con o sin pagos anticipados
- ii. La superficie máxima agregada de frutillas corresponde a 8 ha, es decir 40 predios con 0,2 ha cada uno
- iii. No más del 5% de la superficie bajo estudio, es decir 119 ha/año, puede ser sembrada con praderas artificiales

Estas tres restricciones también fueron aplicadas en el caso de la política combinada.

Las restricciones antes expuestas tienen el mismo efecto que niveles máximos de oferta o demanda. Se debe reiterar que la falta de información impidió la especificación de funciones de oferta y/o demanda implícitas necesarias para reflejar el cambio en los precios producto de cambios en los mercados. Por otro lado se espera que los cultivos adoptados tendrán un impacto muy marginal en los mercados de productos, incluso en caso de ser adoptados por un número significativo de productores. De hecho, la producción de frutillas es principalmente para el mercado exterior, la superficie con eucaliptos es mínima comparada con las 14,000 ha de plantaciones existentes a nivel regional y la producción regional de ganado (novillos y corderos) es muy pequeña comparada con la producción nacional.

Resultados preliminares indicaron que la ausencia de restricciones a la contratación de mano de obra implicaban grandes demandas por ella. En algunos escenarios analizados requerían casi

3,500 días/año de mano de obra contratada y otros sobre 600 días/mes<sup>16</sup>. En otras palabras 10 días/hombre por predio. Esta demanda es difícil de satisfacer especialmente a los mismos precios por día. Por ello y debido a que no se conoce la función de oferta del trabajo, como para ser modelada implícitamente (Hazell y Norton, 1986), se establecieron restricciones a la contratación de mano de obra. Específicamente se definió una fuerza de trabajo ociosa de 15 personas para los 53 predios. Toda ella podía ser contratada por cada predio a su discreción y a un costo fijo. Desde el punto de vista del modelo ello significa que la mano de obra es utilizada en aquellos predios en que el beneficio marginal por su contratación, en términos del objetivo que es maximizado, es mayor. En la práctica esto implica que también deberían estar dispuestos a pagar un mayor sueldo por la mano de obra. Esta mano de obra también fue puesta a disposición del predio F el cual tenía restricciones naturales a la contratación de mano de obra.

## 5.3 EVALUACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO

### 5.3.1 Criterios de optimización

Los cinco modelos microregionales, cada uno de los cuales incluía una de las políticas antes expuestas, fue optimizado de acuerdo a cada uno de cinco criterios:

- i. Máximo margen bruto microregional (Max MB)
- ii. Mínima erosión de suelo (Min E)
- iii. Mínima diferencia entre márgenes brutos prediales (Min DI)
- iv. Solución compromiso estimada con la métrica  $L = \text{infinito}$  ( $L_{\infty}$ ): Equivale a minimizar el mayor desvío existente entre cada uno de los objetivos y la solución ideal
- v. Solución compromiso estimada con la métrica  $L = 1$  ( $L_1$ ): Equivale a minimizar la suma de los desvíos existentes entre cada uno de los objetivos y la solución ideal.

Para calcular cada solución compromiso, se determinó la solución ideal para cada política de desarrollo. la que estuvo dada por el nivel óptimo que alcanzó cada objetivo individualmente.

De esta forma se generó un total de 25 soluciones eficientes, cada una de las cuales fue comparada con la solución base presentada en la Tabla 37.

---

<sup>16</sup> En orden a reducir la magnitud de los resultados microregionales, éstos son expresados en términos de los 53 predios representados por los ocho modelos prediales y no en relación a los 2.496 predios campesinos que existen en la Región.

### 5.3.2 Soluciones eficientes al introducir las políticas de desarrollo

#### 5.3.2.1 Soluciones eficientes al introducir eucaliptos

A nivel microregional el impacto de esta política bajo el escenario Max MB fue pequeño, ya que el MB sólo aumentó en 5,0% y la erosión disminuyó en 2,9% (Tabla 41). Además la distribución del ingreso también empeoró. Los predios más favorecidos con un aumento del MB fueron el A, B y F, aunque la mejoría de este último se debió más bien al levantamiento de las restricciones de mano de obra. El bajo impacto de la política se debió a que a nivel agregado sólo se plantaron 101,3 ha de eucaliptos (28% del máximo posible).

Cuando se maximizó el MB microregional se observaron los siguientes cambios a nivel de las soluciones prediales. El predio A aumentó significativamente sus ingresos (28,4%), aunque acompañado por un leve aumento de la erosión (0,4%). Ello se debió a que reemplazó 2,4 ha (80%) de su pradera permanente por eucaliptos, dando además todas las vacas y ovejas en medias para ajustar la disponibilidad de forraje. En el predio B también se reemplazaron las praderas permanentes (7 ha) por eucaliptos, aumentando las vacas y disminuyendo las ovejas. Además contrató mano de obra en enero (35,5 días), mayo (6,7), agosto (4,4) y septiembre (7,1). El predio C plantó 2,8 ha de eucaliptos por lo que tuvo que reducir el trigo en lomas en 0,7 ha y también el barbecho y la pradera. Para satisfacer su demanda por forraje aumentó la compra de alfalfa. El predio E plantó 0,2 ha de eucaliptos, dejando de cultivar parte del trigo en lomas. Para balancear su menor producción de forraje redujo levemente el número de vacas propias y aumentó las dadas en mediería. También aumentó la demanda por mano de obra durante septiembre. El predio F cultivó su propia tierra en vez de darla en medias, gracias a que ahora no tiene restricciones de mano de obra. La producción total de trigo fue menor, ya que parte de esta tierra fue plantada con viña (0,5 ha) y eucaliptos. En total plantó 7,6 ha con eucaliptos, ya que además redujo su pradera permanente en 60%. También redujo el número de ovejas, aumentó su producción de carbón al máximo y contrató mano de obra los meses de febrero (1,1 días/hombre), abril (2,3), mayo (13,3), julio (1,3), agosto (45,6), septiembre (28,9), octubre (16,2), noviembre (0,1) y diciembre (1,1). Los otros tres predios no realizan cambios ya que al predio D no le resultó ventajoso, el predio G tenía eucaliptos y la nueva alternativa no le representaba ventaja alguna y el predio H no tenía tierras aptas para éste cultivo.

Tabla 41 Cambio porcentual en las soluciones microregionales en relación a la solución base.  
Escenario: Introducción de eucaliptos

| Mo-<br>delo | Objetivo     | Escenario   |              |               |                |                |
|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
|             |              | Max MB      | Min DI       | Min E         | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| MR          | MB           | <b>5,0%</b> | 1,1%         |               | 0,5%           | 2,6%           |
|             | Distribución | 8,7%        | <b>-1,8%</b> |               | -0,8%          | 3,3%           |
|             | Erosión      | -2,9%       | -5,7%        | <b>-13,5%</b> | -13,0%         | -8,4%          |
| A           | MB           | 28,4%       | 28,4%        |               |                | 17,1%          |
|             | Distribución | -3,9%       | -9,2%        |               | 0,7%           | -2,9%          |
|             | Erosión      | 0,4%        | 0,4%         | -35,1%        | -35,1%         | -14,6%         |
| B           | MB           | 12,3%       |              |               |                |                |
|             | Distribución |             |              |               |                |                |
|             | Erosión      | -0,6%       | -28,2%       | -30,9%        | -30,9%         | -30,9%         |
| C           | MB           | 2,7%        | 2,7%         |               | 2,7%           | 2,7%           |
|             | Distribución | 23,9%       | -11,9%       |               | -17,3%         | 1,9%           |
|             | Erosión      | -8,5%       | -8,5%        | -10,1%        | -8,5%          | -8,5%          |
| D           | MB           |             |              |               |                |                |
|             | Distribución | 6,3%        | 1,4%         |               | 0,6%           | 3,3%           |
|             | Erosión      |             |              |               |                |                |
| E           | MB           | 0,2%        |              |               |                |                |
|             | Distribución |             |              |               |                |                |
|             | Erosión      | -0,3%       | -0,7%        | -0,7%         | -0,7%          | -0,7%          |
| F           | MB           | 23,1%       |              |               |                | 15,5%          |
|             | Distribución |             |              |               |                |                |
|             | Erosión      | -3,3%       | -49,7%       | -49,7%        | -49,7%         | -19,4%         |
| G           | MB           |             |              |               |                |                |
|             | Distribución |             |              |               |                |                |
|             | Erosión      |             |              |               |                |                |
| H           | MB           |             |              |               |                |                |
|             | Distribución | 20,1%       | 4,4%         |               | 2,0%           | 10,4%          |
|             | Erosión      |             |              |               |                |                |

Nota: Valores en **negrita** representan la solución ideal. No se indican valores si el cambio con respecto a la situación base es cero

Las otras soluciones, Min DI, Min E, L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub>, tampoco fueron muy exitosas a nivel agregado ya que bajo ellas se plantaron 144,6 ha, 64,6 ha, 71,8 ha y 173,9 ha. La baja superficie plantada en el escenario que minimiza la erosión (64,6 ha) se debió a que la erosión estimada para praderas permanentes fue que en bosques de eucaliptos (fundamentalmente debido al cultivo de la tierra previo a la plantación de los árboles).

El máximo mejoramiento en la distribución del ingreso y en la erosión fue 1,8% y 13,5%, respectivamente (Tabla 41). A nivel predial se puede destacar la gran reducción en la pérdida de suelo que se observó en los predios A (35,1%), B (30,9%) y F (49,7%). Sin embargo a nivel microregional el efecto fue menor debido al escaso impacto en los demás predios (13,5%).

#### 5.3.2.2 Soluciones eficientes al introducir eucaliptos y pagos anuales anticipados

Cuando se maximizó el MB a nivel microregional (Tabla 42) esta política aumentó el MB (8,5%) y disminuyó la erosión (-12,6%) pero empeoró la distribución del ingreso (8,5%). En este escenario se plantaron 220,7 ha de eucaliptos en los predios de tipo A, B, C, E y G. A pesar de que el mayor impacto fue sobre predios con ingresos inferiores al promedio (A y C) su efecto agregado sobre la distribución del ingreso fue negativa. Ello se debió a que no mejoró el ingreso de los otros predios con bajos ingresos (D y H) y más importante aún aumentó el ingreso de todos los predios con ingresos superiores al promedio.

Desde el punto de vista de los predios, el predio A transformó 2,37 ha de praderas permanentes en bosques, dando en medias todo el ganado. Ello reflejó la mejor rentabilidad del negocio maderero. El predio B reemplazó 4,21 ha de praderas permanentes con eucaliptos, reduciendo su ganado ovino. Los predios C y E redujeron la superficie de lomas bajo trigo para plantar 9 y 15 ha de árboles, respectivamente. El predio E redujo además el número de vacas. El predio G, que ya tenía eucaliptos, se cambió a la modalidad con pagos. El predio F en cambio aumentó su MB cultivando su propio trigo, en vez de darlo en medias ya que no existían restricciones de mano de obra. El predio H no disponía de tierras para árboles y por lo tanto no se vio afectado por esta política.

Debido a que se especificaron restricciones que limitaban el ingreso mínimo, al minimizar la pérdida de suelo los MB no se afectaron negativamente (Tabla 42). A pesar de ello fue posible generar una solución eficiente con una erosión significativamente menor (45,2%) a la observada en la situación base, pero con igual MB y distribución del ingreso. Esta reducción fue producto de plantar 339,5 ha de bosques (17 ha menos que el máximo) principalmente en predios del tipo B, C y E.

Las tres soluciones restantes (Min DI,  $L_1$  y  $L_\infty$ ) mejoraron a nivel agregado los tres criterios evaluados, es decir MB, distribución del ingreso y erosión (Tabla 42). Bajo estos tres escenarios, la introducción de eucaliptos con pagos anuales tuvo su mayor efecto sobre los predios A y C, mientras que el D prácticamente no fue afectado. Con respecto a la solución Min DI ésta mostró una importante disminución de la pérdida de suelo (28,2%).

Tabla 42 Cambio porcentual en las soluciones microregionales en relación a la solución base. Escenario: Introducción de eucaliptos con pagos anticipados anuales

| Mo-<br>delo | Objetivo     | Escenario |         |        |                |                |
|-------------|--------------|-----------|---------|--------|----------------|----------------|
|             |              | Max MB    | Min DI  | Min E  | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| MR          | MB           | 8,5%      | 3,6%    |        | 2,8%           | 5,1%           |
|             | Distribución | 8,5%      | -5,8%   |        | -4,6%          | -0,1%          |
|             | Erosión      | -12,6%    | -28,2%  | -45,2% | -36,0%         | -32,1%         |
| A           | MB           | 28,6%     | 28,6%   |        |                |                |
|             | Distribución | 0,9%      | -5,8%   |        | 3,9%           | 7,0%           |
|             | Erosión      | 0,4%      | 0,4%    | -35,7% | -35,7%         | -35,7%         |
| B           | MB           | 9,1%      |         |        |                | 6,9%           |
|             | Distribución |           |         |        |                |                |
|             | Erosión      | -0,4%     | -32,6%  | -44,7% | -33,4%         | -5,6%          |
| C           | MB           | 14,7%     | 16,2%   |        | 15,4%          | 17,1%          |
|             | Distribución | -42,8%    | -100,0% |        | -100,0%        | -94,2%         |
|             | Erosión      | -27,7%    | -50,0%  | -77,0% | -51,4%         | -46,2%         |
| D           | MB           |           |         |        |                |                |
|             | Distribución | 10,8%     | 4,6%    |        | 3,6%           | 6,5%           |
|             | Erosión      |           |         |        |                |                |
| E           | MB           | 11,5%     |         |        |                |                |
|             | Distribución |           |         |        |                |                |
|             | Erosión      | -25,1%    | -63,4%  | -63,4% | -63,4%         | -63,4%         |
| F           | MB           | 15,4%     |         |        |                | 10,6%          |
|             | Distribución |           |         |        |                |                |
|             | Erosión      | -0,6%     | -8,5%   | -8,5%  | -8,5%          | 0,1%           |
| G           | MB           | 0,6%      |         |        |                |                |
|             | Distribución |           |         |        |                |                |
|             | Erosión      |           | -15,5%  | -15,5% | -15,5%         | -15,5%         |
| H           | MB           |           |         |        |                |                |
|             | Distribución | 34,4%     | 14,6%   |        | 11,5%          | 20,6%          |
|             | Erosión      |           |         |        |                |                |

Nota: Valores en negrita representan la solución ideal. No se indican valores si el cambio con respecto a la situación base es cero

Debido a la forma en que se modeló y calculo la distribución del ingreso, se deben considerar dos situaciones particulares al comparar el impacto de las políticas a nivel predial. En primer lugar que un predio cambie su valor de distribución del ingreso no implicó que haya una nueva solución para dicho predio (por ejemplo los predios D y H en la Tabla 42) ya que dicho cambio pudo ser producto de cambios en el MB promedio. En segundo lugar la ausencia de cambios en la

distribución del ingreso no implica que la solución no haya cambiado (por ejemplo predio B) ya que dicho valor sólo representa desvíos negativos con respecto al MB promedio. Producto de ello puede parecer que se obtuvieron soluciones dominadas<sup>17</sup>. Un ejemplo de ello son las soluciones Max MB y Min DI para el predio A. En ambas soluciones el MB aumentó en 28,6% y la erosión en 0,4%, mientras que el desvío del MB cambió en direcciones opuestas.

En general se observó que los anticipos reducen fuertemente las restricciones de capital, por lo que es posible aumentar el MB microregional y reducir la erosión en una magnitud significativamente mayor a la lograda con la política de eucaliptos sin pagos. Ello apoyaría la hipótesis que los campesinos no plantan eucaliptos debido a restricciones en la disponibilidad futura de dinero.

#### 5.3.2.3 Soluciones eficientes al introducir frutillas

La introducción de frutillas mejoró el MB y la pérdida de suelo bajo los cinco criterios de optimización y mejoró la distribución del ingreso en cuatro de ellos (Tabla 43), pero su impacto en comparación con la introducción de eucaliptos con pagos fue mucho mayor. Bajo todos los escenarios se utilizó el máximo de este cultivo (8 ha). Los predios de tipo B, C, E, y H cultivaron siempre 0,20 ha cada uno y los de tipo A, D, F y G un área menor, dependiendo del escenario analizado. Cuando se maximizó MB las diferencias de ingreso aumentaron, a pesar que los predios A, C y H (con ingresos menores la promedio) mejoraron sus márgenes brutos. El motivo de ello es que el predio D mantuvo su MB y que todos los predios con altos ingresos los aumentaron aún más. Desde el punto de vista de la pérdida de suelo, la respuesta fue muy diversa. Mientras la mayoría de los predios no presentaban mayores cambios, el predio H lo reducía y el G lo aumentaba. Las respuestas específicas de cada predio fueron las siguientes. El predio A cambió la viña por frutillas; los predios B, C, E y G redujeron el área bajo trigo para cultivar frutillas y el predio H utilizó parte de su huerta para cultivar frutillas. Otros cambios necesarios para satisfacer la demanda por tierra y trabajo incluyeron una reducción en la producción de lentejas (predio B) y menos tomates y más limones (predio G). Nuevamente el aumento del MB del predio F se debió principalmente a la mayor disponibilidad de mano de obra.

---

<sup>17</sup> Se entiende por solución dominada aquella que presenta en relación a otra alternativa para todos los objetivos niveles de logro iguales o inferiores y un nivel peor en al menos un objetivo. Por otro lado soluciones no dominadas son aquellas que presentan en relación a cualquier otra solución no dominada niveles de logro superiores e inferiores en al menos un objetivo

Tabla 43 Cambio porcentual en las soluciones microregionales en relación a la solución base. Escenario: Introducción de frutillas

| Mo-<br>delo | Objetivo     | Escenario    |               |               |                |                |
|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
|             |              | Max MB       | Min DI        | Min E         | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| MR          | MB           | <b>32,0%</b> | 16,1%         | 0,3%          | 14,3%          | 19,3%          |
|             | Distribución | 4,8%         | <b>-26,3%</b> | -0,5%         | -23,3%         | -13,9%         |
|             | Erosión      | -8,3%        | -27,9%        | <b>-69,5%</b> | -48,4%         | -45,0%         |
| A           | MB           | 148,8%       | 148,8%        |               | 118,8%         | 118,8%         |
|             | Distribución | -11,9%       | -33,7%        | 0,4%          | -25,0%         | -18,1%         |
|             | Erosión      |              |               | -68,2%        | -64,9%         | -64,9%         |
| B           | MB           | 29,3%        |               |               |                | 2,7%           |
|             | Distribución |              |               |               |                |                |
|             | Erosión      | -0,2%        | -51,3%        | -51,4%        | -51,4%         | -50,2%         |
| C           | MB           | 47,5%        | 30,3%         |               | 28,2%          | 33,8%          |
|             | Distribución | -95,8%       | -100,0%       | 2,9%          | -100,0%        | -100,0%        |
|             | Erosión      | -0,1%        | -21,1%        | -70,3%        | -28,8%         | -20,4%         |
| D           | MB           |              | 18,7%         |               | 18,7%          | 14,9%          |
|             | Distribución | 40,9%        | 15,4%         | 0,4%          | 13,1%          | 20,5%          |
|             | Erosión      |              |               | -70,9%        |                | -18,4%         |
| E           | MB           | 19,6%        |               |               |                |                |
|             | Distribución |              |               |               |                |                |
|             | Erosión      | 1,3%         | -42,0%        | -42,0%        | -42,0%         | -42,0%         |
| F           | MB           | 23,2%        |               |               |                | 23,4%          |
|             | Distribución |              |               |               |                |                |
|             | Erosión      | -3,4%        | -50,1%        | -57,7%        | -50,1%         | -3,4%          |
| G           | MB           | 18,7%        |               |               |                | 6,4%           |
|             | Distribución |              |               |               |                |                |
|             | Erosión      | 18,6%        | -60,4%        | -63,0%        | -60,2%         | -43,7%         |
| H           | MB           | 44,3%        | 44,3%         | 2,0%          | 38,9%          | 38,9%          |
|             | Distribución | -5,8%        | -70,1%        | -4,8%         | -61,2%         | -40,8%         |
|             | Erosión      | -49,5%       | -49,5%        | -100,0%       | -77,6%         | -77,6%         |

Nota: Valores en negrita representan la solución ideal. No se indican valores si el cambio con respecto a la situación base es cero

Bajo el escenario de minimización de la pérdida de suelo (Min E en la Tabla 43) la erosión fue reducida en una gran medida (casi un 70%) sin afectar los MB prediales ni la distribución del ingreso. Sólo el predio H aumentó ligeramente su MB (2,0%). La disminución de la erosión fue producto de una reducción en la pérdida de suelo superior al 50% en todos los predios.

Nuevamente la minimización de las diferencias en ingreso generó a nivel microregional una solución similar a las soluciones compromiso. De hecho representó un buen compromiso entre las soluciones eficientes para MB y pérdida de suelo. Sin embargo una desventaja de esta solución así como de las soluciones compromiso  $L_1$  y  $L_\infty$  es que algunos predios no mostraron una reducción en la pérdida de suelo. De hecho los predios A y D no presentaron reducción en la pérdida de suelo bajo los escenarios Max MB y Min DI.

#### 5.3.2.4 Soluciones eficientes al introducir praderas de falaris y trébol subterráneo

El impacto de esta política fue extremadamente reducido en los tres objetivos así como en todos los escenarios analizados (Tabla 44). De hecho sólo el predio D utilizó este recurso. Los cambios en la distribución del ingreso en los demás predios se debió a que el cambio en el predio D afectó levemente el MB promedio y con ellos los desvíos para los demás predios. Por ello los predios con ingresos superiores al promedio (B, E, F y G) no sufrieron cambio alguno, por lo que no se presentan en la (Tabla 44).

Tabla 44 Cambio porcentual en las soluciones microregionales en relación a la solución base. Escenario: Introducción de praderas de falaris y trébol

| Mo-<br>delo | Objetivo     | Escenario |        |        |                |                |
|-------------|--------------|-----------|--------|--------|----------------|----------------|
|             |              | Max MB    | Min DI | Min E  | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| MR          | MB           | < 0,1%    |        |        |                |                |
|             | Distribución | -0,1%     | -0,1%  |        | -0,1%          | -0,1%          |
|             | Erosión      | 0,1%      | 0,1%   | -0,7%  | -0,6%          | -0,6%          |
| A           | MB           |           |        |        |                |                |
|             | Distribución | 0,1%      | 0,1%   |        |                |                |
|             | Erosión      |           |        |        |                |                |
| C           | MB           |           |        |        |                |                |
|             | Distribución | 0,4%      | 0,4%   |        | 0,3%           | 0,3%           |
|             | Erosión      |           |        |        |                | -              |
| D           | MB           | 1,5%      | 1,5%   |        | 1,2%           | 1,2%           |
|             | Distribución | -0,4%     | -0,4%  |        | -0,3%          | -0,3%          |
|             | Erosión      | 2,2%      | 2,2%   | -21,5% | -18,1%         | -16,5%         |
| H           | MB           |           |        |        |                |                |
|             | Distribución | 0,2%      | 0,2%   |        | 0,1%           | 0,1%           |
|             | Erosión      |           |        |        |                |                |

Nota: Valores en negrita representan la solución ideal. No se indican valores si el cambio con respecto a la situación base es cero. Los predios B, E, F y G no sufrieron cambios, por lo que no se presentan en esta tabla.

Al analizar la superficie plantada, ésta naturalmente fue mucho menor al máximo posible de 119 ha por año (Tabla 45). En el escenario Min E no se sembró esta pradera, reduciéndose la pérdida de suelo por medio de otros ajustes en el plan de producción

Tabla 45 Superficie plantada en el predio D con falaris y trébol según tipo de suelo y escenario considerado

| Falaris y trébol de ...                             | Escenario |        |       |                |                |
|-----------------------------------------------------|-----------|--------|-------|----------------|----------------|
|                                                     | Max MB    | Min DI | Min E | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| 1 <sup>er</sup> año (plano)                         | 10,48     | 10,48  |       |                | 0,85           |
| 1 <sup>er</sup> año (loma)                          |           |        |       | 10,42          | 9,57           |
| 1 <sup>er</sup> a 5 <sup>o</sup> año (plano y loma) | 52,40     | 52,40  |       | 52,10          | 10,42          |

Debido al escaso impacto de la introducción de praderas de falaris y trébol, ella no fue considerada en las secciones siguientes, en las que se comparó el efecto de la diferentes políticas.

#### 5.3.2.5 Soluciones eficientes al introducir la política combinada

El escenario Max MB bajo esta política (es decir la introducción de frutillas, eucaliptos con pagos y praderas artificiales) aumentó el MB en (37,%) y redujo la pérdida de suelo en 19,7% (Tabla 46). Sin embargo la distribución del ingreso empeoró en (10,7%). A nivel predial el aumento de MB varió entre 1,5% (predio D) y 176,% (predio A), mientras que la erosión varió desde una reducción de 49,5% (predio H) hasta un aumento de 23,8% (predio G). El aumento de la erosión en predio G debido al reemplazo de eucaliptos por trigo, es indudablemente una desventaja de esta solución.

Al minimizar la erosión (Min E) se logró disminuir la pérdida de suelo en un 81,5%, sin afectar en mayor forma el MB o la distribución del ingreso. Ello se debe a que la inclusión de las restricciones sobre ingreso mínimo evitaron que algún predio disminuyera su MB.

Los otros tres escenarios (Min DI y las dos soluciones compromiso L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub>) nuevamente mejoraron los tres criterios (Tabla 46). También a nivel predial estas soluciones mantuvieron o mejoraron estos tres criterios en todos los predios, excepto en el A en el que aumentó levemente la pérdida de suelo al minimizarse la distribución del ingreso.

Tabla 46 Cambio porcentual en las soluciones microregionales en relación a la solución base. Escenario: Política combinada

| Mo-<br>delo | Objetivo     | Escenario |         |         |                |                |
|-------------|--------------|-----------|---------|---------|----------------|----------------|
|             |              | Max MB    | Min DI  | Min E   | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| MR          | MB           | 37,0%     | 21,3%   | 0,3%    | 18,8%          | 25,4%          |
|             | Distribución | 10,7%     | -34,8%  | -0,1%   | -30,6%         | -20,4%         |
|             | Erosión      | -19,7%    | -49,8%  | -81,5%  | -70,1%         | -62,0%         |
| A           | MB           | 176,5%    | 176,5%  |         | 118,8%         | 128,6%         |
|             | Distribución | -15,5%    | -37,0%  | 0,1%    | -18,8%         | -13,3%         |
|             | Erosión      | 0,4%      | 0,4%    | -68,2%  | -64,9%         | -60,0%         |
| B           | MB           | 16,5%     |         |         |                | 18,9%          |
|             | Distribución |           |         |         |                |                |
|             | Erosión      | -0,4%     | -53,6%  | -61,1%  | -56,5%         | -50,9%         |
| C           | MB           | 59,9%     | 36,1%   |         | 33,2%          | 40,7%          |
|             | Distribución | -100,0%   | -100,0% | 0,8%    | -100,0%        | -100,0%        |
|             | Erosión      | -25,1%    | -74,5%  | -88,0%  | -78,9%         | -67,3%         |
| D           | MB           | 1,5%      | 141,6%  |         | 141,3%         | 141,3%         |
|             | Distribución | 46,9%     | -12,3%  | 0,1%    | -15,5%         | -7,0%          |
|             | Erosión      | 2,2%      | -9,2%   | -80,7%  | -26,1%         | -26,1%         |
| E           | MB           | 29,3%     |         |         |                |                |
|             | Distribución |           |         |         |                |                |
|             | Erosión      | -23,7%    | -78,2%  | -79,6%  | -77,4%         | -71,4%         |
| F           | MB           | 20,8%     |         |         |                | 26,2%          |
|             | Distribución |           |         |         |                |                |
|             | Erosión      | -0,6%     | -38,4%  | -50,7%  | -39,7%         | -0,4%          |
| G           | MB           | 27,6%     |         |         |                |                |
|             | Distribución |           |         |         |                |                |
|             | Erosión      | 23,8%     | -26,1%  | -63,0%  | -26,1%         | -26,1%         |
| H           | MB           | 44,3%     | 44,3%   | 2,0%    | 38,9%          | 40,4%          |
|             | Distribución | 14,6%     | -49,0%  | -1,3%   | -43,0%         | -20,3%         |
|             | Erosión      | -49,5%    | -49,5%  | -100,0% | -77,6%         | -70,1%         |

Nota: Valores en negrita representan la solución ideal. No se indican valores si el cambio con respecto a la situación base es cero

Aunque en las cinco soluciones se plantó el máximo posible de frutillas, la distribución de este cultivo en los distintos predios fue diferente según escenario. Los predios C y H plantaban 0,2 ha bajo todos los escenarios. Mientras que el predio F nunca llegó a plantar el máximo posible. La superficie cultivada por los demás predios dependió del escenario considerado.

