



EVALUACION EX ANTE DE TECNOLOGIAS EN BASE A CRITERIOS DE ADOPCION POTENCIAL E IMPACTO MICROREGIONAL

CESAR REVOREDO G.
FRANCISCO DI SILVESTRE P.
ALBERTO NIÑO DE ZEPEDA D.
ALFONSO MONARDES T.

Nº 4

s.e.r.i.e

ARCHIV
102604