Tabla 47 Cultivo de frutillas a nivel predial y bajo cada uno de los escenarios de optimización (ha)

| Pre-<br>dio | Escenario |        |       |                |                |
|-------------|-----------|--------|-------|----------------|----------------|
|             | Max MB    | Min DI | Min E | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| A           | 0,20      | 0,20   | 0,06  | 0,20           | 0,20           |
| B           | 0,06      | 0,08   | 0,20  | 0,12           | 0,18           |
| C           | 0,20      | 0,20   | 0,20  | 0,20           | 0,20           |
| D           |           | 0,20   | 0,06  | 0,20           | 0,20           |
| E           | 0,20      | 0,20   | 0,20  | 0,18           | 0,06           |
| F           | 0,04      |        | 0,06  |                | 0,10           |
| G           | 0,20      |        | 0,12  |                |                |
| H           | 0,20      | 0,20   | 0,20  | 0,20           | 0,20           |

Con respecto a los eucaliptos, su introducción fue completa sólo en tres escenarios (Min DI, Min E y L<sub>1</sub>). En los escenarios Max MB y L<sub>∞</sub> sólo se plantaron 208 ha y 337 ha, respectivamente (Tabla 48). La mayor superficie fue plantada en el predio E que disponía de la mano de obra necesaria, mientras que el predio D sólo plantó una pequeña superficie debido a sus restricciones de mano de obra. Esta mayor superficie en comparación a la política de eucaliptos más pagos se debió a que la presencia de frutillas redujo aún más las restricciones de flujo de caja.

Tabla 48 Plantación de eucaliptos a nivel predial y bajo cada uno de los escenarios de optimización (ha)

| Pre-<br>dio | Escenario |        |        |                |                |
|-------------|-----------|--------|--------|----------------|----------------|
|             | Max MB    | Min DI | Min E  | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| A           | 0,12      | 0,12   |        |                | 0,02           |
| B           | 0,19      | 0,52   | 0,56   | 0,57           | 0,44           |
| C           | 0,41      | 0,56   | 0,56   | 0,56           | 0,56           |
| D           |           | 0,08   | 0,02   | 0,08           | 0,08           |
| E           | 0,71      | 1,31   | 1,51   | 1,34           | 1,42           |
| F           |           | 0,17   | 0,21   | 0,22           | 0,04           |
| G           | 0,17      | 0,19   | 0,13   | 0,18           | 0,15           |
| Total*      | 208,15    | 357,00 | 357,00 | 357,00         | 337,59         |

\* Suma ponderada por el número de predios por cada tipo

Nuevamente la introducción de praderas de falaris y trébol fue sólo una alternativa atractiva para el predio D, aunque no bajo el escenario de mínima erosión (Tabla 49). Ello pone de manifiesto nuevamente los pocos beneficios de la introducción de praderas artificiales en esta zona, incluso cuando se dispone de subsidios a su establecimiento.

Tabla 49 Adopción de praderas de falaris y trébol subterráneo en el predio D y bajo los 5 criterios de optimización (ha)

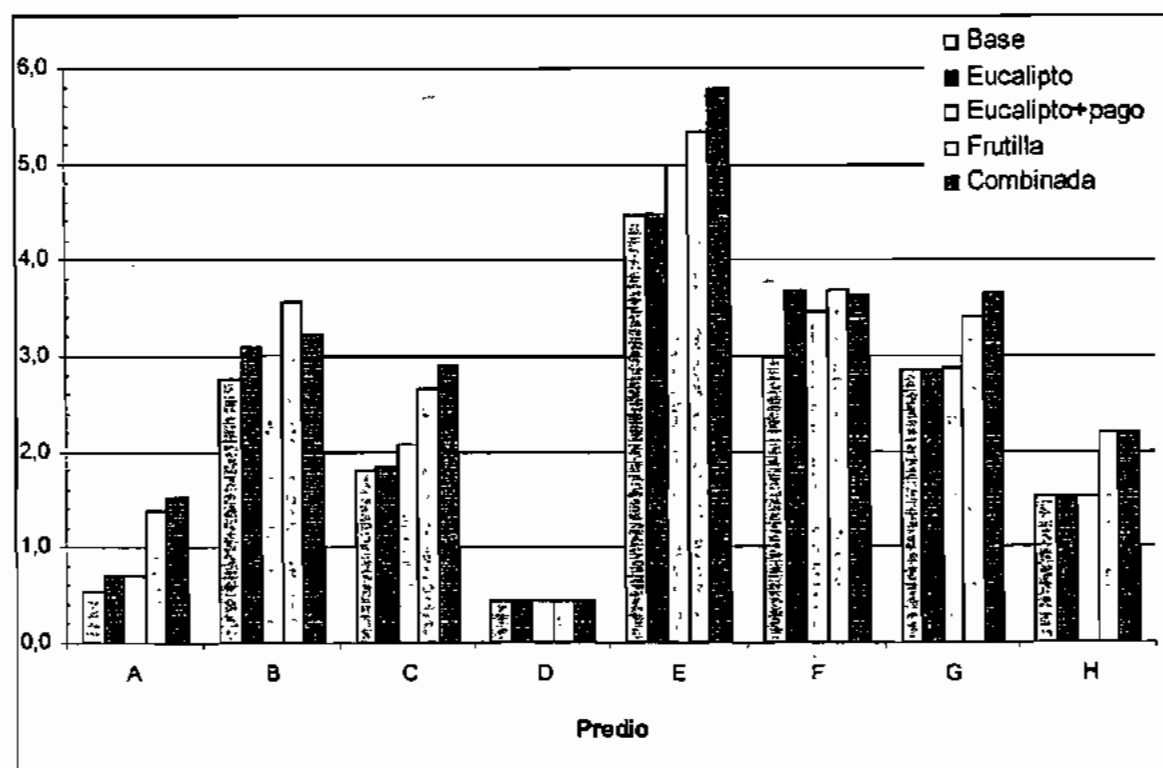
| Suelo | Escenario |        |       |                |                |
|-------|-----------|--------|-------|----------------|----------------|
|       | Max MB    | Min DI | Min E | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| Plano | 1,50      | 1,48   | ---   | 0,24           | 0,24           |
| Loma  | 5,99      | 5,90   | ---   | 0,96           | 0,96           |
| Total | 52,40     | 10,73  | ---   | 53,68          | 10,74          |

## 5.4 ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO

### 5.4.1 Efecto de las políticas de desarrollo sobre los márgenes brutos prediales

A nivel predial cada política y cada escenario (Max MB, Min E, Min DI, L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub>) tuvo un efecto diferente sobre el MB. Al calcular las soluciones eficientes para Max MB se observaron cambios significativos en todos los predios, excepto el predio D (Tabla 50). Es importante recordar que este predio tenía serios problemas de disponibilidad de mano de obra. Tal como era esperado, los

Tabla 50 Márgenes brutos prediales generados al maximizar el margen bruto microregional y para cada una de las políticas analizadas (mill \$)



mayores aumentos se produjeron con la política combinada, excepto para los predios B y F, para los cuales la introducción de frutillas produce un mayor aumento. Esta aparente contradicción se debe a las restricciones de mano de obra, determinan que en uno u otro caso ella se distribuya en los predios en que sus beneficios marginales fueron mayores.

Debido a que se especificaron valores mínimos para el margen bruto predial, la minimización de la erosión no tuvo efecto alguno sobre los predios, excepto para el predio H que mostró una leve mejoría en su MB. Por este motivo no se presentan estos resultados en detalle. Sin embargo si éstas restricciones no hubiesen sido consideradas, una reducción en la pérdida de suelo hubiese sido posible. La Tabla 51 muestra los resultados que se obtuvieron al minimizar la pérdida de suelo bajo la situación base (sin restricciones de ingreso ni implementación de políticas). Se observa que, comparado a la situación inicial (Max MB), es posible lograr una significativa reducción en la erosión a nivel microregional y a nivel de todos los predios. En términos porcentuales, significó reducir la erosión entre 13,6% (predio C) y 100% (predio H). Esta última es posible ya que este campesino trabajaba como asalariado y sus ingresos agrícolas provienen de tomar tierras en medias o dar animales en medias. Sin embargo el costo de reducir esta pérdida en términos de

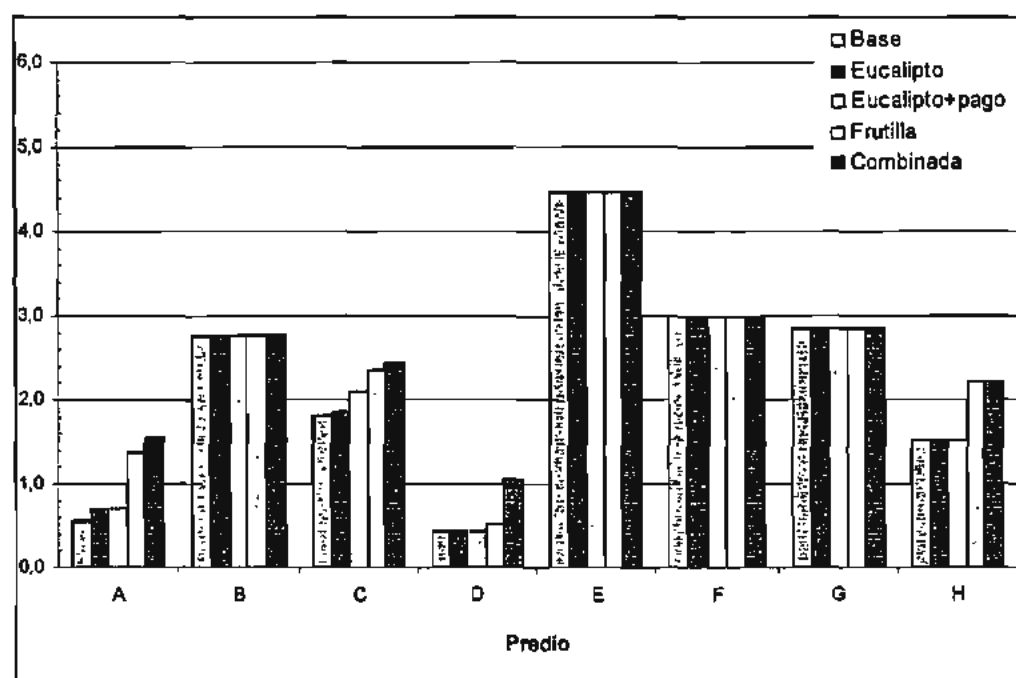
Tabla 51 Soluciones a la maximización del margen bruto y la minimización de la erosión en la situación base y sin restricciones que limiten el ingreso mínimo

| Modelo | Objetivo    | Escenario   |            | Cambio | Trade-off (\$/t) |
|--------|-------------|-------------|------------|--------|------------------|
|        |             | Max MB      | Min E      |        |                  |
| MR     | MB (\$)     | 107.498.814 | 77.312.407 | 28,1%  | 1.516            |
|        | Erosión (t) | 39.979      | 20.067,6   | 49,8%  |                  |
| A      | MB          | 554.038     | 425.193    | 23,3%  | 321              |
|        | Erosión (t) | 730         | 329        | 54,9%  |                  |
| B      | MB (\$)     | 2.764.290   | 1.388.802  | 49,8%  | 3.356            |
|        | Erosión (t) | 707         | 297        | 58,0%  |                  |
| C      | MB (\$)     | 1.808.217   | 1.641.731  | 9,2%   | 1.443            |
|        | Erosión (t) | 847         | 732        | 13,6%  |                  |
| D      | MB (\$)     | 443.400     | 144.000    | 67,5%  | 1.825            |
|        | Erosión (t) | 198         | 34         | 82,8%  |                  |
| E      | MB (\$)     | 4.475.771   | 3.310.884  | 26,0%  | 2.055            |
|        | Erosión (t) | 1160        | 593        | 48,9%  |                  |
| F      | MB (\$)     | 2.998.430   | 2.476.152  | 17,4%  | 3.638            |
|        | Erosión (t) | 317         | 173        | 45,4%  |                  |
| G      | MB (\$)     | 2.862.654   | 2.347.866  | 18,0%  | 8.127            |
|        | Erosión (t) | 101         | 38         | 62,5%  |                  |
| H      | MB (\$)     | 1.529.106   | 735.936    | 51,9%  | 2.117            |
|        | Erosión (t) | 375         | 0          | 100,0% |                  |

un menor margen bruto fue muy variable. En efecto, el predio C redujo sus ingresos en sólo 9,2% mientras que el predio D la redujo en un 76,5%. Esta gran variabilidad se reflejó en los intercambios entre objetivos. Para el predio A disminuir la erosión en una tonelada le significó reducir su MB en \$ 321 mientras que para el predio G ello significó \$ 8.127 (Tabla 51). Indudablemente estos resultados demuestran que políticas que limiten las pérdidas de suelo tendrán un impacto muy disímil sobre los predios.

Tal como era de esperar, al minimizar las diferencias en ingreso (Figura 22), los predios con ingresos inferiores al promedio microregional (predios A, C, D y H) aumentaron sus MB mientras los demás no sufrieron cambios.

Figura 22 Márgenes brutos prediales generados al minimizar las diferencias en ingreso microregionales para cada una de las políticas analizadas (mill \$)



Las dos soluciones compromiso también mejoraron los MB de predios bajo el promedio, aunque la solución  $L_{\infty}$  mejoró además los MB de los predios B, F y G (Figura 23 y Figura 24). La solución  $L_{\infty}$  también mostró diferente ordenamiento de las políticas a nivel predial. La introducción de frutillas en el predio B no fue tan exitosa como para los demás predios, mientras que para el predio G fue la mejor alternativa, incluso superior a la política combinada.

Figura 23 Márgenes brutos prediales generados por la solución compromiso  $L_1$  para cada una de las políticas analizadas (mill \$)

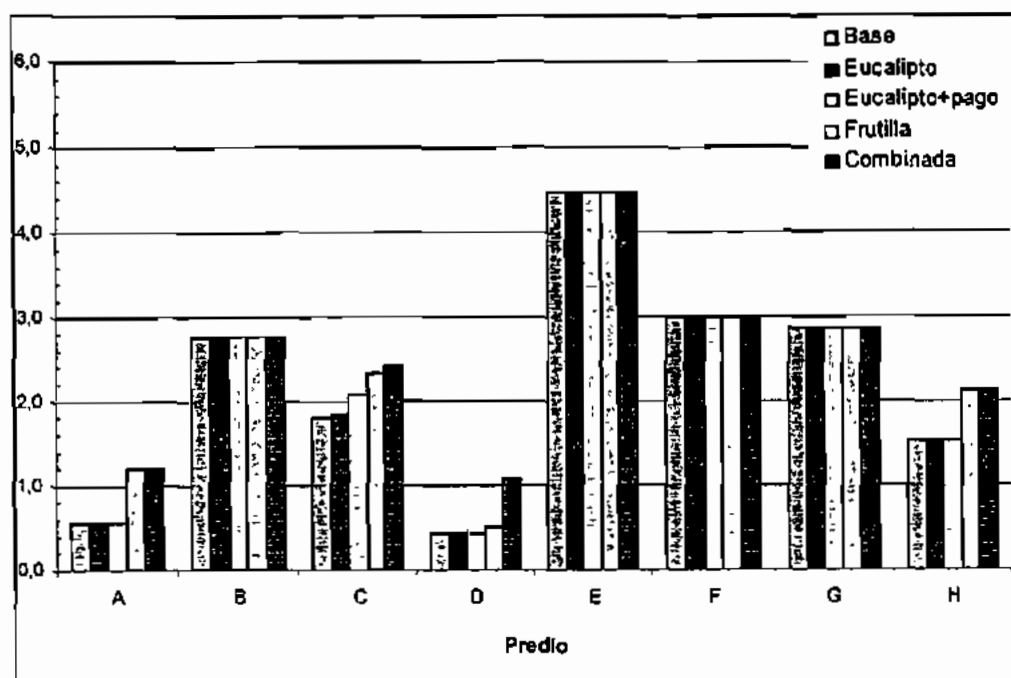
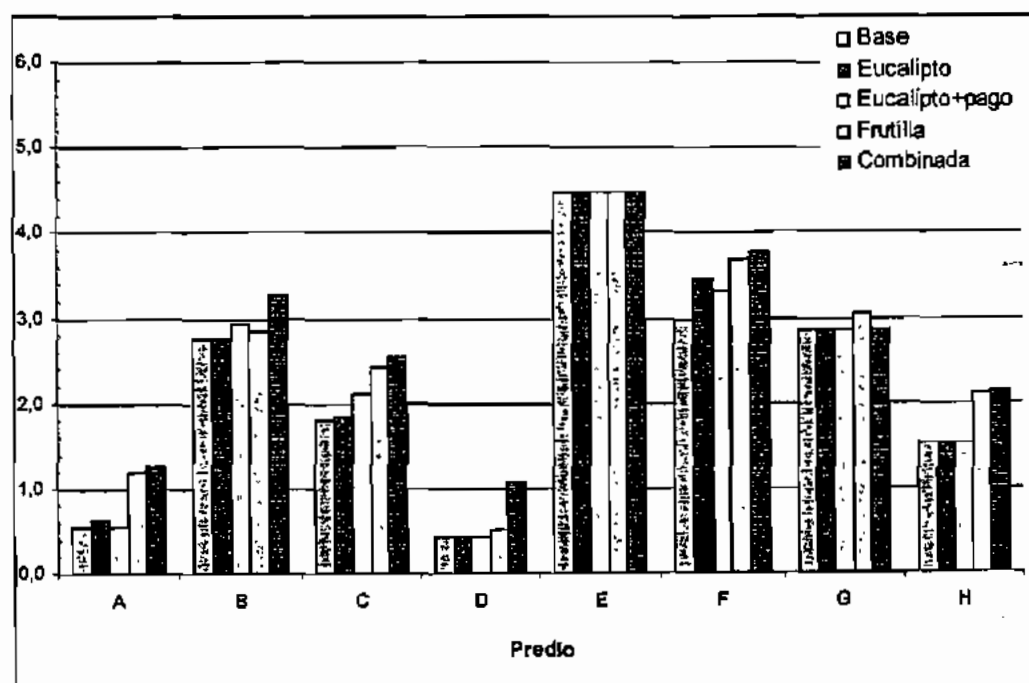


Figura 24 Márgenes brutos prediales generados por la solución compromiso  $L_2$  y para cada una de las políticas analizadas (mill \$)



Estos resultados muestran como el objetivo de distribución del ingreso y los límites mínimos al ingreso afectaron a estas políticas. Por ejemplo, el predio E que presentó el máximo incremento en sus ingresos al maximizar el MB microregional, no se vio modificado en ninguno de los otros escenarios. Más aún, los predios con mayores ingresos se vieron menos beneficiados por cada una de las políticas en comparación con los predios con bajos ingresos.

#### 5.4.2 Intercambios entre objetivos

La determinación de los intercambios o 'trade-offs' que existen entre objetivos es uno de los principales problemas que se enfrenta al analizar tres o más objetivos conflictivos. Incluso cuando sólo dos de ellos son graficados en un espacio de dos dimensiones es difícil observar curvas de intercambio que reflejan el costo marginal creciente en términos de un objetivo que involucra mejorar otro objetivo. En términos de un gráfico ello implica curvas convexas o cóncavas hacia el origen. Los puntos extremos en una curva de intercambios se encuentran al optimizar cada criterio independientemente. Las demás soluciones eficientes representan los puntos intermedios. En una curva estándar la pendiente es siempre creciente (o decreciente) ya que un aumento constante en el nivel de logro de un objetivo se acompaña siempre de una disminución cada vez mayor en el nivel de logro del otro objetivo. El problema es que al especificar otra función objetivo se desplazan las soluciones eficientes intermedias, observándose un polígono en vez de una curva. Este problema puede ser solucionado parcialmente si se obtiene un conjunto grande de soluciones eficientes (utilizando por ejemplo la programación multiobjetivo) y éstas son luego graficadas en un espacio tridimensional. De ésta forma se obtiene en vez de una curva una superficie que representa las soluciones eficientes.

La situación antes descrita fue observada al graficar el MB y la pérdida de suelo para las cinco soluciones eficientes para las políticas analizadas (Figura 25). Cada polígono representa una política y las esquinas una solución eficiente. Si por ejemplo no se considera la solución eficiente Min ID para la política combinada, se obtiene una curva de intercambios normal: las soluciones eficientes para MG y erosión representan las soluciones extremas y las soluciones eficientes  $L_1$  y  $L_\infty$  representan los puntos intermedios. Sin embargo cuando se incluyó la distribución del ingreso como un criterio de optimización, las soluciones  $L_1$  fueron desplazadas<sup>18</sup>. Aún más, si sólo se consideran los objetivos de MB y erosión la solución Min DI está dominada por ambas soluciones compromiso (Figura 25)<sup>19</sup>.

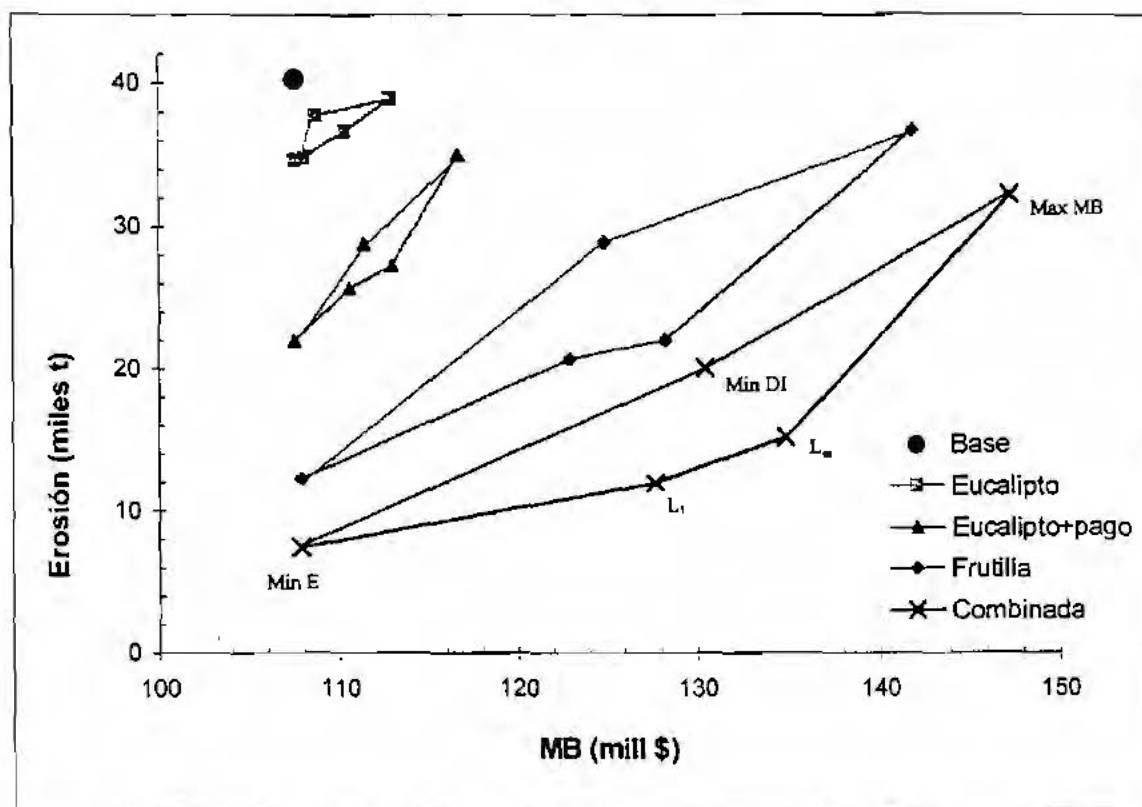
---

<sup>18</sup>  $L_\infty$  minimiza la distancia máxima del punto ideal y en este caso particular no fue desplazada al introducirse un nuevo objetivo.

<sup>19</sup> Se unieron los dos puntos extremos para resaltar que los puntos eficientes representan una superficie en vez de una curva.

Si se comparan las políticas entonces las curvas claramente indican el mejoramiento en pérdida de suelo y MB producto de la introducción de frutillas y especialmente de la política combinada.

Figura 25 Curva de intercambios entre margen bruto microregional y pérdida de suelo microregional para las políticas analizadas

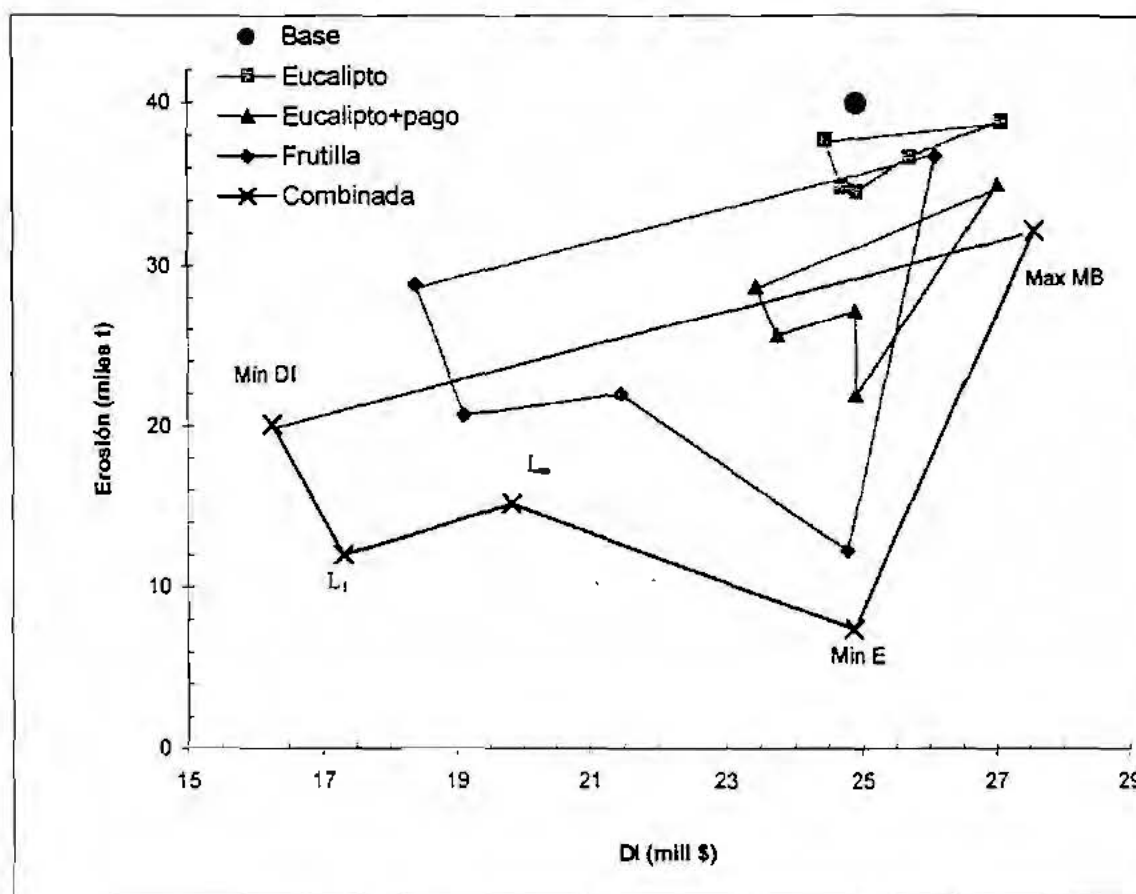


Notas: La introducción de praderas de falaris y trébol subterráneo no es presentada ya que no modificó significativamente el escenario base.

Max MB, Min DI, Min E, L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub> representan las soluciones eficientes al optimizar MB, diferencias de ingreso, pérdida de suelo, L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub>, respectivamente.

Al graficar diferencias de ingreso versus pérdida de suelo entonces se espera una curva convexa hacia el origen con pendiente negativa y decreciente, ya que los dos objetivos se minimizan. Sin embargo pareció que no existía conflicto entre estos dos objetivos, ya que se observó una pendiente positiva entre las soluciones L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub> (Figura 26). Ello fue producto de la solución L<sub>∞</sub>, la que nuevamente estaba desplazada, dando la impresión que era dominada por L<sub>1</sub>.

Figura 26 Curva de intercambios entre diferencias de ingreso microregional y pérdida de suelo microregional para las políticas analizadas

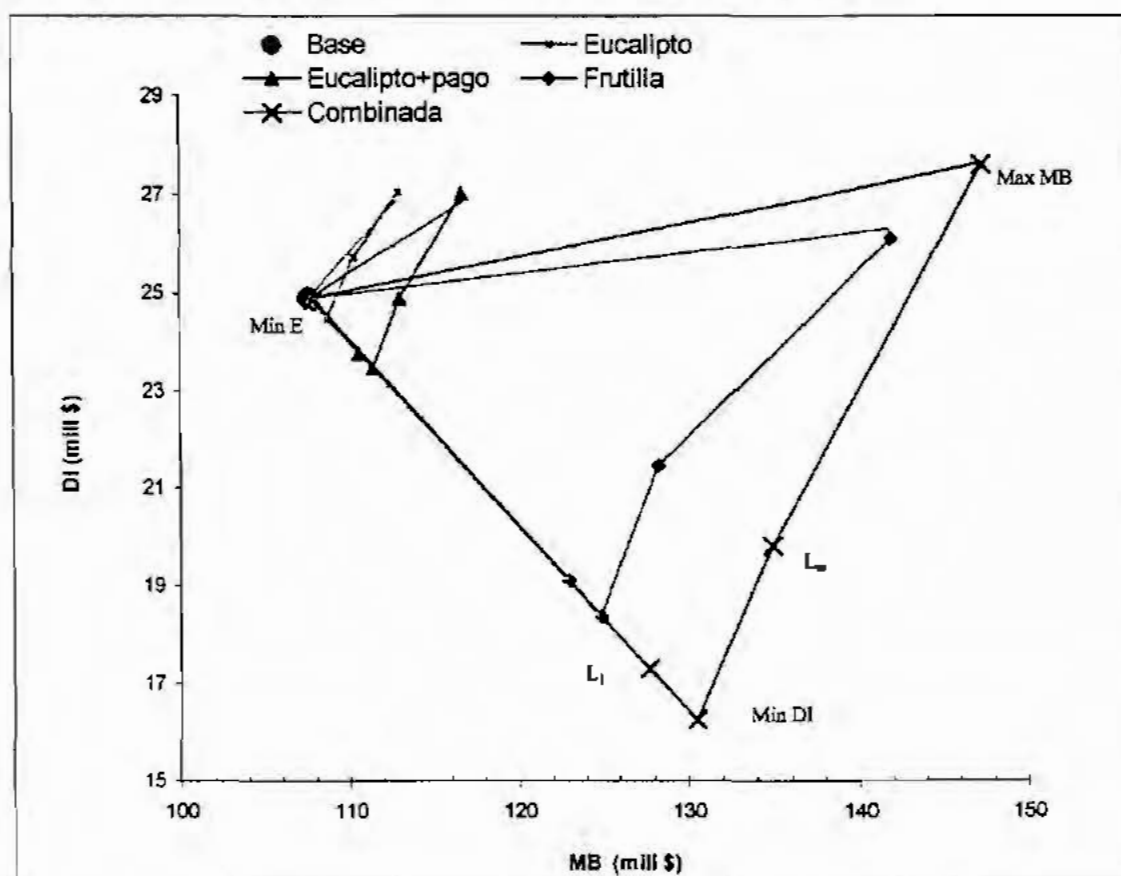


Notas: La introducción de praderas de falaris y trébol subterráneo no es presentada ya que no modificó significativamente el escenario base.

Max MB, Min DI, Min E,  $L_1$  y  $L_\infty$  representan las soluciones eficientes al optimizar MB, diferencias de ingreso, pérdida de suelo,  $L_1$  y  $L_\infty$ , respectivamente.

Cuando existe un conflicto entre un objetivo maximizado y uno minimizado, entonces la curva de intercambio muestra una pendiente positiva y en aumento, tal como se observó entre MB y erosión para la política combinada (Figura 25). Sin embargo, el gráfico con los intercambios entre margen bruto y diferencias de ingreso (Figura 27) no mostró tales rendimientos marginales decrecientes, debido a que tanto la solución  $L_1$  como la  $L_\infty$  habían sido desplazadas

Figura 27 Curva de intercambios entre margen bruto microregional y pérdida de suelo microregional para las políticas analizadas



Notas: La introducción de praderas de falaris y trébol subterráneo no es presentada ya que no modificó significativamente el escenario base.

Max MB, Min DI, Min E, L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> representan las soluciones eficientes al optimizar MB, diferencias de ingreso, pérdida de suelo, L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>, respectivamente.

A pesar de ello, al compararse solamente los polígonos que representan cada una de las políticas, quedó de manifiesto que el impacto de la introducción de frutillas y especialmente de la política combinada sobre MB y DI fue mayor que al introducirse eucaliptos en cualquiera de las dos modalidades analizadas. Este hecho se reflejó por el mayor área cubierta por los polígonos que representan las diferentes políticas y por el dominio que mostró la política combinada sobre las soluciones con eucaliptos.

El valor de los intercambios fue calculado considerando sólo las soluciones extremas (es decir Max MB, Min DI y Min E), debido a las dificultades que representó analizarlos considerando todas las soluciones eficientes. Los valores de intercambio calculados bajo esta perspectiva se presentan en la Tabla 52. Los intercambios representan cuanto se debe sacrificar el nivel de logro de un objetivo con el fin de mejorar el nivel de logro del otro. Al expresar ambos valores en las

unidades en que los objetivos fueron medidos, permiten de cierta forma valorar un objetivo en términos de otro. Así por ejemplo, reducir la erosión en 1 t/ha bajo el escenario de la introducción de eucaliptos significó reducir el MB en \$ 1.252. Sin embargo la misma reducción se logró sacrificando sólo \$ 698 si se implementa la política de eucaliptos con pagos anticipados.

Tabla 52 Valor de los intercambios entre los objetivos para cada política, considerando sólo las soluciones eficientes extremas

| Política           | MB y erosión | Diferencia de ingreso y erosión | MB y diferencia de ingreso |
|--------------------|--------------|---------------------------------|----------------------------|
| Eucaliptos         | 1.252 \$/t   | -140 \$/t                       | 1,61 \$/\$                 |
| Eucaliptos y pagos | 698 \$/t     | -214 \$/t                       | 1,47 \$/\$                 |
| Frutillas          | 1.391 \$/t   | -386 \$/t                       | 2,20 \$/\$                 |
| Combinada          | 1.596 \$/t   | -682 \$/t                       | 1,48 \$/\$                 |

Los resultados indicaron que la introducción de eucaliptos (especialmente con pagos) presentó los menores intercambios de todas las políticas, especialmente los relacionados con erosión. Sin embargo, y tal como se vio en las figuras anteriores el rango sobre el cual estos intercambios fueron relevantes fue mucho menor que para las otras políticas. Comparado con la introducción de frutillas, la política combinada presentó menores trade-offs entre MB y diferencias de ingreso, pero mayores trade-offs entre distribución del ingreso y erosión. De acuerdo a estos resultados y desde el punto de vista de los intercambios entre objetivos, la introducción de eucaliptos con pagos representó la mejor alternativa, ya que el mejoramiento en un objetivo es alcanzado con los menores costos en términos de los otros objetivos. Sin embargo debe hacerse notar que este análisis se realizó considerando sólo tres soluciones eficientes.

#### 5.4.3 Efecto de las políticas de desarrollo sobre la distribución del ingreso

Tal como se mencionó en la Sección 3.6.2 la minimización de las diferencias en ingreso se utilizó como estimador del coeficiente de Gini, debido a que no fue posible incluir éste en modelos lineales de optimización. Para determinar si efectivamente existió una relación entre ambos indicadores, se calculó G para todas las soluciones eficientes (Tabla 53). Los resultados mostraron que, en comparación a la situación base ( $G = 30,6\%$ ) la introducción de eucaliptos aumenta este indicador, excepto al minimizar las diferencias de ingreso. En el caso de las demás combinaciones de políticas, todas excepto una solución presentaron una mejoría en este indicador. Solo cuando el MB microregional es maximizado para la política eucaliptos más pagos se benefician en mayor proporción los predios de mayores ingresos.

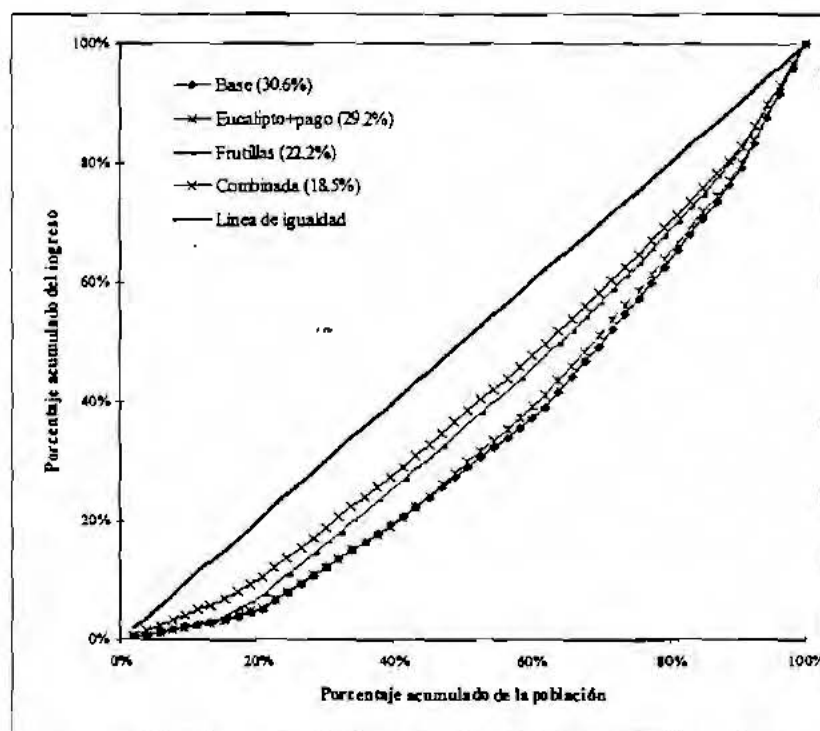
Tabla 53 Coeficiente de Gini para todas las soluciones eficientes (%)

| Política           | Solución eficiente |        |       |                |                |
|--------------------|--------------------|--------|-------|----------------|----------------|
|                    | Max MB             | Min DI | Min E | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |
| Base               | 30,6               | ---    | ---   | ---            | ---            |
| Eucaliptos         | 31,2               | 30,0   | 30,7  | 30,6           | 31,0           |
| Eucaliptos y pagos | 31,5               | 29,2   | 30,5  | 29,8           | 30,3           |
| Frutillas          | 26,3               | 22,2   | 30,4  | 23,1           | 24,5           |
| Combinada          | 26,5               | 18,5   | 30,4  | 19,8           | 20,8           |

Nota: No se presentan los resultados para pradera de falaris y trébol subterráneo, ya que no afectaron esta variable.

El cambio en la distribución del ingreso también se observó al graficar las curvas de Lorenz. La Figura 28 presenta dichas curvas para todas cuatro soluciones en que se minimizó las diferencias de ingreso. En ella las curvas más alejadas de la línea de igualdad presentan peores distribuciones del ingreso y por lo tanto coeficientes de Gini más altos. Las curvas representando las políticas combinada e introducción de frutillas tuvieron los G más bajos y por lo tanto se ubicaron más cerca de la línea de igualdad.

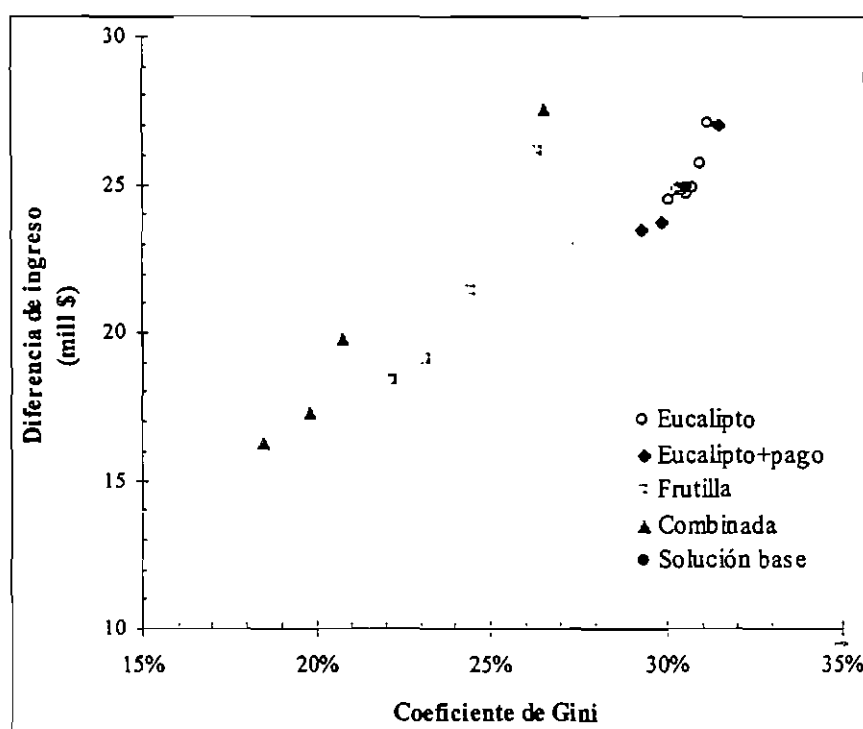
Figura 28 Curvas de Lorenz y sus correspondientes coeficientes de Gini para algunas soluciones en que se minimizó ID



No se presentan las curvas para eucalipto y praderas de falaris y trébol subterráneo, debido al escaso efecto que tuvieron sobre la distribución del ingreso.

La alta correlación que existió entre DI y G ( $R^2 = 88,0\%$ ) indicó que el ajuste entre ambas variables fue adecuado. De hecho al compararse soluciones para una misma política, menores diferencias en los ingresos siempre significaron menores valores para G, excepto para las soluciones con el mayor G en las políticas frutilla y combinada (Figura 29). Sin embargo al comparar todas las soluciones esta relación no siempre fue cierta, especialmente cuando los valores de diferencia de ingreso fueron altos. A pesar de ello, los resultados indicaron que el uso de la minimización de las diferencias de ingreso entre predios es una alternativa adecuada para medir la distribución de el ingreso y su cambio. Se debe tener en cuenta eso sí que ello no implica que al minimizar las diferencias de ingreso se haya necesariamente encontrado la solución con el menor coeficiente de Gini (y con ello la mejor distribución del ingreso).

Figura 29 Relación entre el coeficiente de Gini y las diferencias de ingreso prediales para algunas de las políticas analizadas



#### 5.4.4 Análisis comparativo

La Tabla 54 presenta un resumen a nivel microregional del impacto de todas las políticas analizadas para cada uno de los objetivos. Debido a la inclusión de niveles mínimos de MB predial, ninguna solución presentó MB inferiores a la situación base. Con respecto a la pérdida de suelo la situación fue incluso mejor, ya que bajo todos los escenarios ésta disminuyó, aunque no siempre

Tabla 54 Valor de las funciones objetivo y distancia de la solución ideal para el conjunto de soluciones eficientes

| Política y solución | Valor de la función objetivo |                 |                | Distancia      |                |       |
|---------------------|------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
|                     | MB<br>(mill \$)              | DI<br>(mill \$) | E<br>(miles t) | L <sub>1</sub> | L <sub>∞</sub> |       |
| Base Max MB         | 107,5                        | 24,9            | 40,0           | 2,764          | 1,000          |       |
| Eucalipto           | Max MB                       | 112,8           | 27,1           | 38,8           | 2,785          | 0,964 |
|                     | Min DI                       | 108,7           | 24,5           | 37,7           | 2,625          | 0,971 |
|                     | Min E                        | 107,5           | 24,9           | 34,6           | 2,597          | 1,000 |
|                     | L <sub>1</sub>               | 108,0           | 24,7           | 34,8           | 2,573          | 0,987 |
|                     | L <sub>∞</sub>               | 110,3           | 25,7           | 36,6           | 2,662          | 0,930 |
| Eucalipto+pago      | Max MB                       | 116,6           | 27,0           | 34,9           | 2,566          | 0,950 |
|                     | Min DI                       | 111,4           | 23,4           | 28,7           | 2,192          | 0,903 |
|                     | Min E                        | 107,5           | 24,9           | 21,9           | 2,209          | 1,000 |
|                     | L <sub>1</sub>               | 110,6           | 23,8           | 25,6           | 2,144          | 0,923 |
|                     | L <sub>∞</sub>               | 112,9           | 24,9           | 27,2           | 2,231          | 0,863 |
| Frutilla            | Max MB                       | 141,8           | 26,1           | 36,7           | 1,904          | 0,898 |
|                     | Min DI                       | 124,8           | 18,4           | 28,8           | 1,407          | 0,657 |
|                     | Min E                        | 107,8           | 24,8           | 12,2           | 1,892          | 0,992 |
|                     | L <sub>1</sub>               | 122,9           | 19,1           | 20,6           | 1,271          | 0,613 |
|                     | L <sub>∞</sub>               | 128,2           | 21,5           | 22,0           | 1,385          | 0,478 |
| Falaris y trébol    | Max MB                       | 107,5           | 24,9           | 40,0           | 2,761          | 1,000 |
|                     | Min DI                       | 107,5           | 24,9           | 40,0           | 2,761          | 1,000 |
|                     | Min E                        | 107,5           | 24,9           | 39,7           | 2,754          | 1,000 |
|                     | L <sub>1</sub>               | 107,5           | 24,9           | 39,7           | 2,753          | 0,999 |
|                     | L <sub>∞</sub>               | 107,5           | 24,9           | 39,8           | 2,754          | 0,999 |
| Combinada           | Max MB                       | 147,3           | 27,6           | 32,1           | 1,758          | 1,000 |
|                     | Min DI                       | 130,4           | 16,2           | 20,1           | 0,811          | 0,423 |
|                     | Min E                        | 107,8           | 24,9           | 7,4            | 1,753          | 0,992 |
|                     | L <sub>1</sub>               | 127,7           | 17,3           | 12,0           | 0,724          | 0,493 |
|                     | L <sub>∞</sub>               | 134,8           | 19,8           | 15,2           | 0,865          | 0,315 |

Notas: Los valores en negrita corresponden al conjunto de soluciones eficientes; valores subrayados representan el valor ideal para cada objetivo; celdas sombreadas representan las soluciones más próximas al ideal (métrica L<sub>1</sub> y L<sub>∞</sub>)

en niveles significativos. Las diferencias de ingreso en cambio aumentaron en cinco escenarios, se mantuvieron en nueve y bajaron en once. Es importante destacar que siempre que se maximizó MB las diferencias de ingreso empeoraron. Es decir todas las políticas analizadas tendieron a favorecer a los campesinos de mayores ingresos. En todas las políticas (excepto falaris y trébol que casi no tuvo efecto) la solución Min DI logró mejorar los tres criterios de sustentabilidad.

Al comparar las soluciones presentadas en la Tabla 54 se observó que algunas fueron dominadas por otras. Por ejemplo la solución  $L_1$  para la política combinada domina todas las soluciones de las políticas introducción de eucaliptos (sin y con pagos anticipados) y establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo, además de tres soluciones para el cultivo de frutillas (Min DI, Min E y la solución compromiso  $L_1$ ). Es decir tiene mejores niveles de logro para cada uno de los objetivos comparada con las soluciones de las políticas mencionadas. De esta forma fue posible reducir las 26 soluciones a un conjunto de sólo seis soluciones no dominadas. Estas fueron las cinco soluciones para la política combinada y la solución de máximo MB para la introducción de frutillas. Para seleccionar la solución más adecuada se calculó la distancia de cada solución con respecto a su punto ideal, definido como el nivel máximo de logro posible para cada objetivo, considerando sólo las soluciones eficientes presentadas en la Tabla 54. La solución ideal así estimada fue de \$ 147,3 mill de MB, \$ 16,2 mill de diferencia de ingresos y 7.413 t de pérdida de suelo. Finalmente se calculó la distancia  $L_1$  y  $L_\infty$  para cada una de las soluciones (Tabla 54). Los resultados mostraron que desde esta perspectiva las soluciones compromiso  $L_1$  y  $L_\infty$  para la política combinada fueron las más cercanas al ideal y que por lo tanto fueron las más adecuadas para mejorar la sustentabilidad de los sistemas analizados.

## **6. RESUMEN Y CONCLUSIONES**

En este capítulo se presentan las principales conclusiones del proyecto, así como sus implicancias prácticas y recomendaciones futuras. Primero se presentarán las conclusiones desde un punto de vista metodológico y luego desde el punto de vista de los análisis realizados.

### **6.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

#### **6.1.1 El desarrollo de un marco de análisis de la sustentabilidad de los sistemas de producción campesinos**

Antes de poder desarrollar el método de análisis, fue necesario encontrar o formular una definición de sustentabilidad, sobre la cual se basaría todo el análisis posterior. Se encontró una gran variedad de definiciones, las que consideraban desde aspectos muy puntuales hasta visiones de lo que deberían ser sistemas sustentables. Frecuentemente se encontró el uso del término agricultura sustentable sin que se indicara el porqué de sus sustentabilidad o simplemente asumiendo que lo ambientalmente correcto era sinónimo de sustentabilidad. La no consideración en absoluto de aspectos económicos, sociales o simplemente de la factibilidad técnica en relación a los sistemas de producción existentes, puede significar que al final dicha agricultura no sea sustentable. Por lo tanto se concluyó que cualquier estudio que desee seriamente hacer un aporte al tema, debe presentar una definición de sustentabilidad, para que de esta forma sea posible evaluar si la propuesta efectivamente es sustentable. En este estudio en particular, se definió que la sustentabilidad estaba dada por la factibilidad económica, la aceptabilidad social y el impacto ambiental.

Por otro lado se observó que el concepto de sustentabilidad nace de, entre otros, conflictos que son centrales al desarrollo del sector agropecuario. En primer lugar, y tal como se mencionó anteriormente, aquellos que involucran los aspectos económicos, sociales y ambientales de la agricultura. En segundo lugar aquellos que involucran diferentes centros de decisión, esto es agricultores y campesinos por un lado y decisores públicos (y con ello la sociedad como un todo) por otro. Un tercer conflicto es el que nace entre las generaciones presentes y las futuras. Este conflicto, llamado también el problema intergeneracional, requiere que las generaciones presentes cuiden los recursos que serán utilizados por las generaciones futuras.

Una tercera conclusión fue que el análisis de la sustentabilidad requiere considerar los sistemas de producción como la unidad básica de análisis, debido a que sustentabilidad se relaciona con la

utilización de los recursos y la decisión de cómo se utilizan los recursos es realizada a este nivel. Sin embargo, desde el punto de vista del decisor público éste no es un problema relacionado con un solo productor, por lo que su análisis debe considerar una unidad mayor, que generalmente corresponde a áreas para las cuales se definen políticas o acciones de desarrollo. Además, la sustentabilidad de un sistema no garantiza la sustentabilidad de una región más extensa, debido a que los sistemas en dicha área varían en términos de disponibilidad de recursos y orientaciones productivas. Por lo tanto, el análisis de la sustentabilidad debe considerar necesariamente al predio como la unidad de decisión y al área en que éste se encuentra como la unidad de análisis. Ahora bien debido a heterogeneidad de sistemas de producción presentes en dicha área, es necesario considerar dicha variabilidad al realizar el análisis.

#### 6.1.2 La inclusión del concepto de sustentabilidad en modelos agropecuarios de toma de decisión

Este estudio utilizó la decisión multicriterio como marco teórico para la construcción de modelos que pudiesen dar cuenta de los factores que determinasen la sustentabilidad de la microregión analizada. Los modelos de decisión multicriterio han sido frecuentemente utilizados para evaluar, desde un punto de vista económico y/o ambiental, programas de producción, acciones desarrollo o políticas específicas. Los criterios que se han utilizado para ello han sido margen bruto, valor presente neto, pérdida de suelo, uso de agroquímicos, riego, etc. Lamentablemente poco esfuerzo se ha realizado para incluir objetivos de tipo social en dichos modelos. Ello refleja que uno de los desafíos más grandes en el uso de modelos multicriterio es la definición, especificación y medición de funciones objetivo que permitan evaluar las distintas dimensiones involucradas en este concepto.

#### 6.1.3 Un método para medir la sustentabilidad utilizando modelos multicriterio

El propósito es determinar que acción o política de desarrollo contribuye en mayor forma a aumentar la sustentabilidad de los sistemas campesinos. Por lo tanto es esencial determinar primero cuales son las determinantes locales de la sustentabilidad y como serán estas medidas, esto es que indicadores se utilizarán en su medición. Por otro lado se requiere identificar los sistemas de producción existentes en la zona, a través de una tipificación de una muestra de los predios existentes. Se usó análisis multivariado en la creación de esta tipología. Luego se construyeron modelos de decisión multicriterio prediales y microregionales los que fueron optimizados de acuerdo a los criterios que definen la sustentabilidad en dicha zona. Como resultado de ello se puede determinar cual o cuales acciones de desarrollo tienen *a priori* el mayor impacto sobre la sustentabilidad microregional.

Una característica adicional de esta aproximación es que evita tratar el aspecto tiempo, por lo que los requerimientos de información durante la fase de construcción de los modelos son considerablemente menores. La sustentabilidad es un problema de equidad intergeneracional, por lo que las preferencias temporales debiesen ser consideradas. El problema es que los actores involucrados se basan en juicios subjetivos y no objetivos al hacer explícitas estas preferencias. Para evitar este problema el método desarrollado asumió que una reducción de los impactos negativos y un aumento de los impactos positivos de la agricultura benefician tanto a generaciones presentes como futuras.

Por otro lado este método no requiere definir en términos numéricos cuando un sistema es sustentable y por lo tanto tampoco definir valores umbrales de sustentabilidad. Simplemente se postula que al mejorar los criterios que definen sustentabilidad se garantiza que el desarrollo se está conduciendo a lo largo de vías de desarrollo sustentable. Estas en cambio sí implican que en el mediano o largo plazo los sistemas serán sustentables.

Aunque éste método fue probado sólo en una microregión, los resultados mostraron que es posible analizar la sustentabilidad a través del uso de modelos de decisión multicriterio, y que por lo tanto su aplicabilidad general puede ser hecha extensiva a otras áreas.

## **6.2 RESULTADOS ANALÍTICOS**

El método desarrollado generó resultados no sólo en el uso de los modelos y la interpretación de sus resultados, sino que también durante la fase de construcción, calibración y validación de los modelos.

### **6.2.1 Resultados de la construcción, calibración y validación de los modelos**

#### **6.2.1.1 Selección de los indicadores de sustentabilidad**

La selección del indicador económico y su inclusión en los modelos no tuvo problemas. Se utilizó el margen bruto predial como el estimador más apropiado de utilidad económica.

La selección del criterio ambiental depende estrictamente de las circunstancias locales. Basado en observación empírica más algunos estudios sobre la zona se determinó que la erosión del suelo es la amenaza más importante que presenta la agricultura sobre la sustentabilidad de la microregión. Para estimar la pérdida potencial de suelo y debido a la ausencia de datos de campo, se usó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y su versión revisada (RUSLE) (Wischmeier, 1978; Renard, 1994; Renard, 1995).

Con respecto a la aceptabilidad social ésta fue analizada a través de evaluar el impacto que tuvieron las políticas de desarrollo sobre la distribución del ingreso. Existen dos argumentos a favor de su uso. Primero, es política de gobierno lograr un crecimiento económico con equidad; lo que significa que los beneficios de dicho crecimiento deben ser distribuidos entre toda la población. Segundo, se espera que las políticas que vayan a favor de los sectores más desposeídos son aceptadas mejor que aquellas que benefician a los sectores con más recursos<sup>20</sup>. Por lo tanto se asumió que tanto para el decisor público como para el campesino, las acciones serán aceptables si mejora el ingreso de los más pobres, pero sin empeorar el de los menos pobres. Como no fue posible modelar la distribución del ingreso ni el coeficiente de Gini en estos modelos, se utilizó un estimador de la equidad. Este correspondió a las diferencias entre los ingresos prediales esperados y el ingreso predial promedio de todos los predios analizados.

#### 6.2.2 Una tipología de sistemas de producción campesinos para el Secano Costero

Tal como se mencionó anteriormente en una microregión existe una variedad de sistemas de producción, los que deben ser consideradas en el proceso de análisis. Por lo tanto se requirió construir una tipología de estos sistemas, que permitiese reducir esta variabilidad considerando las similitudes existentes entre los predios microregionales. El proceso de tipificación utilizado contó con seis etapas o fases.

Durante la primera etapa se definió el contexto específico bajo el cual se tipificó. Como el objetivo final era analizar la respuesta de los sistemas de producción frente a acciones o políticas de desarrollo, se planteó la hipótesis que su respuesta estaría dada por la disponibilidad de recursos que tenían los predios. Por lo tanto la construcción de la tipología debía dar mayor importancia a variables tales como disponibilidad de trabajo, tierra y capital y menor importancia a otras variables, como por ejemplo educación o tecnologías productivas.

Durante la segunda etapa se definió cuales serían las variables específicas que serían colectadas para realizar la tipificación. De acuerdo a la hipótesis planteada y a las características generales de los predios campesinos en la zona, se decidió recoger información relativa a:

- i. Disponibilidad de trabajo: Se determinó la cantidad de meses trabajados por cada miembro familiar en actividades prediales y extraprediales

---

<sup>20</sup> La distinción entre campesino pobres y menos pobres es relativa, ya que de hecho todos los campesinos ase encuentran en los estratos más bajos de acuerdo a los ingresos familiares.

- ii. Disponibilidad de tierra: Se determinó la superficie disponible, su origen (propia, heredada, tomada o dada en mediería, etc.), su uso (cultivos, praderas, huertas, bosques, etc.) y su uso potencial (cultivable, no cultivable, de riego, etc.)
- iii. Disponibilidad de capital: Se determinó el acceso a créditos (INDAP y/o privados), la existencia de ahorros y las existencias de ganado

Esta información fue recogida durante la tercera fase desde fuentes de información secundarias de una muestra aleatoria de 67 predios campesinos de la microregión.

La cuarta etapa se concentró en la generación de la tipología utilizando métodos de análisis estadístico multivariados. Primero se depuró y seleccionó la información que sería utilizada en la tipificación. Para seleccionar las variables a utilizar se utilizó los criterios de relevancia, varianza, correlación y ausencia de datos faltantes. De esta forma para el conjunto de datos se redujo el número de variables a once. Luego estas variables fueron utilizadas para construir siete factores utilizando el Análisis de Componentes Principales. Se consideró de gran conveniencia el reducir las variables iniciales de 33 a sólo once ya que ello simplificaría la interpretación de los resultados y la caracterización de los sistemas resultantes. Finalmente los siete factores fueron usados para generar cinco grupos de predios. Esta tipificación fue realizada utilizando el análisis de conglomerados (método de Ward y distancia euclídeana). Los resultados mostraron que las variables relativas a disponibilidad de trabajo fueron las más importantes al determinar los tipos. Se encontró que uno de los principales problemas de la metodología utilizada es definir el número óptimo de factores y conglomerados (o tipos), ya que gran parte de las reglas de decisión se basan en la interpretación subjetiva de los resultados. En esta estudio se debió hacer uso de dichas reglas para el análisis factorial y de conglomerados, con el fin de escoger los factores y los tipos.

Durante la quinta etapa se definieron los sistemas de producción a través de la construcción de tablas de doble entrada que consideraron por un lado los conglomerados construidos y por otro las orientaciones productivas de los predios. Por lo tanto la tipología utilizada en el resto del análisis consistió de una combinación entre una clasificación nueva basada en variables continuas (conglomerados) y una existente basada en variables discretas (orientaciones productivas). Una tabulación cruzada de este tipo le dio igual importancia a ambas clasificaciones, haciendo uso de conocimiento nuevo y existente relativo a predios y sus hogares.

La sexta y última etapa fue probablemente la más difícil, ya que involucró la validación de la clasificación generada. Comúnmente las tipologías son validadas comparando los resultados con otras clasificaciones previas o analizando la utilidad de la tipología encontrada para los fines particulares del estudio. En este caso se analizó la distribución de los tipos a través de las Comunas y

a través de orientaciones productivas. En ambos casos se vio que la distribución no era aleatoria. Como ambas variables no habían sido consideradas durante la tipificación se concluyó que el método había sido capaz de encontrar alguna estructura subyacente. Por otro lado y quizás de manera más importante, los predios representativos seleccionados a partir de la tipología construida, mostraron importantes diferencias entre ellos. Estas diferencias fueron relativas a disponibilidad de recursos, localización y patrón productivo. Como resultado de ello los modelos construidos representaron una variedad de sistemas de producción los que respondieron de forma diferente frente a la introducción de cada una de las políticas de desarrollo. Por lo tanto se concluyó que la tipología construida fue válida y útil para los propósitos de este estudio.

### 6.2.3 Recolección de información para la construcción de los modelos prediales

Los predios representativos fueron sometidos a una serie de encuestas en profundidad para recoger la información requerida en la construcción de los modelos. Se definió como predio representativo a aquel que se encontrase más cercano al predio promedio de su tipo. El criterio de distancia utilizado fue la suma de los cuadrados de las diferencias estandarizadas entre el predio y el promedio de su tipo. La información fue recolectada utilizando una secuencia de tres encuestas, cada una de las cuales se aplicó unas tres semanas después de la anterior. El primer cuestionario identificó los recursos disponibles en el predio y los principales rubros explotados. Esta información fue entonces usada para construir un modelo prototipo predial, en el que se representaron las principales actividades y restricciones observadas en los predios. El segundo cuestionario caracterizó el proceso productivo, ayudando a construir los modelos prediales en los que se especificaron las actividades y restricciones observadas a nivel de cada predio. La última encuesta recogió información relativa a los insumos utilizados y los productos generados, y las cantidades, precios y momento de compra/venta de éstos. Esta información fue luego usada para construir los coeficientes de los modelos operativos prediales. Este método secuencial fue útil desde dos puntos de vista. Primero el proceso de modelación se ajustó al proceso de recolección de la información, ya que la información fue recogida cuando era requerida por el modelo y a su vez el modelo definía que información era requerida. Como las encuestas eran construidas de acuerdo a las necesidades de información la colección de información innecesaria fue mínima. En todo caso siempre era posible buscar información que no había sido recogida en visitas anteriores. En segundo lugar, se percibió que la calidad de la información mejoraba cuando se colectó a través de varias visitas. En general los productores mostraron una confianza creciente hacia el encuestador y el encuestador un conocimiento más acabado de la realidad de cada campesino.

#### 6.2.4 La construcción de los modelos operativos prediales

La principal fuente de ingresos de los campesinos de esta zona es la venta de trigo y garbanzos durante el verano y en una menor medida la venta de novillos de un año de edad y corderos de cuatro a cinco meses de edad durante septiembre y octubre. Ello determina que durante el invierno y principios de primavera frecuentemente se observaran déficits de capital. Esto también afectó los gastos de los sistemas de producción, ya que no existen fuentes alternativas de financiamiento. En este sentido el crédito de INDAP para la compra de semillas y fertilizantes juega un rol muy importante, ya que relaja las restricciones de capital que enfrentan estos predios campesinos. Debido a lo anterior se determinó que desde el punto de vista de la modelación era de particular importancia considerar los flujos de capital, a través de restricciones de capital y actividades de transferencia de capital.

El análisis demostró que estas restricciones no fueron tan importantes cuando los predios disponían de rubros que presentan mayor flexibilidad en la venta de productos. De hecho los predios que contaban con ganado bovino, el que puede ser vendido a lo largo del año, presentaron menores restricciones de capital. En ellos el capital de trabajo podía ser reducido significativamente, sin afectar en mayor medida los ingresos. En otros predios una reducción del capital de trabajo afectó seriamente los ingresos prediales, al punto de no satisfacer las necesidades de consumo familiar. Por lo tanto es de esperar que cualquier alternativa de desarrollo que generen ingresos durante el invierno tienen una alta probabilidad de éxito.

También se observó que la mediería, una actividad frecuentemente observada en la zona, es el resultado de un desequilibrio en la disponibilidad de tierra y trabajo, más que de capital. En otras palabras no son los campesinos con capital los que toman tierras en medias, sino los que tienen un exceso de trabajo disponible. Nuevamente INDAP provee a los campesinos del crédito necesario para utilizar su trabajo o tierra.

Durante la construcción de los modelos se observaron importantes áreas en las cuales existía falta de información. Estas se relacionaban no sólo con la construcción de los coeficientes, sino que también con la especificación de los modelos y sus objetivos. Los principales problemas en este aspecto se referían a:

- i. Estimación de la pérdida de suelo
- ii. Estimación de producción de la pradera
- iii. Estimación del consumo de materia seca
- iv. Información sobre precios y su variación
- v. Coeficientes técnicos de cultivos nuevos

A pesar de los problemas antes expuestos fue posible construir los modelos prediales dentro del marco teórico desarrollado para este estudio, haciendo, en caso de ser necesario, una serie de supuestos y simplificaciones.

Desde el punto de vista de los objetivos prediales, se asumió que este fue maximizar los beneficios, sujeto a restricciones de consumo y disponibilidad de capital que limitaron de cierta forma el riesgo asociado a su actividad. Además se asumió que los objetivos del modelo microregional eran igual a la suma ponderada de los objetivos prediales. Con ello se asumió implícitamente que cualquier plan predial no afecta la función objetivo de otros predios ni la contribución de terceros al margen bruto o pérdida de suelo microregionales.

Desde el punto de vista de las actividades o restricciones, los modelos prediales presentaron las siguientes características. En primer lugar tanto el trabajo como el flujo de caja fue modelado con actividades mensuales. Eso sí que sólo se permitió la transferencia mensual de capital, y no de trabajo. En segundo lugar la mayor parte de las actividades fueron especificadas en términos anuales. Sin embargo, se definieron actividades de dos o más años en los casos en que dos o más actividades eran posibles de combinar en una actividad única (por ejemplo frutillas, falaris y eucaliptos). En tercer lugar y debido a la falta de información, el consumo y la producción de materia seca fueron formulados considerando sólo dos estaciones. Ello implicó que tanto la calidad del forraje como el crecimiento animal no pudieron ser incluido como variables de decisión.

Tal como se mencionó anteriormente la estimación y validación de algunos coeficientes también fue dificultosa. Aunque la erosión del suelo es un problema importante en la zona, poco se sabe sobre su magnitud. Sin embargo como la solución óptima en problemas lineales no se ve afectada por la escala de la función objetivo, una sub- o sobreestimación para todas las actividades de uno de los factores que constituyen la USLE no habría afectado los resultados. En otras palabras para el propósito de este estudio es mucho más importante obtener buenas estimaciones relativas de la pérdida de suelo que valores absolutos. Es por ello que no se realizó un mayor análisis de lo que significaron los valores de pérdida de suelo a nivel predial o microregional, ni fue necesario establecer niveles de tolerancia a la pérdida de suelo. Desde este punto de vista el factor de cubierta y manejo del suelo (C) fue el más crítico, ya que la erodabilidad fue estimada a nivel predial, la erosividad fue estimada para toda la microregión y presentó poca variación entre predios y los factores de largo y pendiente del suelo y de conservación del suelo fueron asumidos constantes. Por ello esfuerzos futuros debiesen concentrarse en la determinación de estos factores para cada uno de los cultivos relevantes.

Los problemas con la modelación de los sistemas ganaderos provinieron principalmente de la falta de registros y de la ausencia de programas de manejo mensual, es decir patrones de uso de

insumos y venta o consumo de productos . Esto último se debió a lo extensivo del rubro en esta zona. La validación de los estimadores de consumo y producción de forraje sólo se pudo realizar comparando la carga animal óptima estimada para cada predio por los modelos, es decir a través de un balance de producción y consumo de materia seca, con la carga animal observada en cada predio. En los casos en que se produjo un desajuste se debió corregir la estimación de la productividad de la pradera.

En la determinación de los coeficientes agrícolas, los mayores problemas se originaron de la necesidad de considerar suelos con distintas pendientes. Estos tipos de suelo necesariamente requerirán distinta cantidad de trabajo en su cultivo y probablemente presentarán diferentes producciones, debido a que los suelos con mayor pendiente ya habrán sufrido una mayor degradación durante los años anteriores.

Durante la etapas de calibración y validación se observó que las restricciones de capital eran efectivamente limitantes y por lo tanto importantes en los modelos de economías campesinas. Esta es una realidad que frecuentemente es olvidada al analizar el sector campesino. Debido a que tanto el capital de trabajo como el consumo mensual no pudo ser obtenido de los campesinos, ellos debieron ser calculados a partir de las encuestas y las planillas generadas con la información recolectada. Se asumió que el capital de trabajo era igual a la cantidad de dinero requerida a principio de año para llevar a cabo el programa de producción observado, considerando los gastos fijos mensuales del hogar, sin generar saldos de caja negativos en ningún mes. A partir de los resultados se concluyó que ésta fue una forma adecuada de estimar estos dos parámetros, ya que las soluciones óptimas generadas eran similares a la realidad observada en terreno.

Con respecto a la especificación de los modelos, los mayores problemas se originaron en las restricciones y actividades relacionadas con las medierías. El ideal hubiese sido definir una demanda y una oferta por tomar rubros a medias a nivel microregional, de forma que todos los predios pudiesen participar en este "mercado". Sin embargo la cuantificación de él estaba lejos de los alcances de este proyecto. Algo similar ocurrió con la demanda (y en parte la oferta) por trabajo extrapredial, la que por las mismas razones tuvo que ser limitada a los campesinos que ya la realizaban.

Por último, uno de los problemas que se tuvo presente durante toda la fase de modelación, fue controlar el tamaño de los modelos. El problema de la dimensión no se relacionó sólo con la capacidad de resolver los modelos, sino que también con la interpretación y análisis de los resultados. De hecho los programas y el computador disponibles resolvían los modelos microregionales, que tenían una dimensión de alrededor de 550 filas, 770 variables de decisión y 6,500 coeficientes distintos de cero, en aproximadamente un minuto. El mayor problema era que cada nueva

variable o restricción aumentaba exponencialmente el número de coeficientes así como también la información generada por el modelo. Además al construirse el modelo microregional a través de la agregación de los modelos prediales, un cambio en la formulación de uno de ellos podía implicar modificar varios modelos y con ello un aumento aún mucho mayor a nivel del modelo microregional. Por lo tanto durante toda la fase de construcción se buscó un compromiso entre tamaño del modelo y relevancia de los resultados, considerando además la disponibilidad de información necesaria para la construcción de las variables y las restricciones.

#### 6.2.5 Calibración y validación de los modelos prediales

Durante la calibración la eficiencia de los modelos fue mejorada a través del ajuste de coeficientes y la incorporación o eliminación de restricciones y actividades. Resultados iniciales indicaron que según el modelo al campesino le daría lo mismo cultivar tierras planas o en cerro, que existían superávits de forraje y que el campesino utilizaba capital propio en la compra de semillas y fertilizantes. Como estos resultados contradecían la observación empírica y no eran racionales, se ajustó el uso de mano de obra y la producción según la pendiente de la tierra, la producción de la pradera y el capital de trabajo. De esta forma mejoró sustancialmente el ajuste entre los resultados del modelo y la realidad observada.

Luego de la calibración los modelos prediales fueron validados analizando si lo observado era factible (prueba de factibilidad) y comparando el plan óptimo desde el punto de vista de la maximización del margen bruto con el observado (prueba de predicción). Es importante destacar que frecuentemente estudios que utilizan modelos prediales no realizan calibración o validación de éstos (o no indican que lo han realizado). La prueba de factibilidad indicó que las mayores inconsistencias se relacionaron con restricciones rotacionales y de destete. Las causas de esto fueron el tamaño irregular de los potreros y el pequeño tamaño de los rebaños, respectivamente. Debido a la gran variedad de escalas utilizadas en la construcción de las variables de decisión (kg, \$, cabezas, etc.) no se pudo determinar alguna medida que permitiese medir el ajuste entre el modelo y la realidad. A pesar de lo anterior, la comparación subjetiva de los resultados permitió concluir que los modelos representaban adecuadamente la realidad.

#### 6.2.6 Construcción de los modelos microregionales

El modelo microregional fue construido a través de la agregación de los ocho modelos prediales, adicionándose un tercer objetivo y algunas restricciones microregionales. Estas últimas buscaban en cierta forma limitar la oferta mensual de mano de obra y establecer límites a la adopción de las tecnologías. El propósito del tercer objetivo era incorporar la dimensión social de la sustentabilidad a través del impacto de las políticas sobre la distribución del ingreso. Frecuentemente la

equidad es medida a través del coeficiente de Gini que mide la relación entre una distribución observada y una óptima. Al no ser posible incluir esta medida en un modelo de optimización lineal, se optó por medir las diferencias entre los ingresos observados en cada predio con el ingreso promedio.

Este modelo fue entonces usado para medir el impacto de la introducción de cinco políticas de desarrollo sobre la microregión y los predios que la componen, comparando los resultados con la situación inicial o base. Las políticas evaluadas fueron:

- i. Plantación de eucaliptos
- ii. Plantación de eucaliptos más pagos anticipados anuales
- iii. Cultivo de frutillas
- iv. Establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo
- v. Combinación de plantación de eucaliptos más pagos anticipados anuales, cultivo de frutillas y establecimiento de praderas de falaris y trébol subterráneo

Para determinar el impacto de cada política, éstas fueron introducidas en el modelo microregional, calculándose cinco soluciones óptimas. Cada solución se generó al optimizar uno de los siguientes criterios:

- i. Maximización del margen bruto microregional
- ii. Minimización de la pérdida de suelo microregional
- iii. Minimización de la diferencias entre ingresos prediales con respecto al ingreso microregional promedio
- iv. Solución compromiso  $L_1$
- v. Solución compromiso  $L_\infty$

La solución compromiso  $L_1$  corresponde a aquella en que se minimiza la suma de los desvíos de los tres objetivos (i, ii y iii) con respecto a su valor máximo teórico pero no alcanzable (ideal). La solución compromiso  $L_\infty$  en cambio es aquella que minimiza el desvío máximo de cualquiera de los tres objetivos (i, ii y iii) con respecto a su ideal.

Cada una de estas soluciones o escenarios corresponde a diferentes niveles de importancia asignados a cada objetivo. Los tres primeros escenarios equivalen a dar sólo importancia a un objetivo, por lo que los niveles de logro de los otras quedaron supeditados a los logrados en el objetivo

que se optimizó. En otras palabras se ponderó por 1 un objetivo y por 0 los otros dos. Todas las soluciones con ponderaciones diferentes a éstas quedan limitadas por estas tres soluciones extremas. En las soluciones compromiso en cambio se le ha dado igual importancia (ponderación 1) a cada objetivo.

### 6.2.7 Impacto de las políticas de desarrollo a nivel microregional

La Tabla 58 presenta un resumen de los resultados obtenidos a nivel microregional para cada escenario. Se observó en primer lugar que cada política y escenario presentó una respuesta dife-

Tabla 58 Cambio en el valor de las funciones objetivo con respecto a la situación base para cada política y escenario considerado

| Política                    | Escenario      | Cambio en la función objetivo |        |        |
|-----------------------------|----------------|-------------------------------|--------|--------|
|                             |                | MB                            | DI     | E      |
| Eucalipto                   | Max MB         | 5,0%                          | 8,7%   | -2,9%  |
|                             | Min DI         | 1,1%                          | -1,8%  | -5,7%  |
|                             | Min E          |                               |        | -13,5% |
|                             | L <sub>1</sub> | 0,5%                          | -0,8%  | -13,0% |
|                             | L <sub>∞</sub> | 2,6%                          | 3,3%   | -8,4%  |
| Eucalipto más pagos         | Max MB         | 8,5%                          | 8,5%   | -12,6% |
|                             | Min DI         | 3,6%                          | -5,8%  | -28,2% |
|                             | Min E          |                               |        | -45,2% |
|                             | L <sub>1</sub> | 2,8%                          | -4,6%  | -36,0% |
|                             | L <sub>∞</sub> | 5,1%                          | -0,1%  | -32,1% |
| Frutilla                    | Max MB         | 32,0%                         | 4,8%   | -8,3%  |
|                             | Min DI         | 16,1%                         | -26,3% | -27,9% |
|                             | Min E          | 0,3%                          | -0,5%  | -69,5% |
|                             | L <sub>1</sub> | 14,3%                         | -23,3% | -48,4% |
|                             | L <sub>∞</sub> | 19,3%                         | -13,9% | -45,0% |
| Pradera de falaris y trébol | Max MB         |                               | -0,1%  | 0,1%   |
|                             | Min DI         |                               | -0,1%  | 0,1%   |
|                             | Min E          |                               |        | -0,7%  |
|                             | L <sub>1</sub> |                               | -0,1%  | -0,6%  |
|                             | L <sub>∞</sub> |                               | -0,1%  | -0,6%  |
| Combinada                   | Max MB         | 37,0%                         | 10,7%  | -19,7% |
|                             | Min DI         | 21,3%                         | -34,8% | -49,8% |
|                             | Min E          | 0,3%                          | -0,1%  | -81,5% |
|                             | L <sub>1</sub> | 18,8%                         | -30,6% | -70,1% |
|                             | L <sub>∞</sub> | 25,4%                         | -20,4% | -62,0% |

Nota: Los valores sombreados representan la mayor mejora posible en cada criterio dada esa política de desarrollo

rente. Desde el punto de vista de las políticas, la introducción de eucaliptos sin pagos anticipados anuales y especialmente de praderas de falaris y trébol subterráneo, tuvieron un escaso impacto sobre la microregión. Las otras tres políticas y especialmente la combinada mejoraron los criterios utilizados como indicadores de sustentabilidad. Así es posible mejorar el MB microregional en hasta 37,0%, y disminuir la erosión y las diferencias de ingreso en hasta 34,8% y 81,5%, respectivamente. Por otro lado todas las soluciones, excepto la que maximizaba MB, mejoraron o mantuvieron los tres objetivos analizados. Esto fue muy importante ya que refleja que una conducta que sólo se preocupa de maximizar el ingreso llevará a un deterioro en los otros indicadores. Estos resultados reflejaron el conflicto que existe entre éste y otros objetivos. La existencia de este conflicto entre un objetivo económico y uno ambiental hace que sea de mucha utilidad considerar soluciones compromiso que buscan valores intermedios entre estas soluciones extremas.

La introducción de la política combinada fue claramente superior a las otras alternativas, ya que tanto el margen bruto como la pérdida de suelo microregional fueron mejoradas en 37,0% y 19,7%, respectivamente. Ello como resultado de la introducción de frutillas y eucaliptos, pero no de praderas artificiales. Los resultados confirmaron las escasas posibilidades que tiene el establecimiento de este tipo de praderas a nivel campesino. La política combinada logró reducir significativamente la erosión (81,5%) con un leve aumento del MB. Las otras políticas también lograron reducciones en este objetivo, aunque de menor magnitud.

Para determinar el impacto de estas restricciones (aunque no se presentaron los resultados) también se analizó el impacto que tuvo la introducción de frutillas y eucaliptos bajo el escenario de máximo MB cuando no se incluyen niveles máximos de adopción. En el caso de las frutillas se plantaron 9,4 ha aumentando el MB microregional en 34,1% y disminuyendo la erosión microregional en 8,0%. Al introducir eucaliptos con pagos anuales se plantaron 440 ha aumentando el MB microregional en 10,3% y disminuyendo la erosión microregional en 21,7%. Es decir la inclusión de límites a la adopción redujo los niveles de logro de los objetivos. Sin embargo, y a pesar de ser importante poder cuantificar dichos límites con mayor precisión, la dirección del cambio es la misma por lo que no existe error en términos de la tendencia al cambio.

Es importante destacar que la especificación de ingresos mínimos evitó que algunas combinaciones de políticas y escenarios redujeran los MB. Análisis iniciales indicaron que la ausencia de estas restricciones producía reducciones en el MB de hasta 37% a nivel microregional y 67% a nivel predial. Estas disminuciones son inaceptables tanto para el campesino como para el decisor público.

Al comparar todas las 25 combinaciones de políticas y escenarios presentadas en la Tabla 58 se observó que las cinco soluciones para la política combinada y la solución para frutillas bajo el escenario Max MB no eran dominadas por ninguna otra solución. Para este conjunto de soluciones eficientes se calculó cuales soluciones estaban más cercanas al ideal. Nuevamente fueron las soluciones  $L_1$  y  $L_\infty$  para la política combinada las que presentaron mejores resultados

#### 6.2.8 Impacto de las políticas de desarrollo a nivel predial

Las soluciones indicaron claramente que las respuestas a nivel predial también diferían de acuerdo a la política y escenario considerado. Así por ejemplo al maximizar el MB los tres predios más favorecidos (en términos de MB) fueron:

- i. Predios A (28,4%), F (23,1%) y B (12,3%) cuando se introdujo eucaliptos
- ii. Predios A (28,6%), F (15,4%) y C (14,7%) cuando se introdujo eucaliptos más pagos anuales
- iii. Predios A (148,8%), C (47,5%) y H (44,3%) cuando se introdujo frutillas
- iv. Predio D (1,5%) cuando se introdujo praderas de falaris y trébol subterráneo
- v. Predios A (176,5%), C (59,9%) y H (44,3%) cuando se introdujo la política combinada

Similar situación fue observada bajo los escenarios Min ID, Min E,  $L_1$  y  $L_\infty$ . Estos resultados permitieron concluir que la tipología construida fue adecuada para el propósito de este estudio, ya que permitió establecer las respuestas que tendrían distintos predios frente a la introducción de políticas de desarrollo.

#### 6.2.9 El impacto de las políticas de desarrollo sobre la distribución del ingreso predial

La minimización de las diferencias de ingreso permitió mejorar al distribución del ingreso, tal como lo demostraron los coeficientes de Gini (G) calculados para cada solución óptima. Por lo tanto se concluyó que el método desarrollado es una herramienta adecuada para medir el impacto sobre la distribución del ingreso, a pesar que los resultados no garantizaron que no existiese alguna solución superior en términos de equidad.

Bajo la situación inicial G era de 30,6%, mientras que bajo los escenarios estudiados varió entre 18,5% y 31,5%. Se observó además que la distribución del ingreso no era mejorada cuando se minimizaba la pérdida de suelo (debido a las restricciones que limitaban los ingresos mínimos) ni con la introducción de eucaliptos sin pagos o praderas artificiales. Por otro lado la introducción

de frutillas o de la política combinada mejoraron la distribución del ingreso incluso cuando se maximizó el MB.

#### 6.2.10 Intercambios entre los objetivos del modelo microregional

Tal como lo indica la Tabla 58 se observó un claro conflicto entre el objetivo maximizar MB y los objetivos minimizar erosión y minimizar diferencias de ingreso. Es decir una mejoría en el primero iba siempre acompañada de deterioros en los niveles de logro de los otros dos objetivos. Sin embargo una reducción de la pérdida de suelo generalmente iba acompañada de menores diferencias entre ingresos, indicando que no existía gran conflicto entre ambas, al menos cuando se incluyen niveles mínimos de ingreso. La situación podría ser distinta si se levantas estas restricciones. Por lo tanto se concluyó que cualquier reducción en la pérdida de suelo necesariamente significa un costo en términos de menores ingresos.

Finalmente se analizó la relación entre diferencias de ingreso, MB predial y pérdida de suelo. Se observó que los MB más altos se asociaban a mayores diferencias de ingreso y viceversa. En forma similar reducir (aumentar) las diferencias de ingreso significó un aumento (disminución) en la pérdida de suelo. Este conflicto entre objetivos dificultó el análisis de los intercambios, ya que las soluciones compromiso no se encontraron sobre una curva de intercambios "normal". Las cinco soluciones eficientes para cada política en cambio pertenecían a una superficie tridimensional cóncava o convexa, que al ser graficada en un espacio de dos dimensiones presentó soluciones aparentemente dominadas. Incluso un gráfico tridimensional fue de poca utilidad debido al pequeño número de soluciones eficientes. Este último resultó ser una importante desventaja del método de la programación compromiso comparado con otros métodos multicriterio que pueden encontrar conjuntos más grandes de soluciones eficientes (como por ejemplo la programación multiobjetivo).

### 6.3 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

En primer lugar se demostró que bajo las condiciones actuales, una reducción en la erosión sólo puede ser lograda con una disminución en los ingresos de todos los predios. Ello es especialmente importante si se considera que además los márgenes brutos de los principales cultivos han disminuido durante los últimos años. De hecho en 1994 el MB para los ocho predios fue en términos reales entre 18% y 35% inferior al de 1985, principalmente debido a que el MB del trigo cayó entre 39% y 46% entre dichos años. Ello también implica que es difícil visualizar una reducción de la superficie bajo trigo, y con ello bajo barbecho el cual es el mayor causante de la erosión, a menos que se establezcan pagos compensatorios o se introduzcan cultivos más renta-

bles y menos erosivos. Sin embargo existen prácticas de conservación de suelo, tales como el cero-cultivo o la aradura en contorno, las que pueden reducir la erosión. Su factibilidad debe ser explorada desde una perspectiva de sistemas de producción, ya que los requerimientos de mano de obra y capital son distintos a los de las prácticas tradicionales.

En segundo lugar la introducción de nuevos cultivos permitió reducir la erosión y aumentar el margen bruto. Específicamente la mejor alternativa fue la introducción de una política combinada de eucaliptos con pagos anticipados, frutillas y praderas artificiales (aunque el aporte de esta última fue extremadamente reducido).

En tercer lugar y sin considerar el costo social de implementar las políticas de desarrollo, se demostró que la plantación de eucaliptos junto con pagos anticipados por concepto de cosecha futura, aumentó sustancialmente la adopción de este cultivo. Ello se debió a que el problema de dejar de percibir ingresos por utilizar tierras que generan ingresos anuales con un cultivo de largo plazo había desaparecido. Por lo tanto se recomienda analizar seriamente esta posibilidad, que equivale a un arriendo de tierra y venta de mano de obra.

En cuarto lugar, se detectaron pocas posibilidades de mejorar la productividad tanto de los sectores bovino como ovino<sup>21</sup>. Los resultados indicaron que la introducción de praderas de falaris y trébol subterráneo, probablemente la mejor alternativa para mejorar la productividad de las praderas en esta microregión, no presentó ventajas económicas (ni ambientales ni sociales) y por lo tanto no era atractiva para los campesinos. Más aún, se percibió que los campesinos no ven al ganado (especialmente al ovino) como una actividad comercial, por lo que tampoco están interesados en invertir capital en estos rubros. Se concluyó a partir de ello que las posibilidades de éxito en la introducción de cambios sustanciales en estos sistemas es muy baja.

Quinto, aunque los resultados encontrados se refieren a una microregión en particular, ellos también pueden ser aplicados a zonas similares del secano costero central del país, siempre y cuando sus características agroclimáticas, económicas y sociales son similares a las encontradas en la zona. Ello probablemente es válido para las Comunas de La Estrella, Lolol y Paredones.

Finalmente, desde el punto de vista del decisor público, la metodología permite reducir el problema a un número reducido de soluciones eficientes. Sin embargo la programación compromiso no permite generar una solución única no dominada. Para reducir aún más el conjunto de soluciones eficientes, es necesario que el decisor explicita sus preferencias primero en términos de la ponderación (y con ello importancia) de cada objetivo y luego en términos de cual solución es la

---

<sup>21</sup> Ello es aún más difícil considerando la coyuntura que vive el sector carnes producto de las importaciones de carnes rojas desde Argentina principalmente.

preferida. Si se selecciona la solución que maximizó el margen bruto microregional, entonces no es necesario definir límites de adopción para cada sistema de producción individual. Sin embargo para implementar alguna otra solución, se deberán fijar límites a la adopción en términos de superficie por sistema de producción.

## 6.4 RECOMENDACIONES DE INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista de la metodología se requiere perfeccionar la definición y especificación de las funciones objetivo, especialmente las relacionadas con la dimensión ambiental y social. También se debe determinar la importancia del riesgo en la toma de decisión campesina y como puede ser éste incluido en este tipo de modelos.

Un segundo problema se relacionó con el uso del trabajo y su costo de oportunidad. Se observó que las restricciones de trabajo son importantes para los campesinos. Debido a la falta de información se asumió que el costo de oportunidad de usar o no usar el trabajo era cero. Sin embargo parece ser razonable pensar que el campesino no trabajará si los retornos a su trabajo son “muy pequeños” y que el costo de oportunidad de su trabajo irá aumentando a medida que disponga de menos tiempo libre. Por lo tanto se debe mejorar el entendimiento que se tiene de cómo percibe el campesino el costo y beneficio de su trabajo.

Un tercer problema se relacionó con el aspecto tiempo. Se construyó un modelo microregional con un solo período de decisión, asumiendo que al mejorar todos los criterios (MB, distribución del ingreso y erosión) se mejoraba la sustentabilidad microregional. Cambios posteriores en los sistemas de producción que forman la microregión podrían continuar mejorando esos indicadores, a lo largo de las llamadas vías de desarrollo sustentable, y con ello en el largo plazo satisfacer todas las condiciones que determinan si un sistema es sustentable. Sin embargo existen muchas vías de desarrollo sustentable y el método utilizado no puede seleccionar cual de ellas es la más adecuada. Indudablemente que un modelo que considere varios períodos de decisión y la dinámica de la decisión en el tiempo (como por ejemplo un modelo de programación dinámica) sería entonces de gran valor. El problema radica en que modelos de este tipo requieren enormes cantidades de información, lo que hace poco probable que pueden ser contruidos. Y aunque fuese posible, aún queda el problema de la incertidumbre, la que aumenta a medida que aumenta el marco de tiempo considerado. Por otro lado tampoco se intentó analizar la dinámica de la adopción de tecnologías. El grado de adopción de cada una de ellas dependerá no sólo de la racionalidad de cada campesino, sino que también de aspectos sociales y culturales, los que no pudieron ser especificados dentro en modelos de decisión multicriterio, así como también de aspectos rela-

cionados con la política de implementación (por ejemplo soporte técnico y promoción). Todos estos aspectos quedaron fuera del alcance de este estudio.

También se requiere investigación a nivel local que permita validar la información secundaria utilizada en la construcción de los modelos. Muchos coeficientes utilizados fueron contruidos utilizando información de otros lugares, incluso extranjeros. Ello fue considerado particularmente importante en el cálculo de la erosión, especialmente del factor de cubierta de suelo, y de la producción y consumo de forraje.

Finalmente y desde un punto de vista metodológico, sería de gran valor utilizar la metodología en zonas diferentes. También sería importante usar en la construcción de los modelos, valores promedios obtenidos de la muestra de predios en vez de datos prediales reales. Esto permitiría reducir considerablemente los costos en términos de tiempo utilizado. Estudios de estos dos tipos de permitirían validar el uso rutinario de la metodología y analizar hasta que punto es posible simplificar algunas etapas. Ello sería de gran valor ya que cualquier simplificación reduciría enormemente el costo de un análisis de este tipo.

## 7. OTRAS ACTIVIDADES

Durante el desarrollo del proyecto, éste ha sido presentado en diversos congresos y seminarios internacionales. A saber

- i. "Sustainable agriculture and the MCDM paradigm: the development of compromise programming models with special reference to small-scale farmers in Chile's VIth Region". Claus Köbrich y Tahir Rehman. Presentado a "First International Conference on Multiple Objective Decision Support Sytems for Land, Water and Environmental Management: Concepts, Approaches, and Applications". University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA. 23 al 28 de julio, 1995.
- ii. "The development of MCDM models to analyse the sustainability of peasant farming systems". Seminario de Postgrado presentado por Tahir Rehman y Claus Köbrich en la Unidad de Política Agraria, Facultad de Agricultura y Horticultura, Humboldt Universität, Berlín, Alemania. 5 de diciembre, 1995
- iii. "Sustainability, farming systems and the MCDM paradigm: Classification of farming systems for modelling". Claus Köbrich y Tahir Rehman. Presentado en el "Second European Symposium on Rural and Farming Systems Research". Granada, España. 27 al 29 de marzo, 1996.
- iv. "The evaluation of sustainability using GP". Claus Köbrich y Tahir Rehman. Aceptado para ser presentado en el "Second International Conference in Multi-Objective Programming and Goal Programming 1996". Torremolinos, España. 16-18 mayo 1996.
- v. "Sustainability and the MCDM Paradigm: Model Construction and Optimisation". Claus Köbrich y Tahir Rehman. Paper enviado para su presentación en el "VIII Congress of the European Association of Agricultural Economists". Edinburgo, Reino Unido. 3-7 septiembre 1996.
- vi. "Sustainability and the MCDM Paradigm: Selection and Modelling of FS". Claus Köbrich y Tahir Rehman. Resumen enviado para su presentación en el "14th International Symposium on Sustainable Farming Systems". Colombo, Sri Lanka. 11-16 de noviembre 1996.
- vii. "El uso de la programación compromiso para el análisis de la sustentabilidad de sistemas campesinos". Primer Encuentro Iberoamericano sobre evaluación y decisión multicriterio, RED-M. Santiago, Chile. 16 al 18 de julio, 1997.

Además se ha generado una publicación y se está en etapa de preparación de tres más que serán enviadas a revistas de circulación internacional:

- i. Köbrich, C. (1997). "The construction and use of compromise programming models to measure the impact of development policies on the sustainability of peasant farming systems in Central Chile". Tesis de PhD, Departamento de Agricultura, Universidad de Reading. Reading, Reino Unido, 356 p.
- ii. Köbrich, C. T. Rehman, y M. Khan. "The use of multi-variate analysis in the typification of peasant farming systems: Applications in Chile and Pakistan". Publicación en preparación.
- iii. Köbrich, C. y T. Rehman. "The development of farming system models for the assessment of sustainability: An application in Chile". Publicación en preparación.
- iv. Köbrich, C. y T. Rehman. "A micro-regional model to evaluate the impact of development policies on farming systems sustainability: An Application in Chile". Publicación en preparación.

Finalmente y como continuación de esta investigación se están desarrollando dos memorias de título de alumnos de pregrado de la carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad de Chile. Estas se iniciaron el presente año y se refieren a:

- i. "Impacto de las acciones de desarrollo sobre el riesgo económico de sistemas campesinos". Alumna Paulina Godoy.
- ii. "Determinación y análisis de los objetivos de los campesinos". Alumno: Víctor Vaccaro.

## 8. REFERENCIAS

- AFRC (1993). Energy and protein requirements of ruminants: An advisory manual. Preparado por el AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford, UK, CAB.
- Aldenderfer, M. F., & Blashfield R. K. (1984). Cluster analysis. Series on Quantitative Applications in the Social Sciences Vol. 07-102. Sage University Paper. Beverly Hills, USA.
- Anderson, J. R. y J. L. Dillon (1992). Risk analysis in dryland farming systems. Roma, Italia, Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- Arias, P. (1993). "El planeamiento del desplazamiento de actividades agrícolas en la programación lineal." Investigación Agraria: Economía 8(3): 407-432.
- Beets, W. C. (1990). Raising and sustaining productivity in smallholder farming systems in the tropics. A handbook of sustainable agriculture in the tropics. Netherlands, AgBé Publishing.
- Berdegúe, J. y B. Larraín (1987). Como trabajan los campesinos, una propuesta metodológica, Grupo de Investigaciones Agrarias. Santiago, Chile.
- Berdegúe, J., M. Díaz, R. García, I. Nazif y X. Quezada. (1988). Marco conceptual para el análisis y evaluación de sistemas de producción campesinos. En Sistemas de producción campesinos. Ed. J. Berdegúe y I. Nazif. Santiago, Chile, GIA. 4: 139-154.
- Berentsen, P. B. M. y G. W. J. Giesen (1995). "An environmental-economic model at farm level to analyse institutional and technical change in dairy farming." Agricultural Systems 49(2): 153-175.
- Berentsen, P. B. M. y G. W. J. Giesen (1996). The potential of alternative policy instruments for decreasing N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> losses on Dutch dairy farms. VIIIth Congress of the European Association of Agricultural Economists. Edimburgo, Escocia, Septiembre 1996.
- Cárcamo, J. A., J. Alwang y G.W. Norton. (1994). "On-site economic evaluation of soil conservation practices in Honduras." Agricultural Economics 411: 257-269.
- Chacón, A., D. Rodríguez y F. Squella (1988). Estudio económico de una pradera de Trébol subterráneo-Falaris sembrada en asociación con trigo. Area de producción Animal. Informe técnico 1987-1988. Santiago, Chile, INIA. pp 161-167.
- Churchman, C. W. (1968). The systems approach. New York, USA, Dell Publishing Co.
- CIMMYT (1986). Report on wheat improvement 1985-1986. México, CIMMYT.
- Cohon, J. L. (1978). Multiobjective programming and planning. New York, USA, Academic Press.
- Comrey, A. L. y H. B. Lee (1992). A first course in factor analysis. Hillsdale, NJ, USA, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Conway, G. y E. B. Barbier (1990). After the green revolution. Sustainable agriculture for development. Londres, Inglaterra. Earthscan Publications Ltd.

- Cook, M. G. (1992). Sustainable agriculture in a survival setting. En Soil conservation for survival. Ed. K. Tato y H. Hurni. Iowa, USA, Soil and Water Conservation Society. pp. 90-97.
- Cowell, F. A. (1977). Charting inequality I. En Measuring inequality. Oxford, UK, Philip Allen. pp. 17-39.
- Crempien, C. y F. Squella (1987). Balance forrajero con ovejas lactantes en una pradera de trébol subterráneo y falaris. XII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, Santiago, Chile, Noviembre 1987.
- Crosson, P. y J. Anderson (1993). Concern for sustainability: Integration of natural resource and environmental issues in the research agendas of NARS. ISNAR. La Haya, Holanda.
- de Janvry, A. y B. Santos (1994). Project Appraisal for Sustainable Rural Development: Notes for IFAD's Operational Guidelines. 3 January, 1994 Report to the Technical Advisory Division, IFAD
- de Koeijer, T.J., J.A. Renkema y J.J.M. van Mensvoort. (1995). "Environmental-economic analysis of mixed crop-livestock farming." Agricultural Systems 48(4): 515-530.
- Deybe, D. y G. Flichman (1991). "A regional agricultural model using a plant growth simulation program as activities generator: An application to a region in Argentina." Agricultural Systems 37(4): 369-358.
- Dovring, F. (1991). Inequality: The political economy of income distribution. New York, USA, Praeger.
- Duckstein, L. (1984). Selection of a multiobjective technique for water resource problems under uncertainties. Engineering Foundation Conference. En Multiobjective analysis in water resources, USA.
- Ehui, S. K. y D. S. C. Spencer (1993). "Measuring the sustainability and economic viability of tropical farming systems: A model from sub-Saharan Africa." Agricultural Economics 9(4): 279-296.
- Escobar, G. y J. Berdegú, Eds. (1990). Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodologías de Investigación en Sistemas de Producción. Santiago, Chile.
- Faeth, P. (1993). "An economic framework for evaluating agricultural policy and the sustainability of production systems." Agriculture, Ecosystems and Environment 46(4): 161-173.
- FAO, Ed. (1989). Sustainable agricultural production: Implications for international research. FAO Research and Technology Paper. Roma, Italia, Food and Agriculture Organization.
- Fernández-Santos, F. X., S. Zekri y A.C. Herruzo. (1992). "Impacto económico-ambiental del uso del nitrógeno en una cuenca de riego del Guadalquivir." Investigación Agraria: Economía 7(2): 325-338.
- Figueroa, E. (1994). Oportunidades y desafíos de los instrumentos económicos para la gestión ambiental en Chile. En Políticas económicas para el desarrollo sustentable de Chile. Ed. E. Figueroa. Santiago, Chile, Centro de Recursos Naturales y el Medio Ambiente, Universidad de Chile. pp 1-59.

- Fiske, W. A., G. E. D'Souza, J.J. Fletcher, T.T. Phipps, W.B. Bryan y E.C. Prigge. (1994). "An economic and environmental assessment of alternative forage-resource production systems: A goal-programming approach." Agricultural Systems 45: 259-270.
- Forbes, J. M. (1995). Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Wallingford, UK, CAB.
- France, J. y J. H. M. Thornley (1984). Mathematical models in agriculture. London, UK, Butterworth and Co. Ltd.
- Gastó, J. C. y D. Contreras (1979). "Efecto de la fertilización nitrogenada y precipitación en la productividad de la pradera anual natural del secano costero mediterráneo de Chile Central." Avances en Producción Animal 4(2): 115-128.
- Gutierrez-Espeleta, E. E. (1993). Indicadores de sostenibilidad: Instrumentos para la evaluación de las políticas nacionales. Conferencia en el 50avo Aniversario de la Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica., 19 de Noviembre, 1993.
- Harrington, L. W. (1992). Measuring sustainability: Issues and alternatives. En Let farmers judge: Experiences in assessing the sustainability of agriculture. Ed. W. Hiemstra, C. Reijntjes y E. van der Werf. London, UK, Intermediate Technology Publications. pp 3-16.
- Harrington, L., P. Jones y M. Winograd. (1994). Operacionalización del concepto de sostenibilidad: Un método basado en la productividad total. Sexto Encuentro de RIMISP, Campinas, Brasil. 11-14 Abril, 1994.
- Hazell, P. B. R. y R. D. Norton (1986). Techniques of modelling the farm. En Mathematical programming for economic analysis in agriculture. New York, USA, MacMillan Publishing Company. pp 32-53.
- Henkel, R. (1989). Methods of measuring spatial inequality and their use: the example of Zambia. En Inequality and development: Case studies from the Third World. Ed. K. Swindell, J. M. Baba y M. J. Mortimore. London, UK, MacMillan. pp 63-75.
- Holden, S. T. (1993). "Peasant household modelling: Farming systems evolution and sustainability in northern Zambia." Agricultural Economics 9(3): 241-267.
- Hwang, C. y A. Masud (1979). Multiple objective decision making method and applications. Berlin, Germany, Springer Verlag.
- Hwang, S. W., J. Alwang y G.W. Norton. (1994). "Soil conservation practices and farm income in the Dominican Republic." Agricultural Systems 46(1): 59-77.
- INIA (1989). Mapa agroclimático de Chile. Santiago, Chile, INIA.
- INIA (1991). Día de campo de producción animal en el secano. Santiago, Chile, Subestación Experimental Hidango. INIA.
- Jain, D. K. y J. P. Dhaka (1993). Farm typology in farming systems research. En Feeding of ruminants on fibrous crop residues. Aspects of treatment, feeding, nutrient evaluation, research and extension. Ed. K. Singh y J. B. Schiere. New Dehli (India) and Wageningen (Netherlands), Indian Council of Agricultural Research and Department of Tropical Animal Nutrition, Wageningen.

- Johnsen, F. H. (1993). "Economic analyses of measures to control phosphorous run-off from non-point agricultural sources." European Review of Agricultural Economics 20(4): 399-418.
- Kerrigan, G. (1994). Desarrollo y sustentabilidad del sector agrícolas: Integración de las políticas agrícolas y ambientales. En Políticas económicas para el desarrollo sustentable de Chile. Ed. E. Figueroa. Santiago, Chile, Centro de Recursos Naturales y el Medio Ambiente, Universidad de Chile. pp 61-146.
- Köbrich, C. (1997). "The construction and use of compromise programming models to measure the impact of development policies on the sustainability of peasant farming systems in Central Chile". Tesis de PhD, Departamento de Agricultura, Universidad de Reading. Reading, Reino Unido, 356 p.
- Kostrowicki, J. (1977). "Agricultural typology concept and method." Agricultural Systems 2(1): 33-45.
- Lal, R. y W. Elliot (1994). Erodibility and erosivity. En Soil erosion research methods. Ed. R. Lal. Ankeny, IA, USA, Soil and Water Conservation Society and St. Lucie Press, pp. 181-208.
- Lonergan, S. C. y C. Cocklin (1988). "The use of lexicographic goal programming in economic/ecological conflict analysis." Socio-Economic Planning Science 22(2): 83-92.
- López-Pereira, M. A., J. H. Sanders, T.G. Baker y P.V. Preckel. (1994). "Economics of erosion-control and seed-fertilizer technologies for hillside farming in Honduras." Agricultural Economics 11: 271-288.
- Lynam, J. K. y R. W. Herdt (1989). "Sense and sustainability: Sustainability as an objective in international agricultural research." Agricultural Economics 3: 381-398.
- Maino, M., J. Pittet y C. Köbrich. (1993). Programación multicriterio: Un instrumento para el diseño de sistemas de producción. Santiago, Chile, Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción.
- Martin, M. A., M. M. Schreiber, J.R. Riepe y J.R. Bahr (1991). "The economics of alternative tillage systems, crop rotations, and herbicide use on three representative East-Central Corn Belt farms." Weed Science 39(2): 299-307.
- McCarl, B. A. (1984). "Model validation: An overview with some emphasis on risk models." Review of Marketing and Agricultural Economics 52(3): 153-173.
- Mimouni, M., S. Zekri y G. Flichman (. (1996). Environmental impacts of agriculture: A case study on nitrates and erosion in Tunisia. VIIIth Congress of the European Association of Agricultural Economists. Edimburgo, Escocia, Septiembre 1996
- Ministerio de Agricultura (1995). Medidas del Gobierno para apoyar la transformación de la agricultura y la modernización de la vida rural. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Chile.
- Mitchell, J. K. y G. D. Bubenzer (1980). Soil loss estimation. En Soil erosion. Ed. M. J. Kirkby y R. P. C. Morgan. Chichester, UK, John Wiley & Sons. pp 17-62.
- Mojena, R. (1977). "Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation." The Computer Journal 20(4): 359-363.

- Neher, D. (1992). Ecological sustainability in agricultural systems: Definition and measurement. En Integrating sustainable agriculture, ecology, and environmental policy. Ed. R. K. Olson. London, UK, Food Product Press. pp 51-61.
- Niño de Zepeda, A., M. Maino, F.D. Silvestre y J. Berdegú. (1994). "Análisis del conflicto productivo vs. sustentabilidad ambiental: Un enfoque de programación multicriterio." Investigación Agraria: Economía 9(1): 143-155.
- Norman, D. (1980). El método de investigación de sistemas agropecuarios: su pertinencia para el pequeño agricultor, Michigan State University.
- NRC (1978). Nutrient requirements of horses. Washington D.C., USA, National Academy Press.
- NRC (1984). Nutrient requirements of beef cattle. Washington D.C., USA, National Academy Press.
- NRC (1985). Nutrient requirements of sheep. Washington D.C., USA, National Academy Press.
- Ovalle, C. y F. Squella (1988). Terrenos de pastoreo con praderas anuales en el área de influencia climática mediterránea. En Praderas para Chile. I. Ruiz. Santiago, Chile, INIA. pp 369-409.
- Park, J. y R. A. F. Seaton (1996). "Integrative research and sustainable agriculture." Agricultural Systems 50(1): 81-100.
- Parris, K. (1994). Developing a set of indicators for use in agricultural policy analysis. Paper presented to the Agricultural Economics Society of Ireland, Dublin, Ireland., 19 September, 1994.
- Pearce, D., E. Barbier y A. Markandya (1990). Sustainable development: Economics and environment in the Third World. Aldershot, England, Edward Elgar Publishing Limited.
- Ragland, J. y R. Lal, Eds. (1993). Technologies for sustainable agriculture in the tropics. American Society of Agronomy Special Publication. Madison, USA, American Society of Agronomy.
- Ramaswamy, S. y J. H. Sanders (1992). "Population pressure, land degradation and sustainable agricultural technologies in the Sahel." Agricultural Systems 40(3): 361-378.
- Ramírez, E., J. Berdegú, R. Cazangar y L. Mora. (1992). "El mejoramiento de sistemas productivos campesinos: Aplicación de programación multiobjetivo." Investigación Agraria: Economía 7(1): 147-159.
- Rehman, R. y C. Romero (1993). The Application of the MCDM Paradigm to the Management of Agricultural Systems: Some Basic Considerations. Agricultural Systems 42: 239-255.
- Renard, K. G., J. M. Laflen, G.R. Foster y D.K. McCool (1994). The revised universal soil loss equation. En Soil erosion research methods. Ed. R. Lal. Ankeny, IA, USA, Soil and Water Conservation Society and St. Lucie Press. pp 105-124.
- Rodríguez, D. (1991). Praderas de secano. Día de campo - Producción animal en el secano. Santiago, Chile, Subestación Experimental Hidango. INIA.
- Romero, C. (1985). "Multiobjective and goal programming approaches as a distance function model." Journal Operational Research Society 36: 249-251.

- Romero, C. y T. Rehman (1987). "Natural resource management and the use of multiple criteria decision-making techniques: A review." European Review of Agricultural Economics 14(1): 61-89.
- Ruttan, V. (1990). Sustainability is not enough. En Agricultural development in the third world. Ed. C. K. Eicher y J. M. Staatz. Baltimore, USA, Johns Hopkins Univ. Press. pp 400-404.
- Sands, G. R. y T. H. Podmore (1994). Development of an environmental sustainability index for irrigated agricultural systems. Electronic Conference on Sustainability Indicators, Enero-Abril, 1994.
- SAS (1985). SAS User's Guide: Statistics. Version 5 Edition. Cary, USA, Statistical Analysis System Inc.
- SCA (1990). Feeding standards for Australian livestock: Ruminants. Melbourne, Australia, CSIRO.
- Schans, J. (1991). "Optimal potato production systems with respect to economic and ecological goals." Agricultural Systems 37(4): 387-391.
- Selley, R. (1984). Decision rules in risk analysis. En Risk management in agriculture. Ed. P. J. Barry. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press. pp 53-67.
- Shakya, K. M. y W. A. Leuschner (1990). "A multiple objective land use planning model for Nepalese hills farms." Agricultural Systems 34(2): 133-149.
- Sokal, R. R. (1977). Clustering and classification: Background and current directions. En Classification and clustering. Proceedings of an Advanced Seminar Conducted by the Mathematics Research Centre. Ed. J. van Ryzin. The University of Wisconsin, Madison. 1-15.
- Soule, J., D. Carré y W. Jackson. (1990). Ecological impact of modern agriculture. Agroecology. Ed. C. R. Carroll, J. H. Vandermeer y P. Rosset. New York, USA, McGraw Hill. pp 165-188.
- Spedding, C. R. W. (1988). An introduction to agricultural systems. London, UK, Elsevier.
- Spencer, D. S. C. y M. J. Swift (1992). Sustainable agriculture: Definition and measurement. En Biological Nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture. K. Mulongoy, M. Gueye y D. S. C. Spencer, An IITA and Wiley-Sayce Co-Publication. pp 15-29.
- Spencer, I. y C. Garuti (1994). Ventajas del análisis multicriterio en la evaluación de impacto ambiental de proyectos. Acta de la primera reunión nacional sobre evaluación de impacto ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile. pp 11.50-11.56.
- Tivy, J. (1990). Agriculture and the environment. En Agricultural ecology. Ed. J. Tivy. Harlow, England, Longman Scientific and Technological. pp 243-260.
- Turvey, C. G. (1991). "Environmental quality constraints and farm-level decision making." American Journal of Agricultural Economics 73(5): 1399.
- Valenzuela, J. y F. González (1987). La producción campesina. Santiago, Chile, AGRARIA.
- van der Pol, F. (1992). Soil mining: An unseen contributor to farm income in Southern Mali. En Let farmers judge: Experiences in assessing the sustainability of agriculture. Ed. W.

- Hiemstra, C. Reijntjes y E. van der Werf. London, UK, Intermediate Technology Publications. pp 65-75.
- van Duivenbooden, N. y F. R. Veeneklas (1993). "Impact of organic fertilizer availability on land use and agricultural production in the Fifth Region of Mali. I. Methodology and basic data." Fertilizer Research 35(3): 193-204.
- van Duivenbooden, N. (1993). "Impact of organic fertiliser availability on land use and agricultural production in the Fifth Region of Mali. II. Scenario definition and results." Fertilizer Research 35(3): 205-216.
- Ward, J. (1963). Hierarchical Grouping to Optimise an Objective Function. Journal American Statistical Association 58: 236-244.
- Willis, C. y R. Perlack (1980). "Multiple objective decision-making: Generating techniques of goal programming." American Journal of Agricultural Economics 62(1): 66-74.
- Wischmeier, W. J. y D. D. Smith (1978). Predicting rainfall erosion loss - A guide to conservation planning. US Department of Agriculture. Washington DC, USA. 58 pg.
- Wossink, G. A. A., J. C. Buys, C.R. Jurgens, G.R.D. Snoo y J.A. Renkema (1996). What, how and where: Nature conservation and restoration in sustainable agriculture. VIIIth Congress of the European Association of Agricultural Economists. Edimburgo, Escocia, Septiembre 1996.
- Wossink, G. A. A., T.J. de Koeijer y J.A. Renkema. (1992). "Environmental-economic policy assessment: A farm economic approach." Agricultural Systems 39(4): 421-438.
- Yin, Y. y J. T. Pierce (1993). "Integrated resource assessment and sustainable land use." Environmental Management 17(3): 319-327.
- Zekri, S. y A. C. Herruzo (1994). "Complementary instruments to EEC nitrogen Policy in non-sensitive areas: A case study in Southern Spain." Agricultural Systems 46(3): 245-255.
- Zekri, S. y C. Romero (1991). "Influencia de las preferencias del centro decisor y de los incentivos económicos en la reducción de la contaminación por sales." Investigación Agraria: Economía 6(2): 223-239.
- Zekri, S. y C. Romero (1993). "Public and private compromises in agricultural water management." Journal of Environmental Management 37(3): 281-290.
- Zeleny, M. (1973). Compromise programming. En Multiple criteria decision making. Ed. J. L. Cochrane y M. Zeleny. Columbia, USA, University of South Carolina Press. pp 262-301.
- Zeleny, M. (1982). Multiple criteria decision making. New York, USA, McGraw-Hill Book Company.
- Zhu, M., D. B. Taylor y S.C. Sarin (1993). "A multi-objective dynamic programming model for evaluation of agricultural management in Richmond County, Virginia." Agricultural Systems 42(2): 127-152.

## 9. ANEXO DATOS PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS

### 9.1 PREDIO A

#### Barbecho (a medias)

|              | Mes       | Egreso | Insumo  | QQ | Px | Total | Otros |
|--------------|-----------|--------|---------|----|----|-------|-------|
| Mano de obra | Ago.      |        | Aradura |    |    | 5.76  |       |
|              | Ene.-Mar. |        | Limpia  |    |    | 2.56  |       |

#### Trigo (a medias)

|               | Mes      | Egreso | Insumo      | QQ   | Px   | Total     | Otros |
|---------------|----------|--------|-------------|------|------|-----------|-------|
| Insumo/Egreso | Abr.     |        | Semillas    | 77   | 94   | -\$7,238  | Efec. |
|               | Abr.     |        | Desinfect.  |      |      | -\$577    | Efec. |
|               | Abr.     |        | Urea        | 64   | 120  | -\$7,680  | Efec. |
|               | Jul.     |        | Nitrato Na  | 102  | 112  | -\$11,424 | Efec. |
|               | Jul.     |        | Herbicida   | 2    | 2500 | -\$5,000  | Efec. |
|               | Ene.     |        | Cosecha     |      |      | -\$10,000 | Efec. |
|               | Abr.     | Trigo  |             | 1400 | 65   | \$91,000  | Efec. |
| MB            |          |        |             |      |      | \$49,081  |       |
| Mano de obra  | Abr.-May |        | Siembra     |      |      | 1.28      |       |
|               | Jul.     |        | Fertilizac. |      |      | 1.28      |       |
|               | Jul.     |        | Herbicida   |      |      | 1.92      |       |
|               | Dic.     |        | Cosecha     |      |      | 0.20      |       |

Consumo 800 kg

Utilización de paja factor<sup>22</sup> 50%

#### Garbanzo

|               | Mes  | Egreso   | Insumo    | QQ   | Px    | Total     | Otros |
|---------------|------|----------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| Insumo/Egreso | Sep. |          | Semillas  | 64   | 300   | -\$19,200 | Efec. |
|               | Oct. |          | Pesticida | 0.32 | 10000 | -\$3,200  | Efec. |
|               | Ene. | Garbanzo |           | 577  | 300   | \$173,100 | Efec. |
| MB            |      |          |           |      |       | \$150,700 |       |
| Mano de obra  | Sep. |          | Siembra   |      |       | 5.12      |       |
|               | Oct. |          | Pesticida |      |       | 0.80      |       |
|               | Ene. |          | Cosecha   |      |       | 9.62      |       |
| Consumo       |      | 80 kg    |           |      |       |           |       |

<sup>22</sup> Cantidad de paja que puede ser usada para alimentar ganado. Considera acceso y capacidad de almacenaje.

## Viña

|               | Mes       | Egreso   | Insumo     | QQ   | Px  | Total     | Otros |
|---------------|-----------|----------|------------|------|-----|-----------|-------|
| Insumo/Egreso | Sep.      |          | Urea       | 50   | 120 | -\$6,000  | Efec. |
|               | Nov.      |          | Sulfato    | 8    | 200 | -\$1,500  | Efec. |
|               | Abr.      | Vino (l) |            | 1125 | 133 | \$149,625 | Efec. |
| MB            |           |          |            |      |     | \$142,125 |       |
| Mano de obra  | Jul.-Ago. |          | Poda       |      |     | 4.00      |       |
|               | Sep.      |          | Aradura I  |      |     | 4.00      |       |
|               | Nov.      |          | Aradura II |      |     | 10.00     |       |
|               | Abr.      |          | Cosecha    |      |     | 5.00      |       |

## Ovinos

| Item           | Mes       | Número |      | Valor  | Total    | Otros   |
|----------------|-----------|--------|------|--------|----------|---------|
| Ovejas desecho | Dic.-Abr. | 0.30   | 15%  | 12000  | \$1,800  | Efec.   |
| Borregas       |           | 0.40   | 20%  | -12000 | -\$2,400 |         |
| Corderos       | Nov.      | 1.80   | 81%  | 12000  | \$9,720  | Efec.   |
| Lana           |           |        | 2 kg | 150    | \$300    | consumo |
| MB por oveja   |           |        |      |        | \$9,420  |         |

## Ganado (dato en medias)

| Item         | Mes       | Número |     | Valor  | Total    | Otros | Peso   |
|--------------|-----------|--------|-----|--------|----------|-------|--------|
| Culled Vacas | Dic.-Abr. | 0.2    | 10% | 155000 | \$15,500 | Efec. | 500 kg |
| Vaquillas    |           | 0.3    | 15% | 39000  | -\$5,850 |       | 90 kg  |
| Novillos     | Oct.      | 1.6    | 74% | 39000  | \$28,860 | Efec. | 90 kg  |
| MB por vaca  |           |        |     |        | \$38,510 |       |        |

## Consumo materia seca

|                   | Estación I | Estación II |
|-------------------|------------|-------------|
| Oveja (ponderado) | 270 kg     | 193 kg      |

## MB predial observado

| Actividad | QQ   | MB     | Total     |
|-----------|------|--------|-----------|
| Barbecho  | 3.13 | 0      | \$0       |
| Trigo     | 3.13 | 49081  | \$153,624 |
| Garbanzo  | 1.56 | 150700 | \$235,092 |
| Viña      | 0.20 | 142125 | \$28,425  |
| Ovinos    | 2.00 | 9420   | \$18,840  |
| Ganado    | 2.00 | 38510  | \$77,020  |
| TOTAL     |      |        | \$513,001 |

# Flujo de caja observado

| Mes  | Trigo     | Garbanzo  | Viña     | Ovinos   | Ganado   | Total     | Balance   |
|------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Abr. | \$184,330 |           | \$29,925 | \$720    | \$6,200  | \$192,082 | \$192,082 |
| Mayo |           |           |          |          |          | -\$29,093 | \$162,989 |
| Jun. |           |           |          |          |          | -\$29,093 | \$133,896 |
| Jul. | -\$51,408 |           |          |          |          | -\$80,501 | \$53,395  |
| Ago. |           |           |          |          |          | -\$29,093 | \$24,302  |
| Sep. |           | -\$29,952 | -\$1,200 |          |          | -\$60,245 | -\$35,943 |
| Oct. |           | -\$4,992  |          |          | \$46,020 | \$11,935  | -\$24,008 |
| Nov. |           |           | -\$300   | \$14,640 |          | -\$14,753 | -\$38,761 |
| Dic. |           |           |          | \$720    | \$6,200  | -\$22,173 | -\$60,934 |
| Ene. | -\$31,300 | \$246,036 |          | \$720    | \$6,200  | \$192,563 | \$131,629 |
| Feb. |           |           |          | \$720    | \$6,200  | -\$22,173 | \$109,456 |
| Mar. |           |           |          | \$720    | \$6,200  | -\$22,173 | \$87,283  |

Ingresos menos gastos \$436,399

Gastos mensuales (-20%) \$29,093

Capital de trabajo \$60,934

Crédito máximo \$250,000

Meta de riesgo \$718,005

## MBs anuales esperados

|       | Trigo pl | Garbanzo pl | Trigo lo | Garbanzo lo | Trigo ce | Garbanzo ce |
|-------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| '85   | \$73,955 | \$146,853   | \$67,903 | \$138,414   | \$61,852 | \$129,975   |
| '86   | \$74,748 | \$158,857   | \$68,865 | \$149,743   | \$62,982 | \$140,629   |
| '87   | \$57,179 | \$125,922   | \$52,342 | \$118,661   | \$47,505 | \$111,399   |
| '88   | \$51,418 | \$110,686   | \$46,741 | \$104,281   | \$42,063 | \$97,877    |
| '89   | \$51,201 | \$189,945   | \$46,505 | \$179,082   | \$41,810 | \$168,220   |
| '90   | \$38,737 | \$201,949   | \$34,733 | \$190,412   | \$30,729 | \$178,874   |
| '91   | \$39,039 | \$183,173   | \$34,907 | \$172,692   | \$30,776 | \$162,210   |
| '92   | \$35,287 | \$135,002   | \$31,424 | \$127,230   | \$27,561 | \$119,458   |
| '93   | \$34,105 | \$111,917   | \$30,428 | \$105,443   | \$26,752 | \$98,969    |
| '94   | \$35,123 | \$142,851   | \$31,442 | \$134,638   | \$27,761 | \$126,424   |
| Prom. | \$49,079 | \$150,715   | \$44,529 | \$142,060   | \$39,979 | \$133,404   |

pl: plano; lo: lomas; ce: cerro

|       | Oveja   | Cordero  | Vaca     | Novillo  | Vino      | MB predial |
|-------|---------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| '85   | \$1,942 | \$8,408  | \$15,485 | \$36,192 | \$74,608  | \$641,591  |
| '86   | \$2,240 | \$8,554  | \$17,577 | \$41,379 | \$174,797 | \$718,005  |
| '87   | \$2,325 | \$9,613  | \$17,717 | \$43,524 | \$225,641 | \$510,136  |
| '88   | \$2,406 | \$10,566 | \$16,182 | \$41,340 | \$86,787  | \$438,296  |
| '89   | \$2,302 | \$10,925 | \$15,423 | \$39,780 | \$61,356  | \$550,099  |
| '90   | \$2,060 | \$9,671  | \$13,315 | \$33,891 | \$77,122  | \$520,429  |
| '91   | \$2,111 | \$9,574  | \$16,353 | \$40,833 | \$189,981 | \$528,201  |
| '92   | \$2,258 | \$10,886 | \$16,973 | \$42,666 | \$285,557 | \$468,956  |
| '93   | \$1,774 | \$9,885  | \$14,012 | \$36,972 | \$153,829 | \$389,616  |
| '94   | \$1,582 | \$9,137  | \$11,935 | \$33,384 | \$91,567  | \$417,616  |
| Prom. | \$2,100 | \$9,722  | \$15,497 | \$38,996 | \$142,124 | \$518,295  |

## 9.2 PREDIO B

### Barbecho

|              | Mes  | Egreso | Insumo     | QQ | Px | Total | Otros |
|--------------|------|--------|------------|----|----|-------|-------|
| Mano de obra | Ago. |        | Aradura I  |    |    | 2.56  |       |
|              | Sep. |        | Aradura II |    |    | 1.92  |       |

### Trigo (posterior a barbecho )

|               | Mes  | Egreso | Insumo               | QQ   | Px  | Total     | Otros   |
|---------------|------|--------|----------------------|------|-----|-----------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas             | 154  | 70  | -\$10,780 | propio  |
|               | Mayo |        | Desinfect.           |      |     | -\$962    | Efec.   |
|               | Mayo |        | PhDA <sup>23</sup>   | 103  | 156 | -\$16,068 | crédito |
|               | Jul. |        | Nitrato Na           | 91   | 101 | -\$9,191  | crédito |
|               |      |        | Urea                 | 64   | 176 | -\$11,264 | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha              | 192  | 70  | -\$13,440 | Trigo   |
|               | Dic. | Trigo  |                      | 2611 | 70  | \$182,770 | Efec.   |
| MB            |      |        |                      |      |     | \$121,065 |         |
| Mano de obra  | Abr. |        | Preparación de suelo |      |     | 0.21      |         |
|               | Mayo |        | Siembra              |      |     | 1.92      |         |
|               | Jul. |        | Fertilizac.          |      |     | 0.57      |         |
|               | Dic. |        | Cosecha              |      |     | 0.20      |         |

Consumo 800 kg  
Utilización de la paja 80%

### Garbanzo (después de barbecho, antes de trigo)

|               | Mes  | Egreso   | Insumo   | QQ  | Px   | Total     | Otros   |
|---------------|------|----------|----------|-----|------|-----------|---------|
| Insumo/Egreso | Sep. |          | Semillas | 100 | 300  | -\$30,000 | propio  |
|               |      |          | SFT      | 100 | 135  | -\$13,500 | crédito |
|               | Ene. |          | Tractor  | 1   | 5000 | -\$5,000  | Efec.   |
|               |      | Garbanzo |          | 800 | 300  | \$240,000 | Efec.   |
| MB            |      |          |          |     |      | \$191,500 |         |
| Mano de obra  | Sep. |          | Siembra  |     |      | 2.00      |         |
|               | Ene. |          | Cosecha  |     |      | 9.00      |         |

### Lentejas (después de arvejas)

|               | Mes  | Egreso   | Insumo   | QQ  | Px   | Total     | Otros  |
|---------------|------|----------|----------|-----|------|-----------|--------|
| Insumo/Egreso | Mayo |          | Semillas | 45  | 500  | -\$22,500 | propio |
|               | Ene. |          | Tractor  | 1   | 3000 | -\$3,000  | Efec.  |
|               | Ene. | Lentejas |          | 400 | 500  | \$200,000 | Efec.  |
| MB            |      |          |          |     |      | \$174,500 |        |
| Mano de obra  | Mayo |          | Siembra  |     |      | 3.00      |        |
|               | Ene. |          | Cosecha  |     |      | 10.00     |        |

Consumo 200 kg (en siembra)

<sup>23</sup> Di-Ammonic phosphate

### Arvejas (después de barbecho )

|               | Mes  | Egreso  | Insumo                | QQ   | Px  | Total     |         |
|---------------|------|---------|-----------------------|------|-----|-----------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |         | Semillas              | 120  | 70  | -\$8,400  | crédito |
|               |      |         | FDA                   | 80   | 160 | -\$12,800 | crédito |
|               | Ago. |         | Nitrato Na            | 125  | 176 | -\$22,000 | crédito |
|               |      |         | Urea                  | 100  | 176 | -\$17,600 | crédito |
|               | Oct. | Arvejas |                       | 2000 | 140 | \$280,000 | Efec.   |
| MB            |      |         |                       |      |     | \$219,200 |         |
| Mano de obra  | Mayo |         | Siembra/fertilización |      |     | 3.00      |         |
|               | Ago. |         | Fertilizac.           |      |     | 0.50      |         |
|               | Oct. |         | Cosecha               |      |     | 4.00      |         |

Consumo 200 kg

### Avena

|               | Mes  | Egreso      | Insumo      | QQ   | Px  | Total     |         |
|---------------|------|-------------|-------------|------|-----|-----------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |             | Semillas    | 120  | 70  | -\$8,400  | crédito |
|               | Jul. |             | Urea        | 100  | 176 | -\$17,600 | crédito |
|               |      |             | Nitrato Na  | 160  | 101 | -\$16,160 | crédito |
|               | Dic. | Avena, paja |             | 2400 |     |           |         |
| MB            |      |             |             |      |     | -\$42,160 |         |
| Mano de obra  | Mayo |             | Siembra     |      |     | 3.00      |         |
|               | Jul. |             | Fertilizac. |      |     | 0.50      |         |
|               | Dic. |             | Cosecha     |      |     | 7.00      |         |

Consumo 200 kg

### Ovinos

| Item           | Mes       | Número  |     | Valor | QQ       | Otros |
|----------------|-----------|---------|-----|-------|----------|-------|
| Ovejas desecho | Dic.-Abr. | 9       | 15% | 12000 | \$1,800  | Efec. |
| Borregas       |           | 12      | 20% | 12600 | -\$2,520 |       |
| Corderos       | Sep.      | 49      | 81% | 12600 | \$10,206 | Efec. |
| Lana (kg)      | Nov.      |         | 2   | 150   | \$300    | Efec. |
| Medicinas      | Mayo      |         |     |       | -\$357   | Efec. |
| MB por oveja   |           |         |     |       | \$9,429  |       |
| Mano de obra   | Nov.      | Esquila |     |       | 0.01     |       |

Consumo 8 cbz

### Ganado

| Item          | Mes       | Número |     | Valor  | QQ        | Otros |
|---------------|-----------|--------|-----|--------|-----------|-------|
| Vacas desecho | Dic.-Abr. | 0.70   | 10% | 155000 | \$15,500  | Efec. |
| Vaquillas     |           | 1.05   | 15% | 85000  | -\$12,750 |       |
| Novillos      | Oct.      | 5.18   | 74% | 85000  | \$62,900  | Efec. |
| Medicinas     | Mayo      |        |     |        | -\$540    | Efec. |
| MB por vaca   |           |        |     |        | \$65,110  |       |

### Heno alfalfa

|              | Mes  | Egreso | Insumo | QQ      | Px | Total      | Otros |
|--------------|------|--------|--------|---------|----|------------|-------|
| Heno alfalfa | Feb. | Compra |        | 3000 kg | 43 | -\$129,000 | Efec. |

**Productividad de la pradera natural****110%****Consumo materia seca**

|                   | Estación I | Estación II |
|-------------------|------------|-------------|
| Oveja (ponderado) | 273 kg     | 195 kg      |
| Vaca (ponderado)  | 1764 kg    | 1244 kg     |
| Caballo           | 1819 kg    | 1283 kg     |

**MB predial observado**

| Actividad       | QQ   | MB        | Total              |
|-----------------|------|-----------|--------------------|
| Barbecho        | 7.03 |           | \$0                |
| Trigo           | 7.03 | \$121,065 | \$851,087          |
| Garbanzo        | 2.34 | \$191,500 | \$448,110          |
| Lentejas        | 0.00 | \$174,500 | \$0                |
| Arvejas         | 2.00 | \$219,200 | \$438,400          |
| Avena           | 1.00 | -\$42,160 | -\$42,160          |
| Ovinos          | 61   | \$9,429   | \$575,169          |
| Ganado          | 7    | \$65,110  | \$455,770          |
| Heno alfalfa    |      |           | -\$129,000         |
| Interés crédito |      |           | -\$34,414          |
| <b>TOTAL</b>    |      |           | <b>\$2,562,962</b> |

**Flujo de caja observado**

|      | Trigo       | Garbanzos | Arvejas    | Avena     | Alfalfa    |
|------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Abr. | -\$263,520  | -\$31,590 | -\$121,600 | -\$42,160 |            |
| Mayo |             |           |            |           |            |
| Jun. |             |           |            |           |            |
| Jul. |             |           |            |           |            |
| Ago. |             |           |            |           |            |
| Sep. |             |           |            |           |            |
| Oct. |             |           | \$532,000  |           |            |
| Nov. |             |           |            |           |            |
| Dic. | \$1,058,606 |           |            |           |            |
| Ene. |             | \$419,700 |            |           |            |
| Feb. |             |           |            |           | -\$129,000 |
| Mar. |             |           |            |           |            |

|      | Ovinos    | Ganado    | Crédito    | Mensual     | Balance     |
|------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Abr. | \$21,960  | \$21,700  | \$458,870  | -\$110,884  | -\$110,884  |
| Mayo | -\$21,777 | -\$3,780  |            | -\$180,101  | -\$290,985  |
| Jun. |           |           |            | -\$154,544  | -\$445,529  |
| Jul. |           |           |            | -\$154,544  | -\$600,073  |
| Ago. |           |           |            | -\$154,544  | -\$754,617  |
| Sep. | \$368,046 |           |            | \$213,502   | -\$541,115  |
| Oct. |           | \$351,050 |            | \$728,506   | \$187,391   |
| Nov. | \$18,300  |           |            | -\$136,244  | \$51,147    |
| Dic. | \$21,960  | \$21,700  |            | \$947,722   | \$998,869   |
| Ene. | \$21,960  | \$21,700  |            | \$308,816   | \$1,307,685 |
| Feb. | \$21,960  | \$21,700  |            | -\$239,884  | \$1,067,801 |
| Mar. | \$21,960  | \$21,700  | -\$493,284 | -\$ 604,168 | \$ 463,633  |

**Ingresos menos gastos** **\$2,318,161**

**Gastos mensuales (-20%)** **\$154,544**

**Capital de trabajo** **\$754,617**

**Crédito máximo** **\$500,000**

**Meta de riesgo** **\$2,804,341**

#### **MBs anuales esperados**

| Plano | Trigo     | Garbanzos | Lentejas  | Arvejas   | Avena     |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| '85   | \$164,505 | \$184,171 | \$198,818 | \$153,665 | -\$47,787 |
| '86   | \$164,762 | \$200,227 | \$273,190 | \$212,795 | -\$42,257 |
| '87   | \$132,534 | \$156,205 | \$187,990 | \$254,294 | -\$40,166 |
| '88   | \$121,714 | \$134,133 | \$128,528 | \$232,282 | -\$43,944 |
| '89   | \$124,127 | \$243,687 | \$175,388 | \$218,322 | -\$44,189 |
| '90   | \$102,598 | \$261,930 | \$208,580 | \$249,672 | -\$41,614 |
| '91   | \$105,881 | \$236,553 | \$187,813 | \$283,659 | -\$44,854 |
| '92   | \$99,345  | \$172,402 | \$121,605 | \$210,725 | -\$43,209 |
| '93   | \$97,472  | \$141,982 | \$128,528 | \$203,552 | -\$37,190 |
| '94   | \$97,723  | \$183,922 | \$134,563 | \$172,750 | -\$36,443 |
| Prom. | \$121,066 | \$191,521 | \$174,500 | \$219,171 | -\$42,165 |

| Lomas | Trigo     | Garbanzos | Lentejas  | Arvejas   | Avena     |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| '85   | \$152,351 | \$172,471 | \$187,448 | \$142,521 | -\$47,787 |
| '86   | \$152,946 | \$187,591 | \$257,630 | \$199,089 | -\$42,257 |
| '87   | \$122,820 | \$146,137 | \$177,230 | \$238,726 | -\$40,166 |
| '88   | \$112,320 | \$125,253 | \$121,118 | \$217,456 | -\$43,944 |
| '89   | \$114,696 | \$228,627 | \$165,338 | \$204,252 | -\$44,189 |
| '90   | \$94,556  | \$245,934 | \$196,660 | \$234,104 | -\$41,614 |
| '91   | \$97,584  | \$222,021 | \$177,063 | \$266,159 | -\$44,854 |
| '92   | \$91,586  | \$161,626 | \$114,585 | \$197,173 | -\$43,209 |
| '93   | \$90,089  | \$133,006 | \$121,118 | \$190,700 | -\$37,190 |
| '94   | \$90,330  | \$172,534 | \$126,813 | \$161,550 | -\$36,443 |
| Prom. | \$111,928 | \$179,520 | \$164,500 | \$205,173 | -\$42,165 |

|       | Ovejas  | Cordero  | Vacas    | Novillos | MB predial  |
|-------|---------|----------|----------|----------|-------------|
| '85   | \$1,585 | \$10,899 | \$14,945 | \$78,880 | \$2,631,534 |
| '86   | \$1,883 | \$11,088 | \$17,037 | \$90,185 | \$2,804,341 |
| '87   | \$1,968 | \$12,461 | \$17,177 | \$94,860 | \$2,668,685 |
| '88   | \$2,049 | \$13,696 | \$15,642 | \$90,100 | \$2,545,927 |
| '89   | \$1,945 | \$14,162 | \$14,883 | \$86,700 | \$2,633,604 |
| '90   | \$1,703 | \$12,537 | \$12,775 | \$73,865 | \$2,429,468 |
| '91   | \$1,754 | \$12,411 | \$15,813 | \$88,995 | \$2,592,263 |
| '92   | \$1,901 | \$14,112 | \$16,433 | \$92,990 | \$2,429,316 |
| '93   | \$1,417 | \$12,814 | \$13,472 | \$80,580 | \$2,216,332 |
| '94   | \$1,225 | \$11,844 | \$11,395 | \$72,760 | \$2,106,806 |
| Prom. | \$1,743 | \$12,603 | \$14,957 | \$84,992 | \$2,505,828 |

## 9.3 PREDIO C

### Barbecho

|              | Mes       | Egreso   | Insumo     | QQ | Px | Total |
|--------------|-----------|----------|------------|----|----|-------|
| Mano de obra | Jul.      | Barbecho | Aradura I  |    |    | 2.56  |
|              | Sep.-Oct. |          | Aradura II |    |    | 1.28  |

### Trigo

|              | Mes      | Egreso | Insumo               | QQ   | Px  | Total              |
|--------------|----------|--------|----------------------|------|-----|--------------------|
|              | Mayo     |        | Semillas             | 179  | 172 | -\$ 30,788 crédito |
|              | Mayo     |        | SFT                  | 102  | 122 | -\$ 12,444 crédito |
|              | Mayo     |        | FDA                  | 51   | 154 | -\$ 7,854 crédito  |
|              | Mayo     |        | Urea                 | 32   | 158 | -\$ 5,056 crédito  |
|              | Jul.     |        | Urea                 | 96   | 158 | -\$ 15,168 crédito |
|              | Dic.     |        | Cosecha              | 208  | 75  | -\$ 15,600 Trigo   |
|              | Dic.     | Trigo  |                      | 3328 | 75  | \$ 249,600 Efec.   |
| MB           |          |        |                      |      |     | \$ 162,690         |
| Mano de obra | Abr.-May |        | Preparación de suelo |      |     | 0.32               |
|              |          |        | Siembra              |      |     | 0.64               |
|              | Jul.     |        | Fertilizac.          |      |     | 0.32               |
|              | Dic.     |        | Cosecha              |      |     | 0.20               |

Consumo 120 kg

Utilización de paja 20%

### Ovinos

| Item           | Mes       | Número | Valor | QQ       | Otros          |
|----------------|-----------|--------|-------|----------|----------------|
| Ovejas         |           | 20     |       |          |                |
| Ovejas desecho | Dic.-Abr. | 3      | 15%   | 12000    | \$ 1,800 Efec. |
| Borregas       |           | 4      | 20%   | 12000    | -\$ 2,400      |
| Corderos       | Sep.      | 16     | 81%   | 12000    | \$ 9,720 Efec. |
| Lana (kg)      | Nov.      | 2      | 150   | \$ 300   | Efec.          |
| MB por oveja   |           |        |       | \$ 9,420 |                |

Consumo 5 cbz

**Heno alfalfa**

|              | Mes  | Egreso | Insumo | QQ     | Px    | Total      | Otros |
|--------------|------|--------|--------|--------|-------|------------|-------|
| Heno alfalfa | Mar. | Compra |        | 900 kg | \$ 40 | -\$ 36,000 | Efec. |

**Consumo materia seca**

|                   | Estación I | Estación II |
|-------------------|------------|-------------|
| Oveja (ponderado) | 273 kg     | 195 kg      |
| Caballo           | 1819 kg    | 1283 kg     |

**MB predial observado**

| Actividad       | QQ    | MB         | Total               |
|-----------------|-------|------------|---------------------|
| Barbecho        | 7.03  |            | \$ 0                |
| Trigo           | 12.00 | \$ 162,690 | \$ 1,952,280        |
| Ovinos          | 20    | \$ 9,420   | \$ 188,400          |
| Hay             | 900   | \$ 40      | -\$ 36,000          |
| Interés crédito |       |            | -\$ 64,179          |
| <b>TOTAL</b>    |       |            | <b>\$ 2,040,501</b> |

**Flujo de caja observado**

|      | Trigo        | Ovinos    | Alfalfa    | Crédito     | Total         | Balance      |
|------|--------------|-----------|------------|-------------|---------------|--------------|
| Abr. | -\$ 855,720  | \$ 7,200  |            | \$ 855,720  | -\$ 124,233   | -\$ 124,233  |
| Mayo |              |           |            |             | -\$ 131,433   | -\$ 255,666  |
| Jun. |              |           |            |             | -\$ 131,433   | -\$ 387,099  |
| Jul. |              |           |            |             | -\$ 131,433   | -\$ 518,532  |
| Ago. |              |           |            |             | -\$ 131,433   | -\$ 649,965  |
| Sep. |              | \$ 86,400 |            |             | -\$ 45,033    | -\$ 694,998  |
| Oct. |              |           |            |             | -\$ 131,433   | -\$ 826,431  |
| Nov. |              | \$ 6,000  |            |             | -\$ 125,433   | -\$ 951,864  |
| Dic. | \$ 2,799,000 | \$ 7,200  |            |             | \$ 2,674,767  | \$ 1,722,903 |
| Ene. |              | \$ 7,200  |            |             | -\$ 124,233   | \$ 1,598,670 |
| Feb. |              | \$ 7,200  |            |             | -\$ 124,233   | \$ 1,474,437 |
| Mar. |              | \$ 7,200  | -\$ 36,000 | -\$ 919,899 | -\$ 1,080,132 | \$ 394,305   |

**Ingresos menos gastos** **\$ 1,971,501**

**Gastos mensuales(-20%)** **\$ 131,433**

**Capital de trabajo** **\$ 951,864**

**Crédito máximo** **\$ 900,000**

**Meta de riesgo** **\$ 2,587,988**

## MBs anuales esperados

|       | Trigo (pl) | Trigo (lo) | Ovejas   | Corderos  | MB predial   |
|-------|------------|------------|----------|-----------|--------------|
| '85   | \$ 217,397 | \$ 200,798 | \$ 1,942 | \$ 10,380 | \$ 2,587,988 |
| '86   | \$ 217,498 | \$ 201,362 | \$ 2,240 | \$ 10,560 | \$ 2,583,580 |
| '87   | \$ 175,583 | \$ 162,317 | \$ 2,325 | \$ 11,868 | \$ 2,118,336 |
| '88   | \$ 162,720 | \$ 149,891 | \$ 2,406 | \$ 13,044 | \$ 1,986,260 |
| '89   | \$ 165,931 | \$ 153,052 | \$ 2,302 | \$ 13,488 | \$ 2,028,532 |
| '90   | \$ 139,402 | \$ 128,419 | \$ 2,060 | \$ 11,940 | \$ 1,715,856 |
| '91   | \$ 144,791 | \$ 133,460 | \$ 2,111 | \$ 11,820 | \$ 1,778,436 |
| '92   | \$ 136,834 | \$ 126,239 | \$ 2,258 | \$ 13,440 | \$ 1,707,100 |
| '93   | \$ 133,358 | \$ 123,275 | \$ 1,774 | \$ 12,204 | \$ 1,646,544 |
| '94   | \$ 133,381 | \$ 123,284 | \$ 1,582 | \$ 11,280 | \$ 1,635,412 |
| Prom. | \$ 162,690 | \$ 150,210 | \$ 2,100 | \$ 12,002 | \$ 1,978,804 |

## 9.4 PREDIO D

### Trigo (dato en medias)

|               | Mes  | Egreso | Insumo     | QQ   | Px  | Total      |         |
|---------------|------|--------|------------|------|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas   | 82   | 75  | -\$ 6,150  | propio  |
|               | Mayo |        | Desinfect. |      |     | -\$ 666    | crédito |
|               | Mayo |        | SFT        | 123  | 125 | -\$ 15,375 | crédito |
|               | Jul. |        | Urea       | 77   | 175 | -\$ 13,475 | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha    | 80   | 75  | -\$ 6,000  | Trigo   |
|               | Dic. |        | Transporte | 30   | 75  | -\$ 2,250  | Trigo   |
|               | Dic. | Trigo  |            | 1216 | 75  | \$ 91,200  | Efec.   |
| MB            |      |        |            |      |     | \$ 47,284  |         |

Consumo 0 kg

Utilización de paja 25%

### Ovinos

| Item         | Mes       | Número | Valor | QQ    |                |
|--------------|-----------|--------|-------|-------|----------------|
| Ovejas       | Dic.-Abr. | 3      | 15%   | 12000 | \$ 1,800 Efec. |
| Borregas     |           | 4      | 20%   | 12000 | -\$ 2,400      |
| Corderos     | Sep.      | 16.2   | 81%   | 12000 | \$ 9,720 Efec. |
| Lana (kg)    | Nov.      | 2      |       | 150   | \$ 300 consumo |
| MB por oveja |           |        |       |       | \$ 9,420       |

Consumo 12 corderos

### Heno alfalfa

|              | Mes  | Egreso | Insumo | QQ      | Px | Total      | Otros |
|--------------|------|--------|--------|---------|----|------------|-------|
| Heno alfalfa | Mar. | Compra |        | 1500 kg | 40 | -\$ 60,000 | Efec. |

**Consumo materia seca**

|                   | Estación I | Estación II |
|-------------------|------------|-------------|
| Oveja (ponderado) | 271 kg     | 193 kg      |
| Caballo           | 1819 kg    | 1283 kg     |

**Ingreso extra predial (Abr.-Mar.) \$ 90,000**

**MB predial observado**

| Actividad       | QQ   | MB        | Total             |
|-----------------|------|-----------|-------------------|
| Barbecho        | 4.69 |           | \$ 0              |
| Trigo           | 7.81 | \$ 47,284 | \$ 369,288        |
| Ovinos          | 20   | \$ 9,420  | \$ 188,400        |
| Heno alfalfa    | 1500 | \$ 40     | -\$ 60,000        |
| Interés crédito |      |           | -\$ 17,289        |
| <b>TOTAL</b>    |      |           | <b>\$ 480,399</b> |

**Flujo de caja observado**

|      | Trigo       | Ovinos   | Alfalfa    | Crédito     | Ingreso   | Total       | Balance    |
|------|-------------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|
| Abr. | -\$ 230,520 | \$ 7,200 |            | \$ 230,520  | \$ 90,000 | \$ 7,200    | \$ 7,200   |
| Mayo |             |          |            |             | \$ 90,000 | \$ 0        | \$ 7,200   |
| Jun. |             |          |            |             | \$ 90,000 | \$ 0        | \$ 7,200   |
| Jul. |             |          |            |             | \$ 90,000 | \$ 0        | \$ 7,200   |
| Ago. |             |          |            |             | \$ 90,000 | \$ 0        | \$ 7,200   |
| Sep. |             |          |            |             | \$ 90,000 | \$ 0        | \$ 7,200   |
| Oct. |             | \$ 2,400 |            |             | \$ 90,000 | \$ 2,400    | \$ 9,600   |
| Nov. |             |          |            |             | \$ 90,000 | \$ 0        | \$ 9,600   |
| Dic. | \$ 599,808  | \$ 7,200 |            |             | \$ 90,000 | \$ 607,008  | \$ 616,608 |
| Ene. |             | \$ 7,200 |            |             | \$ 90,000 | \$ 7,200    | \$ 623,808 |
| Feb. |             | \$ 7,200 |            | -\$ 247,809 | \$ 90,000 | -\$ 240,609 | \$ 383,199 |
| Mar. |             | \$ 7,200 | -\$ 60,000 |             | \$ 90,000 | -\$ 52,800  | \$ 330,399 |

**Ingresos menos gastos \$ 330,399**

**Gastos mensuales(pensión) \$ 90,000**

**Capital de trabajo \$ 0**

**Crédito máximo \$ 300,000**

**Meta de riesgo \$ 605,214**

## MBs anuales esperados

|       | Trigo (pl) | Trigo (lo) | Ovinos   | Corderos  | MB predial |
|-------|------------|------------|----------|-----------|------------|
| '85   | \$ 64,803  | \$ 58,738  | \$ 1,942 | \$ 10,380 | \$ 605,214 |
| '86   | \$ 66,497  | \$ 60,601  | \$ 2,240 | \$ 10,560 | \$ 598,927 |
| '87   | \$ 51,833  | \$ 46,985  | \$ 2,325 | \$ 11,868 | \$ 507,189 |
| '88   | \$ 45,326  | \$ 40,638  | \$ 2,406 | \$ 13,044 | \$ 482,901 |
| '89   | \$ 47,245  | \$ 42,540  | \$ 2,302 | \$ 13,488 | \$ 504,494 |
| '90   | \$ 38,826  | \$ 34,813  | \$ 2,060 | \$ 11,940 | \$ 434,493 |
| '91   | \$ 40,673  | \$ 36,533  | \$ 2,111 | \$ 11,820 | \$ 449,366 |
| '92   | \$ 39,208  | \$ 35,336  | \$ 2,258 | \$ 13,440 | \$ 461,490 |
| '93   | \$ 39,175  | \$ 35,491  | \$ 1,774 | \$ 12,204 | \$ 434,717 |
| '94   | \$ 39,241  | \$ 35,552  | \$ 1,582 | \$ 11,280 | \$ 422,341 |
| Prom. | \$ 47,283  | \$ 42,723  | \$ 2,100 | \$ 12,002 | \$ 490,113 |

## 9.5 PREDIO E

### Barbecho

|              | Mes  | Egreso   | Insumo     | QQ | Px | Total | Otros |
|--------------|------|----------|------------|----|----|-------|-------|
| Mano de obra | Sep. | Barbecho | Aradura I  |    |    | 3.84  |       |
|              | Oct. |          | Aradura II |    |    | 2.56  |       |

### Trigo

|               | Mes  | Egreso   | Insumo      | QQ    | Px  | Total      | Otros   |
|---------------|------|----------|-------------|-------|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |          | Semillas    | 154   | 68  | -\$ 10,472 | crédito |
|               | Mayo |          | Desinfect.  |       |     | -\$ 1,460  | crédito |
|               | Mayo |          | FDA         | 154   | 160 | -\$ 24,640 | crédito |
|               | Jul. |          | Urea        | 96    | 176 | -\$ 16,896 | crédito |
|               | Dic. |          | Cosecha     | 154   | 68  | -\$ 10,472 | Trigo   |
|               | Dic. | Trigo    |             | 3072  | 68  | \$ 208,896 | Efec.   |
| MB            |      |          |             |       |     | \$ 144,956 |         |
| Mano de obra  | Mayo |          | Siembra     |       |     | 1.28       |         |
|               | Jul. |          | Fertilizac. |       |     | 0.32       |         |
|               | Dic. |          | Cosecha     |       |     | 0.20       |         |
|               | Ene. |          | Enfardado   | 25 kg | 16  | -\$ 400    | Efec.   |
|               | Feb. | Sale     |             | 25 kg | 40  | \$ 1,000   | Efec.   |
| MB            |      | por bale |             |       |     | \$ 600     |         |

Consumo 2000 kg

Utilización de paja 80%

### Ganado

| Item         | Mes       | Número | Valor | Total  | Otros      |
|--------------|-----------|--------|-------|--------|------------|
| Culled Vacas | Dic.-Abr. | 2.00   | 10%   | 155000 | \$ 15,500  |
| Vaquillas    |           | 3.00   | 15%   | 80000  | -\$ 12,000 |
| Novillos     | Oct.      | 16.00  | 74%   | 80000  | \$ 59,200  |
| Medicinas    | Mayo      |        |       |        | -\$ 540    |
| MB por vaca  |           |        |       |        | \$ 62,160  |

### Ovinos (dato en medias)

| Item           | Mes       | Número |     | Valor | Total     | Otros   |
|----------------|-----------|--------|-----|-------|-----------|---------|
| Ovejas desecho | Dic.-Abr. | 3.00   | 15% | 12000 | \$ 1,800  | Efec.   |
| Borregas       |           | 4.00   | 20% | 6000  | -\$ 1,200 |         |
| Corderos       | Sep.      | 18.00  | 81% | 6000  | \$ 4,860  | Efec.   |
| Lana (kg)      | Nov.      |        | 1   | 300   | \$ 300    | consumo |
| MB por oveja   |           |        |     |       | \$ 5,760  |         |

### Equinos

| Item          | Mes       | Número |  | Valor  | Total      | Otros |
|---------------|-----------|--------|--|--------|------------|-------|
| Sale          | Dic.-Abr. | 1      |  | 110000 | \$ 110,000 | Efec. |
| MB por cabeza |           |        |  |        | \$ 13,750  |       |

### Heno alfalfa

|              | Mes  | Egreso | Insumo | QQ      | Px  | Total       | Otros |
|--------------|------|--------|--------|---------|-----|-------------|-------|
| Heno alfalfa | Mar. | Hay    |        | 3000 kg | -40 | -\$ 120,000 | Efec. |

### Carbón

|               | Mes       | Egreso            | Insumo           | QQ  | Px   | Total      | Otros |
|---------------|-----------|-------------------|------------------|-----|------|------------|-------|
| Insumo/Egreso |           | Sacos (40 kg c/u) |                  | 100 | 4000 | \$ 400,000 | Efec. |
| MB            |           |                   |                  |     |      | \$ 400,000 |       |
| Mano de obra  | Ago.-Sep. |                   | Corte/poda/quema |     |      | 0.30       |       |

### Consumo materia seca

|                  | Estación I | Estación II |
|------------------|------------|-------------|
| Vaca (ponderado) | 1765       | 1245        |

Productividad de la pradera natural 110%

### Maíz (fijo, para equinos)

|               | Mes       | Egreso | Insumo     | QQ      | Px  | Total      | Otros |
|---------------|-----------|--------|------------|---------|-----|------------|-------|
| Insumo/Egreso | Oct.      |        | Semillas   | 30 kg   | 70  | -\$ 2,100  | Efec. |
|               |           |        | FDA        | 60 kg   | 182 | -\$ 10,920 | Efec. |
|               | Nov.      |        | Urea       | 100 kg  | 176 | -\$ 17,600 | Efec. |
|               | Ene.-Feb. | Maíz   |            | 8000 kg |     |            |       |
| Mano de obra  | Abr.-Mar. |        | Alimentac. |         |     | 1.00       |       |
|               | Ago.      |        | Suelo      |         |     | 1.00       |       |
|               | Oct.      |        | Siembra    |         |     | 1.00       |       |
|               | Nov.      |        | Picado I   |         |     | 1.00       |       |
|               | Dic.      |        | Picado II  |         |     | 1.00       |       |
|               | Ene.-Feb. |        | Cosecha    |         |     | 1.00       |       |

### MB predial observado

| Actividad       | QQ    | MB         | Total        |
|-----------------|-------|------------|--------------|
| Barbecho        | 15.00 |            | \$ 0         |
| Trigo           | 15.00 | \$ 144,956 | \$ 2,174,340 |
| Carbón          | 100   | \$ 4,000   | \$ 400,000   |
| Ganado          | 20    | \$ 62,160  | \$ 1,243,200 |
| Ovinos          | 20    | \$ 5,760   | \$ 115,200   |
| Paja            | 80    | \$ 600     | \$ 48,000    |
| Equinos         | 8     | \$ 13,750  | \$ 110,000   |
| Interés crédito |       |            | -\$ 60,152   |
| TOTAL           |       |            | \$ 4,030,589 |

### Flujo de caja observado

| Mes  | Trigo/paja   | Ovinos    | Ganado     | Equinos   | Carbón     |
|------|--------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Abr. | -\$ 802,020  | \$ 7,200  | \$ 62,000  | \$ 22,000 |            |
| Mayo |              |           | -\$ 10,800 |           |            |
| Jun. |              |           |            |           |            |
| Jul. |              |           |            |           |            |
| Ago. |              |           |            |           |            |
| Sep. |              |           |            |           | \$ 400,000 |
| Oct. |              | \$ 73,200 | \$ 800,000 |           |            |
| Nov. |              | \$ 7,200  | \$ 62,000  |           |            |
| Dic. | \$ 2,946,360 | \$ 7,200  | \$ 62,000  | \$ 22,000 |            |
| Ene. | -\$ 32,000   | \$ 7,200  | \$ 62,000  | \$ 22,000 |            |
| Feb. | \$ 80,000    | \$ 7,200  | \$ 62,000  | \$ 22,000 |            |
| Mar. |              | \$ 7,200  | \$ 62,000  | \$ 22,000 |            |

| Mes  | Alfalfa     | Maíz       | Crédito     | Total         | Balance       |
|------|-------------|------------|-------------|---------------|---------------|
| Abr. |             |            | \$ 802,020  | -\$ 170,119   | -\$ 170,119   |
| Mayo |             |            |             | -\$ 272,119   | -\$ 442,238   |
| Jun. |             |            |             | -\$ 261,319   | -\$ 703,557   |
| Jul. |             |            |             | -\$ 261,319   | -\$ 964,876   |
| Ago. |             |            |             | -\$ 261,319   | -\$ 1,226,195 |
| Sep. |             |            |             | \$ 138,681    | -\$ 1,087,514 |
| Oct. |             | -\$ 13,020 |             | \$ 611,881    | -\$ 475,633   |
| Nov. |             | -\$ 17,600 |             | -\$ 192,119   | -\$ 667,752   |
| Dic. |             |            |             | \$ 2,776,241  | \$ 2,108,489  |
| Ene. |             |            |             | -\$ 202,119   | \$ 1,906,370  |
| Feb. |             |            |             | -\$ 90,119    | \$ 1,816,251  |
| Mar. | -\$ 120,000 |            | -\$ 862,172 | -\$ 1,032,291 | \$ 783,961    |

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| <b>Ingresos menos gastos</b>  | <b>\$ 3,919,789</b> |
| <b>Gastos mensuales(-20%)</b> | <b>\$ 261,319</b>   |
| <b>Capital de trabajo</b>     | <b>\$ 1,226,195</b> |
| <b>Crédito máximo</b>         | <b>\$ 1,002,525</b> |
| <b>Meta de riesgo</b>         | <b>\$ 4,708,913</b> |

#### MBs anuales esperados

|       | Trigo (pl) | Trigo (lo) | Ovinos<br>dato en<br>medias | Corderos<br>dato en<br>medias | Vacas     | Novillos  |
|-------|------------|------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|
| '85   | \$ 193,090 | \$ 179,199 | \$ 1,942                    | \$ 2,595                      | \$ 14,945 | \$ 74,240 |
| '86   | \$ 194,036 | \$ 180,530 | \$ 2,240                    | \$ 2,640                      | \$ 17,037 | \$ 84,880 |
| '87   | \$ 156,534 | \$ 145,431 | \$ 2,325                    | \$ 2,967                      | \$ 17,177 | \$ 89,280 |
| '88   | \$ 143,771 | \$ 133,033 | \$ 2,406                    | \$ 3,261                      | \$ 15,642 | \$ 84,800 |
| '89   | \$ 147,940 | \$ 137,161 | \$ 2,302                    | \$ 3,372                      | \$ 14,883 | \$ 81,600 |
| '90   | \$ 123,747 | \$ 114,556 | \$ 2,060                    | \$ 2,985                      | \$ 12,775 | \$ 69,520 |
| '91   | \$ 129,367 | \$ 119,884 | \$ 2,111                    | \$ 2,955                      | \$ 15,813 | \$ 83,760 |
| '92   | \$ 121,985 | \$ 113,118 | \$ 2,258                    | \$ 3,360                      | \$ 16,433 | \$ 87,520 |
| '93   | \$ 119,873 | \$ 111,433 | \$ 1,774                    | \$ 3,051                      | \$ 13,472 | \$ 75,840 |
| '94   | \$ 119,250 | \$ 110,800 | \$ 1,582                    | \$ 2,820                      | \$ 11,395 | \$ 68,480 |
| Prom. | \$ 144,959 | \$ 134,514 | \$ 2,100                    | \$ 3,001                      | \$ 14,957 | \$ 79,992 |

|       | Equinos   | MB predial   |
|-------|-----------|--------------|
| '85   | \$ 8,014  | \$ 4,544,957 |
| '86   | \$ 10,208 | \$ 4,708,914 |
| '87   | \$ 11,241 | \$ 4,157,428 |
| '88   | \$ 10,310 | \$ 3,861,726 |
| '89   | \$ 9,668  | \$ 3,875,611 |
| '90   | \$ 8,002  | \$ 3,283,828 |
| '91   | \$ 9,855  | \$ 3,650,480 |
| '92   | \$ 12,554 | \$ 3,619,017 |
| '93   | \$ 10,643 | \$ 3,333,573 |
| '94   | \$ 8,717  | \$ 3,163,836 |
| Prom. | \$ 9,921  | \$ 3,819,937 |

## 9.6 PREDIO F

#### Barbecho

|              | Mes  | Egreso   | Insumo     | QQ   | Px | Total | Otros |
|--------------|------|----------|------------|------|----|-------|-------|
| Mano de obra | Sep. | Barbecho | Aradura I  | 1.92 |    |       |       |
|              | Oct. |          | Aradura II | 1.28 |    |       |       |

## Trigo

|               | Mes  | Egreso | Insumo      | QQ      | Px  | Total      | Otros   |
|---------------|------|--------|-------------|---------|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas    | 179 kg  | 69  | -\$ 12,351 | propio  |
|               | Mayo |        | Desinfect.  |         |     | -\$ 1,460  | crédito |
|               | Mayo |        | FDA         | 51 kg   | 154 | -\$ 7,854  | crédito |
|               | Mayo |        | Urea        | 80 kg   | 158 | -\$ 12,640 | crédito |
|               | Jul. |        | Nitrato Na  | 154 kg  | 102 | -\$ 15,708 | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha     | 192 kg  | 69  | -\$ 13,248 | Trigo   |
|               | Dic. | Trigo  |             | 3718 kg | 69  | \$ 256,542 |         |
| MB            |      |        |             |         |     | \$ 193,281 |         |
| Mano de obra  | Mayo |        | Siembra     |         |     | 1.92       |         |
|               | Jul. |        | Fertilizac. |         |     | 0.32       |         |
|               | Dic. |        | Cosecha     |         |     | 0.20       |         |

Consumo 2000 kg

Utilización de paja 80%

## Trigo (dato en medias)

|               | Mes  | Egreso | Insumo     | QQ      | Px  | Total      | Otros   |
|---------------|------|--------|------------|---------|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas   | 90 kg   | 69  | -\$ 6,176  | propio  |
|               | Mayo |        | Desinfect. |         |     | -\$ 1,460  | crédito |
|               | Mayo |        | FDA        | 26 kg   | 154 | -\$ 4,004  | crédito |
|               | Mayo |        | Urea       | 40 kg   | 158 | -\$ 6,320  | crédito |
|               | Jul. |        | Nitrato Na | 77 kg   | 102 | -\$ 7,854  | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha    | 96 kg   | 69  | -\$ 6,624  | Trigo   |
|               | Dic. | Trigo  |            | 1859 kg | 69  | \$ 128,271 |         |
| MB            |      |        |            |         |     | \$ 95,834  |         |

Utilización de paja 80%

## Garbanzos (dato en medias)

|               | Mes  | Egreso    | Insumo     | QQ  | Px  | Total      | Otros   |
|---------------|------|-----------|------------|-----|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Sep. |           | Semillas   | 77  | 0   | \$ 0       |         |
|               |      |           | Nitrato Na | 154 | 102 | -\$ 15,708 | crédito |
|               | Ene. |           | Cosecha    |     |     | -\$ 28,846 | Efec.   |
|               |      | Garbanzos |            | 455 | 400 | \$ 182,000 | Efec.   |
|               |      |           | Semillas   | 125 | 400 | -\$ 50,000 | propio  |
| MB            |      |           |            |     |     | \$ 87,446  |         |

## Garbanzos (propio)

Insumo/Egreso mismos datos que dados en medias, pero multiplicado por 2

Mano de obra de siembra estimado como promedio de Predios A y B

## Viña

|               | Mes  | Egreso   | Insumo  | QQ   | Px  | Total      | Otros |
|---------------|------|----------|---------|------|-----|------------|-------|
| Insumo/Egreso | Nov. |          | Sulfato | 12   | 200 | -\$ 2,400  |       |
|               | Abr. | Vino (l) |         | 2300 | 150 | \$ 345,000 |       |
| MB            |      |          |         |      |     | \$ 342,600 |       |
| Mano de obra  | Ago. |          | Poda    |      |     | 4.00       |       |
|               |      |          | Aradura |      |     | 8.00       |       |
|               | Sep. |          | Amarre  |      |     | 8.00       |       |
|               | Oct. |          | Picado  |      |     | 7.00       |       |
|               | Abr. |          | Cosecha |      |     | 6.00       |       |

## Avena/trébol

|               | Mes       | Egreso  | Insumo            | QQ      | Px   | Total      | Otros   |
|---------------|-----------|---------|-------------------|---------|------|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo      |         | Semilla<br>avena  | 80 kg   | 70   | -\$ 5,600  | Crédito |
|               |           |         | Semilla<br>trébol | 20 kg   | 1330 | -\$ 26,600 | Crédito |
|               |           |         | FDA               | 80 kg   | 154  | -\$ 12,320 | Crédito |
|               |           |         | Urea              | 50 kg   | 158  | -\$ 7,900  | Crédito |
|               | Ago.      |         | Nitrato Na        | 80 kg   | 102  | -\$ 8,160  | Crédito |
|               | Dic.      | Forraje |                   | 3000 kg |      |            |         |
|               | Ene.-Feb. | Natural |                   | 3000 kg |      |            |         |
| MB            |           |         |                   |         |      | -\$ 60,580 |         |
| Mano de obra  | Mayo      |         | Siembra           |         |      | 2.00       |         |
|               | Ago.      |         | Fertilizac.       |         |      | 0.15       |         |
|               | Dic.      |         | Enfardado         |         |      | 8.00       |         |

## Carbón

|               | Mes       | Egreso            | Insumo             | QQ  | Px   | Total      | Otros |
|---------------|-----------|-------------------|--------------------|-----|------|------------|-------|
| Insumo/Egreso |           | Sacos (35 kg c/u) |                    | 200 | 3150 | \$ 630,000 |       |
| MB            |           |                   |                    |     |      | \$ 630,000 |       |
| Mano de obra  | Ago.-Sep. |                   | Poda/corte/quemado |     |      | 0.20       |       |

## Eucaliptos

|              | Mes       | Egreso | Insumo               | QQ | Px | Total | Otros |
|--------------|-----------|--------|----------------------|----|----|-------|-------|
| MB           |           |        |                      |    |    | 73920 |       |
| Mano de obra |           |        | Preparación de suelo |    |    | 2.00  |       |
|              | Sep.      |        | Plantación           |    |    | 6.00  |       |
|              | Abr.-Mar. |        | Mantenición          |    |    | 2.00  |       |

## Ganado

| Item         | Mes       | Número | Valor | QQ     | Otros      |
|--------------|-----------|--------|-------|--------|------------|
| Cullad Vacas | Nov.-Abr. | 0.60   | 10%   | 155000 | \$ 15,500  |
| Vaquillas    |           | 1.20   | 15%   | 95000  | -\$ 14,250 |
| Novillos     | Oct.      | 3.60   | 74%   | 95000  | \$ 70,300  |
| MB por vaca  |           |        |       |        | \$ 71,550  |
| total        |           |        |       |        | \$ 429,300 |

**Ganado (tomado en medias)**

| Item        | Mes      | Número | Valor | QQ    | Otros           |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-----------------|
| Novillos    | Abr.-May | 3.00   | 74%   | 47500 | \$ 35,150 Efec. |
| MB por vaca |          |        |       |       | \$ 35,150       |
| total       |          |        |       |       | \$ 175,750      |

**Ovinos**

| Item            | Mes       | Número | Valor | QQ        | Otros          |
|-----------------|-----------|--------|-------|-----------|----------------|
| Ovejas desecho  | Nov.-Abr. | 7.50   | 15%   | 12000     | \$ 1,800 Efec. |
| Borregas        |           | 10.00  | 20%   | 14000     | -\$ 2,800      |
| Corderos        | Ago.      | 40.00  | 41%   | 15000     | \$ 6,075 Efec. |
| Corderos        | Sep.      |        | 41%   | 13000     | \$ 5,265 Efec. |
| Lana (kg)       | Nov.      | 2.0    | 150   | \$ 300    | Efec.          |
| Antiparasitario | Mayo      |        |       | -\$ 357   | Efec.          |
| MB por oveja    |           |        |       | \$ 10,283 |                |

Consumo 10 cbz

**Heno alfalfa**

|     | Mes  | Egreso | Insumo       | QQ      | Px | Total            |
|-----|------|--------|--------------|---------|----|------------------|
| Hay | Mar. |        | Heno alfalfa | 2500 kg | 40 | \$ 100,000 Efec. |

**Consumo materia seca**

|                   | Estación I | Estación II |
|-------------------|------------|-------------|
| Oveja (ponderado) | 258 kg     | 184 kg      |
| Vaca (ponderado)  | 1764 kg    | 1244 kg     |

Productividad de la pradera natural 120%

Máximo mano de obra contratada 5 días/mes

**MB predial observado**

| Actividad                 | QQ    | MB         | Total        |
|---------------------------|-------|------------|--------------|
| Barbecho                  | 3.75  |            | \$ 0         |
| Trigo                     | 3.75  | \$ 193,281 | \$ 724,804   |
| Trigo (dado en medias)    | 3.13  | \$ 95,834  | \$ 299,480   |
| Garbanzo (dado en medias) | 1.00  | \$ 87,446  | \$ 87,446    |
| Viña                      | 0.50  | \$ 342,600 | \$ 171,300   |
| Pradera natural           | 11.88 |            |              |
| Pradera permanente        | 12.0  |            |              |
| Ganado                    | 6     | \$ 71,550  | \$ 429,300   |
| Ganado (tomado)           | 5     | \$ 35,150  | \$ 175,750   |
| Ovinos                    | 50    | \$ 10,283  | \$ 514,150   |
| Eucaliptos                | 1.00  | \$ 73,920  | \$ 73,920    |
| Carbón                    | 200   | \$ 3,150   | \$ 630,000   |
| Avena/trébol              | 1.00  | -\$ 60,580 | -\$ 60,580   |
| Interés crédito           |       |            | -\$ 20,917   |
| TOTAL                     |       |            | \$ 3,024,653 |

### Flujo de caja observado

| Mes  | Trigo        | Avena/trébol | Garbanzo   | Viña      | Ganado     | Ovinos     |
|------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|------------|
| Abr. | -\$ 202,601  | -\$ 60,580   | -\$ 15,708 |           | \$ 15,500  | \$ 15,000  |
| Mayo |              |              |            |           |            | -\$ 17,850 |
| Jun. |              |              |            |           |            |            |
| Jul. |              |              |            |           |            |            |
| Ago. |              |              |            | \$ 86,250 |            |            |
| Sep. |              |              |            | \$ 86,250 |            | \$ 228,750 |
| Oct. |              |              |            |           | \$ 512,050 | \$ 133,250 |
| Nov. |              |              |            | -\$ 1,200 | \$ 15,500  | \$ 30,000  |
| Dic. | \$ 1,088,885 |              |            |           | \$ 15,500  | \$ 15,000  |
| Ene. |              |              | -\$ 28,846 |           | \$ 15,500  | \$ 15,000  |
| Feb. |              |              | \$ 132,000 |           | \$ 15,500  | \$ 15,000  |
| Mar. |              |              |            |           | \$ 15,500  | \$ 15,000  |

| Mes  | Carbón     | Crédito     | Total       | Balance       |
|------|------------|-------------|-------------|---------------|
| Abr. |            | \$ 278,889  | -\$ 431,571 | -\$ 431,571   |
| Mayo |            |             | -\$ 201,032 | -\$ 632,603   |
| Jun. |            |             | -\$ 183,182 | -\$ 815,785   |
| Jul. |            |             | -\$ 183,182 | -\$ 998,967   |
| Ago. |            |             | -\$ 96,932  | -\$ 1,095,899 |
| Sep. | \$ 315,000 |             | \$ 446,818  | -\$ 649,081   |
| Oct. | \$ 315,000 |             | \$ 777,118  | \$ 128,037    |
| Nov. |            |             | -\$ 138,882 | -\$ 10,845    |
| Dic. |            |             | \$ 936,203  | \$ 925,357    |
| Ene. |            |             | -\$ 181,528 | \$ 743,829    |
| Feb. |            |             | -\$ 20,682  | \$ 723,147    |
| Mar. |            | -\$ 299,806 | -\$ 152,682 | \$ 570,465    |

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| <b>Ingresos menos gastos</b>  | <b>\$ 2,747,733</b> |
| <b>Gastos mensuales(-20%)</b> | <b>\$ 183,182</b>   |
| <b>Capital de trabajo</b>     | <b>\$ 1,095,899</b> |
| <b>Crédito máximo</b>         | <b>\$ 500,000</b>   |
| <b>Meta de riesgo</b>         | <b>\$ 3,819,395</b> |

## Márgenes brutos anuales

|       | Trigo (pl) | Trigo (lo) | Trigo dado<br>en medias<br>(pl) | Trigo dado<br>en medias<br>(lo) | Garbanzo<br>dado en<br>medias (pl) | Garbanzo<br>dado en<br>medias (lo) |
|-------|------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| '85   | \$ 261,388 | \$ 244,328 | \$ 129,865                      | \$ 121,335                      | \$ 84,617                          | \$ 75,745                          |
| '86   | \$ 258,725 | \$ 242,139 | \$ 128,539                      | \$ 120,246                      | \$ 96,421                          | \$ 86,839                          |
| '87   | \$ 208,658 | \$ 195,023 | \$ 103,516                      | \$ 96,698                       | \$ 68,974                          | \$ 61,339                          |
| '88   | \$ 197,507 | \$ 184,321 | \$ 97,930                       | \$ 91,337                       | \$ 53,864                          | \$ 47,130                          |
| '89   | \$ 198,396 | \$ 185,159 | \$ 98,385                       | \$ 91,767                       | \$ 121,075                         | \$ 109,654                         |
| '90   | \$ 166,004 | \$ 154,716 | \$ 82,198                       | \$ 76,555                       | \$ 130,852                         | \$ 118,722                         |
| '91   | \$ 170,419 | \$ 158,772 | \$ 84,409                       | \$ 78,586                       | \$ 112,392                         | \$ 101,372                         |
| '92   | \$ 159,615 | \$ 148,725 | \$ 79,014                       | \$ 73,569                       | \$ 71,720                          | \$ 63,548                          |
| '93   | \$ 155,709 | \$ 145,345 | \$ 77,071                       | \$ 71,889                       | \$ 53,538                          | \$ 46,731                          |
| '94   | \$ 156,376 | \$ 145,998 | \$ 77,401                       | \$ 72,212                       | \$ 81,122                          | \$ 72,487                          |
| Prom. | \$ 193,280 | \$ 180,453 | \$ 95,833                       | \$ 89,419                       | \$ 87,458                          | \$ 78,357                          |

|       | Vaca      | Novillo    | Novillo<br>(tomado) | Oveja    | Cordero   | Viña       | MB predial   |
|-------|-----------|------------|---------------------|----------|-----------|------------|--------------|
| '85   | \$ 15,485 | \$ 88,160  | \$ 44,080           | \$ 1,942 | \$ 12,975 | \$ 192,525 | \$ 3,552,700 |
| '86   | \$ 17,577 | \$ 100,795 | \$ 50,398           | \$ 2,240 | \$ 13,200 | \$ 418,500 | \$ 3,819,395 |
| '87   | \$ 17,717 | \$ 106,020 | \$ 53,010           | \$ 2,325 | \$ 14,835 | \$ 533,730 | \$ 3,561,308 |
| '88   | \$ 16,182 | \$ 100,700 | \$ 50,350           | \$ 2,406 | \$ 16,305 | \$ 215,985 | \$ 3,254,368 |
| '89   | \$ 15,423 | \$ 96,900  | \$ 48,450           | \$ 2,302 | \$ 16,860 | \$ 157,335 | \$ 3,503,362 |
| '90   | \$ 13,315 | \$ 82,555  | \$ 41,278           | \$ 2,060 | \$ 14,925 | \$ 192,525 | \$ 3,162,097 |
| '91   | \$ 16,353 | \$ 99,465  | \$ 49,733           | \$ 2,111 | \$ 14,775 | \$ 453,345 | \$ 3,421,800 |
| '92   | \$ 16,973 | \$ 103,930 | \$ 51,965           | \$ 2,258 | \$ 16,800 | \$ 672,420 | \$ 3,446,306 |
| '93   | \$ 14,012 | \$ 90,060  | \$ 45,030           | \$ 1,774 | \$ 15,255 | \$ 366,750 | \$ 2,922,712 |
| '94   | \$ 11,935 | \$ 81,320  | \$ 40,660           | \$ 1,582 | \$ 14,100 | \$ 222,885 | \$ 2,816,426 |
| Prom. | \$ 15,497 | \$ 94,991  | \$ 47,495           | \$ 2,100 | \$ 15,003 | \$ 342,600 | \$ 3,346,048 |

## 9.7 PREDIO G

### Barbecho

|              | Mes  | Egreso | Insumo     | QQ | Px | Total | Otros |
|--------------|------|--------|------------|----|----|-------|-------|
| Mano de obra | Ago. |        | Aradura I  |    |    | 1.92  |       |
|              | Sep. |        | Aradura II |    |    | 1.92  |       |

## Trigo

|               | Mes  | Egreso | Insumo               | QQ      | Px    | Total      | Otros   |
|---------------|------|--------|----------------------|---------|-------|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas             | 179 kg  | 75    | -\$ 13,425 | propio  |
|               | Mayo |        | Siembra<br>(tractor) | 1       | 20000 | -\$ 20,000 | Efec.   |
|               | Mayo |        | Desinfect.           |         |       | -\$ 1,460  | crédito |
|               | Mayo |        | SFT                  | 154 kg  | 137   | -\$ 21,098 | crédito |
|               | Mayo |        | Urea                 | 96 kg   | 160   | -\$ 15,360 | crédito |
|               | Jul. |        | Urea                 | 96 kg   | 160   | -\$ 15,360 | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha              | 250 kg  | 75    | -\$ 18,750 | Efec.   |
|               | Dic. | Trigo  |                      | 3076 kg | 75    | \$ 230,700 | propio  |
| MB            |      |        |                      |         |       | \$ 125,247 |         |
| Mano de obra  | Jul. |        | Fertilizac.          |         |       | 0.32       |         |
|               | Dic. |        | Cosecha              |         |       | 0.20       |         |

Consumo 1600 kg

Utilización de paja 80%

## Avena

|               | Mes  | Egreso | Insumo      | QQ      | Px  | Total      | Otros   |
|---------------|------|--------|-------------|---------|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas    | 120 kg  | 70  | -\$ 8,400  | crédito |
|               | Ago. |        | Urea        | 96 kg   | 160 | -\$ 15,360 | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha     |         |     | -\$ 14,103 | Efec.   |
|               | Dic. | Avena  |             | 1500 kg |     | \$ 0       | cons.   |
| MB            |      |        |             |         |     | -\$ 37,863 |         |
| Mano de obra  | Mayo |        | Siembra     |         |     | 1.92       |         |
|               | Ago. |        | Fertilizac. |         |     | 0.32       |         |
|               | Ene. |        | Cosecha     |         |     | 0.02       |         |

## Avena/falaris (segundo a quinto año sólo falaris)

|                       | Mes  | Egreso          | Insumo           | QQ      | Px   | Total      | Otros   |
|-----------------------|------|-----------------|------------------|---------|------|------------|---------|
| Insumo/Egreso         | Ago. |                 | Semilla<br>avena | 30 kg   | 70   | -\$ 2,100  | crédito |
|                       |      |                 | Semilla falaris  | 11.5 kg | 2460 | -\$ 28,290 | crédito |
|                       |      |                 | SFT              | 51 kg   | 137  | -\$ 6,987  | crédito |
|                       |      |                 | Urea             | 32 kg   | 160  | -\$ 5,120  | crédito |
|                       | Nov. | Forraje año 1   |                  | 3000 kg |      | \$ 0       |         |
|                       |      | Forraje año 2-5 | 75%              | 2250 kg |      | \$ 0       |         |
| Costo establecimiento |      |                 |                  |         |      | -\$ 42,497 |         |
| Mano de obra          | Mayo |                 | Aradura          |         |      | 3.85       |         |
|                       | Ago. |                 | Fertilizac.      |         |      | 0.32       |         |
|                       | Nov. |                 | Cosecha          |         |      | 5.12       |         |

## Limones (por árbol)

|               | Mes       | Egreso  | Insumo | QQ | Px  | Total    | Otros |
|---------------|-----------|---------|--------|----|-----|----------|-------|
| Insumo/Egreso | Jul.-Sep. | Limones |        | 20 | 100 | \$ 2,000 |       |
| MB            |           |         |        |    |     | \$ 2,000 |       |
| Mano de obra  | Sep.      |         | Picado |    |     | 0.01     |       |
|               | Dic.-Mar. |         |        |    |     | 0.01     |       |

### Tomates (500m²)

|        | Mes  | Egreso | Insumo       | QQ   | Px   | Total      | Otros |
|--------|------|--------|--------------|------|------|------------|-------|
| Insumo | Jul. |        | Plástico     | 1080 | 60   | -\$ 64,800 |       |
|        |      |        | Plantas      | 700  | 55   | -\$ 38,500 |       |
|        |      |        | Urea         | 4    | 160  | -\$ 640    |       |
|        |      |        | SFT          | 4    | 137  | -\$ 548    |       |
|        |      |        | Fertilizante | 5    | 1200 | -\$ 6,000  |       |
|        |      |        | Pesticida    |      |      | -\$ 3,500  |       |
|        | Mar. |        | Crédito      |      |      | -\$ 60,000 |       |

| Egreso       | Mes  | Tomates              | Px     | Primor  | Tardío  | Primor     | Tardío     |
|--------------|------|----------------------|--------|---------|---------|------------|------------|
|              | Nov. |                      | \$ 250 | 1200 kg | 200 kg  | \$ 300,000 | \$ 50,000  |
|              | Dic. |                      | \$ 200 | 800 kg  | 1500 kg | \$ 160,000 | \$ 300,000 |
|              | Ene. |                      | \$ 150 | 500 kg  | 800 kg  | \$ 75,000  | \$ 120,000 |
|              | Feb. |                      | \$ 50  | 400 kg  | 400 kg  | \$ 20,000  | \$ 20,000  |
| MB           |      |                      |        |         |         | \$ 381,012 | \$ 316,012 |
| Mano de obra | Jul. | Picado               |        |         |         | 2.00       |            |
|              |      | Cubrir               |        |         |         | 2.00       |            |
|              |      | Suelo                |        |         |         | 1.00       |            |
|              |      | Plantar              |        |         |         | 1.50       |            |
|              | Ago. | Picado               |        |         |         |            | 2.00       |
|              |      | Cubrir               |        |         |         |            | 2.00       |
|              |      | Suelo                |        |         |         |            | 1.00       |
|              |      | Plantar              |        |         |         |            | 1.50       |
|              | Sep. | Riego                |        |         |         | 0.75       | 0.75       |
|              | Oct. | Riego                |        |         |         | 1.00       | 1.00       |
|              | Nov. | Riego, cosecha, sale |        |         |         | 8.00       | 3.00       |
|              | Dic. | Riego, cosecha, sale |        |         |         | 7.00       | 10.50      |
|              | Ene. | Riego, cosecha, sale |        |         |         | 5.50       | 7.00       |
|              | Feb. | Riego, cosecha, sale |        |         |         | 5.00       | 5.00       |

### Eucaliptos

|              | Mes       | Egreso | Insumo      | QQ | Px | Total     | Otros |
|--------------|-----------|--------|-------------|----|----|-----------|-------|
| MB           |           |        |             |    |    | \$ 73,920 |       |
| Mano de obra |           |        | Suelo       |    |    | 2.00      |       |
|              | Sep.      |        | Plantación  |    |    | 6.00      |       |
|              | Abr.-Mar. |        | Mantenición |    |    | 2.00      |       |

### Ovinos

| Item           | Mes       | Número |     | Valor | QQ        | Otros |
|----------------|-----------|--------|-----|-------|-----------|-------|
| Ovejas desecho | Nov.-Abr. | 0.80   | 15% | 10000 | \$ 1,500  |       |
| Borregas       |           | 0.90   | 20% | 12000 | -\$ 2,400 |       |
| Corderos       | Oct.      | 5.50   | 81% | 12000 | \$ 9,720  | Efec. |
| Lana (kg)      | Nov.      |        | 2   | 150   | \$ 300    | Efec. |
| Tratamiento    | Mayo      |        |     |       | -\$ 200   | Efec. |
| MB por oveja   |           |        |     |       | \$ 7,420  |       |
| Consumo        |           | 2 cbz  |     |       |           |       |
| Equinos        |           | 5 cbz  |     |       |           |       |

**Heno alfalfa**

|     | Mes  | Egreso | Insumo       | QQ     | Px | Total            |
|-----|------|--------|--------------|--------|----|------------------|
| Hay | Mar. |        | Heno alfalfa | 750 kg | 40 | -\$ 30,000 Efec. |

**Consumo materia seca**

|                   | Estación I | Estación II |
|-------------------|------------|-------------|
| Oveja (ponderado) | 271 kg     | 193 kg      |

**Carbón (35 kg Sacos)**

|               | Mes       | Egreso | Insumo               | QQ | Px   | Total    |
|---------------|-----------|--------|----------------------|----|------|----------|
| Insumo/Egreso | Ago.-Sep. | Sacos  |                      | 1  | 2625 | \$ 2,625 |
| MB            |           |        |                      |    |      | \$ 2,625 |
| Mano de obra  | Feb.-Ago. |        | Corte, picado, quema |    |      | 0.30     |

**Mano de obra adicional (hermano)      8 días/mes**

**MB predial observado**

| Actividad        | QQ   | MB         | Total               |
|------------------|------|------------|---------------------|
| Barbecho         | 3.12 |            | \$ 0                |
| Trigo            | 3.12 | \$ 125,247 | \$ 390,771          |
| Avena            | 1.00 | -\$ 37,863 | -\$ 37,863          |
| Avena/falaris    | 1.50 | -\$ 42,497 | -\$ 63,746          |
| Tomates (primor) | 0.50 | \$ 381,012 | \$ 190,506          |
| Tomates (tardío) | 0.50 | \$ 316,012 | \$ 158,006          |
| Limones          | 9.00 | \$ 2,000   | \$ 18,000           |
| Eucaliptos       | 4.00 | 73920      | \$ 295,680          |
| Carbón           | 400  | \$ 2,625   | \$ 1,050,000        |
| Ovinos           | 6    | \$ 7,420   | \$ 44,520           |
| Equinos          | 5    | \$ 0       | \$ 0                |
| Alfalfa          | 750  | -\$ 40     | -\$ 30,000          |
| Interés crédito  |      |            | -\$ 19,030          |
| <b>TOTAL</b>     |      |            | <b>\$ 1,996,844</b> |

### Flujo de caja observado

| Mes  | Trigo/paja  | Avena      | Avena/<br>falaris | Limón  | Tomate<br>(primor) | Tomate<br>(tardío) |
|------|-------------|------------|-------------------|--------|--------------------|--------------------|
| Abr. | -\$ 166,227 | -\$ 23,760 | -\$ 63,746        |        |                    |                    |
| Mayo | -\$ 62,400  |            |                   |        |                    |                    |
| Jun. |             |            |                   |        |                    |                    |
| Jul. |             |            |                   | \$ 666 | -\$ 56,994         | -\$ 56,994         |
| Ago. |             |            |                   | \$ 666 |                    |                    |
| Sep. |             |            |                   | \$ 666 |                    |                    |
| Oct. |             |            |                   |        |                    |                    |
| Nov. |             |            |                   |        | \$ 150,000         | \$ 25,000          |
| Dic. |             | -\$ 14,103 |                   |        | \$ 80,000          | \$ 150,000         |
| Ene. | \$ 619,398  |            |                   |        | \$ 37,500          | \$ 60,000          |
| Feb. |             |            |                   |        | \$ 10,000          | \$ 10,000          |
| Mar. |             |            |                   |        | -\$ 30,000         | -\$ 30,000         |

| Mes  | Ovinos    | Carbón       | Crédito     | Total       | Balance     |
|------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Abr. | \$ 1,500  |              | \$ 253,733  | -\$ 111,844 | -\$ 111,844 |
| Mayo | -\$ 1,200 |              |             | -\$ 176,944 | -\$ 288,788 |
| Jun. |           |              |             | -\$ 113,344 | -\$ 402,132 |
| Jul. |           |              |             | -\$ 226,666 | -\$ 628,798 |
| Ago. |           |              |             | -\$ 112,678 | -\$ 741,476 |
| Sep. |           | \$ 1,050,000 |             | \$ 937,322  | \$ 195,846  |
| Oct. | \$ 19,920 |              |             | -\$ 93,424  | \$ 102,422  |
| Nov. | \$ 3,300  |              |             | \$ 64,956   | \$ 167,378  |
| Dic. | \$ 1,500  |              |             | \$ 104,053  | \$ 271,431  |
| Ene. | \$ 1,500  |              |             | \$ 605,054  | \$ 876,485  |
| Feb. | \$ 1,500  |              |             | -\$ 91,844  | \$ 784,641  |
| Mar. | \$ 1,500  |              | -\$ 272,763 | -\$ 444,607 | \$ 340,034  |

**Ingresos menos gastos** \$ 1,700,162

**Gastos mensuales(-20%)** \$ 113,344

**Capital de trabajo** \$ 741,476

**Crédito máximo** \$ 500,000

**Meta de riesgo** \$ 2,379,993

#### Márgenes brutos anuales

|       | Trigo<br>(plano) | Trigo<br>(lomas) | Tomate<br>(primor) | Tomate<br>(tardío) | Limones  | Avena      |
|-------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------|------------|
| '85   | \$ 175,070       | \$ 159,728       | \$ 328,652         | \$ 297,052         | \$ 1,206 | -\$ 43,067 |
| '86   | \$ 178,400       | \$ 163,485       | \$ 327,352         | \$ 296,162         | \$ 1,200 | -\$ 39,904 |
| '87   | \$ 138,628       | \$ 126,366       | \$ 453,332         | \$ 420,392         | \$ 1,916 | -\$ 38,962 |
| '88   | \$ 124,299       | \$ 112,442       | \$ 386,412         | \$ 325,002         | \$ 3,316 | -\$ 40,247 |
| '89   | \$ 127,319       | \$ 115,414       | \$ 347,607         | \$ 332,352         | \$ 2,836 | -\$ 39,703 |
| '90   | \$ 102,635       | \$ 92,484        | \$ 281,712         | \$ 236,842         | \$ 1,842 | -\$ 36,783 |
| '91   | \$ 107,252       | \$ 96,778        | \$ 509,272         | \$ 399,212         | \$ 2,218 | -\$ 37,502 |
| '92   | \$ 100,895       | \$ 91,102        | \$ 480,757         | \$ 326,922         | \$ 1,578 | -\$ 36,730 |
| '93   | \$ 98,744        | \$ 89,424        | \$ 369,387         | \$ 277,912         | \$ 2,328 | -\$ 32,690 |
| '94   | \$ 99,197        | \$ 89,865        | \$ 325,102         | \$ 247,802         | \$ 1,560 | -\$ 33,074 |
| Prom. | \$ 125,244       | \$ 113,709       | \$ 380,959         | \$ 315,965         | \$ 2,000 | -\$ 37,866 |

|       | Oveja    | Cordero   | MB predial   |
|-------|----------|-----------|--------------|
| '85   | \$ 1,468 | \$ 10,668 | \$ 2,245,749 |
| '86   | \$ 1,717 | \$ 11,712 | \$ 2,319,637 |
| '87   | \$ 1,788 | \$ 12,840 | \$ 2,379,994 |
| '88   | \$ 1,855 | \$ 13,236 | \$ 2,084,028 |
| '89   | \$ 1,768 | \$ 13,392 | \$ 2,051,117 |
| '90   | \$ 1,567 | \$ 11,892 | \$ 1,614,157 |
| '91   | \$ 1,609 | \$ 11,784 | \$ 2,135,436 |
| '92   | \$ 1,732 | \$ 12,996 | \$ 1,977,734 |
| '93   | \$ 1,329 | \$ 10,980 | \$ 1,730,382 |
| '94   | \$ 1,168 | \$ 10,500 | \$ 1,631,668 |
| Prom. | \$ 1,600 | \$ 12,000 | \$ 2,016,990 |

## 9.8 PREDIO H

### Barbecho

|               | Mes  | Egreso | Insumo     | QQ   | Px   | Total      | Otros |
|---------------|------|--------|------------|------|------|------------|-------|
| Insumo/Egreso | Ago. |        | Aradura I  | 1.00 | 8320 | -\$ 8,320  | Efec. |
|               | Oct. |        | Aradura II | 1.00 | 6400 | -\$ 6,400  | Efec. |
| MB            |      |        |            |      |      | -\$ 14,720 |       |

### Trigo (tomado en medias)

|               | Mes  | Egreso | Insumo      | QQ   | Px  | Total      | Otros   |
|---------------|------|--------|-------------|------|-----|------------|---------|
| Insumo/Egreso | Mayo |        | Semillas    | 77   | 70  | -\$ 5,390  | propio  |
|               | Mayo |        | Desinfect.  |      |     | -\$ 962    | crédito |
|               | Mayo |        | FDA         | 77   | 166 | -\$ 12,782 | crédito |
|               | Ago. |        | Urea        | 48   | 166 | -\$ 7,968  | crédito |
|               | Dic. |        | Cosecha     | 96   | 70  | -\$ 6,720  | propio  |
|               | Dic. | Trigo  |             | 1536 | 70  | \$ 107,520 |         |
| MB            |      |        |             |      |     | \$ 73,698  |         |
| Mano de obra  | Mayo |        | Siembra     |      |     | 0.64       |         |
|               | Jul. |        | Fertilizac. |      |     | 0.64       |         |
|               | Dic. |        | Cosecha     |      |     | 0.02       |         |

Consumo 2000 kg

### Ovinos (dado en medias)

| Item           | Mes  | Número | Valor | QQ       | Otros     |
|----------------|------|--------|-------|----------|-----------|
| Ovejas desecho |      | 1.00   | 15%   | 13000    | \$ 1,950  |
| Borregas       |      | 1.00   | 20%   | 10000    | -\$ 2,000 |
| Corderos       |      | 5.00   | 81%   | 10000    | \$ 8,100  |
| Lana (kg)      | Nov. | 2      | 150   | \$ 300   | Efec.     |
| MB por oveja   |      |        |       | \$ 6,400 |           |
| Esquila        | Dic. |        |       | 0.10     |           |

Consumo 1 cbz

### Ganado (dado en medias)

| Item         | Mes       | Número | Valor | QQ        | Otros     |
|--------------|-----------|--------|-------|-----------|-----------|
| Culled Vacas | Nov.-Abr. | 0.00   | 10%   | 155000    | \$ 15,500 |
| Vaquillas    |           | 0.00   | 15%   | 40000     | -\$ 6,000 |
| Novillos     | Oct.      | 2.00   | 74%   | 40000     | \$ 29,600 |
| MB por vaca  |           |        |       | \$ 23,600 |           |

### Carbón (tomado en medias) (saco de 40 kg)

|              | Mes      | Egreso | Insumo | QQ  | Px   | Total      | Otros |
|--------------|----------|--------|--------|-----|------|------------|-------|
| Egreso       | Sep.     | Sacos  |        | 100 | 1500 | \$ 150,000 | Efec. |
| Mano de obra | May-Ago. |        |        |     |      | 0.14       |       |

**MB predial observado**

| Actividad             | QQ     | MB         | Total               |
|-----------------------|--------|------------|---------------------|
| Barbecho              | 9.38   | -\$ 14,720 | -\$ 138,074         |
| Trigo                 | 9.38   | \$ 73,698  | \$ 691,287          |
| Ovinos                | 5.00   | \$ 6,400   | \$ 32,000           |
| Ganado                | 3.00   | \$ 23,600  | \$ 70,800           |
| Carbón                | 100.00 | \$ 1,500   | \$ 150,000          |
| Trabajo extra predial | 12.00  | \$ 58,900  | \$ 706,800          |
| <b>TOTAL</b>          |        |            | <b>\$ 1,512,814</b> |

**Flujo de caja observado**

|      | Trigo      | Ovinos    | Ganado     | Carbón     | Trabajo   | Total       | Balance     |
|------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| Abr. |            | \$ 1,950  | \$ 9,300   |            | \$ 58,900 | -\$ 24,059  | -\$ 24,059  |
| Mayo |            |           |            |            | \$ 58,900 | -\$ 35,309  | -\$ 59,368  |
| Jun. |            |           |            |            | \$ 58,900 | -\$ 35,309  | -\$ 94,677  |
| Jul. |            |           |            |            | \$ 58,900 | -\$ 35,309  | -\$ 129,986 |
| Ago. | -\$ 78,042 |           |            |            | \$ 58,900 | -\$ 113,351 | -\$ 243,337 |
| Sep. |            |           |            | \$ 150,000 | \$ 58,900 | \$ 114,691  | -\$ 128,646 |
| Oct. | -\$ 60,032 | \$ 30,000 | \$ 118,400 |            | \$ 58,900 | \$ 53,059   | -\$ 75,587  |
| Nov. |            | \$ 1,500  |            |            | \$ 58,900 | -\$ 33,809  | -\$ 109,396 |
| Dic. | \$ 488,254 | \$ 1,950  | \$ 9,300   |            | \$ 58,900 | \$ 464,195  | \$ 354,799  |
| Ene. |            | \$ 1,950  | \$ 9,300   |            | \$ 58,900 | -\$ 24,059  | \$ 330,740  |
| Feb. |            | \$ 1,950  | \$ 9,300   |            | \$ 58,900 | -\$ 24,059  | \$ 306,681  |
| Mar. |            | \$ 1,950  | \$ 9,300   |            | \$ 58,900 | -\$ 24,059  | \$ 282,622  |

**Ingresos menos gastos** **\$ 1,413,130**

**Gastos mensuales(-20%)** **\$ 94,209**

**Capital de trabajo** **\$ 243,337**

**Crédito máximo** **\$ 500,000**

**Meta de riesgo** **\$ 1,704,355**

**Márgenes brutos anuales**

|       | Trigo (pl) | Trigo (lo) | Ovejas   | Cordero   | Vaca      | Novillo   | MB predial   |
|-------|------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| '85   | \$ 83,581  | \$ 76,431  | \$ 2,078 | \$ 8,650  | \$ 15,485 | \$ 37,120 | \$ 1,663,069 |
| '86   | \$ 83,858  | \$ 76,907  | \$ 2,402 | \$ 8,800  | \$ 17,577 | \$ 42,440 | \$ 1,704,355 |
| '87   | \$ 64,769  | \$ 59,055  | \$ 2,494 | \$ 9,890  | \$ 17,717 | \$ 44,640 | \$ 1,520,073 |
| '88   | \$ 58,361  | \$ 52,835  | \$ 2,582 | \$ 10,870 | \$ 16,182 | \$ 42,400 | \$ 1,457,108 |
| '89   | \$ 60,515  | \$ 54,967  | \$ 2,468 | \$ 11,240 | \$ 15,423 | \$ 40,800 | \$ 1,490,785 |
| '90   | \$ 48,216  | \$ 43,485  | \$ 2,207 | \$ 9,950  | \$ 13,315 | \$ 34,760 | \$ 1,340,619 |
| '91   | \$ 51,107  | \$ 46,225  | \$ 2,262 | \$ 9,850  | \$ 16,353 | \$ 41,880 | \$ 1,416,357 |
| '92   | \$ 47,326  | \$ 42,762  | \$ 2,422 | \$ 11,200 | \$ 16,973 | \$ 43,760 | \$ 1,405,388 |
| '93   | \$ 46,204  | \$ 41,860  | \$ 1,897 | \$ 10,170 | \$ 14,012 | \$ 37,920 | \$ 1,377,211 |
| '94   | \$ 45,861  | \$ 41,512  | \$ 1,688 | \$ 9,400  | \$ 11,935 | \$ 34,240 | \$ 1,368,746 |
| Prom. | \$ 58,980  | \$ 53,604  | \$ 2,250 | \$ 10,002 | \$ 15,497 | \$ 39,996 | \$ 1,474,371 |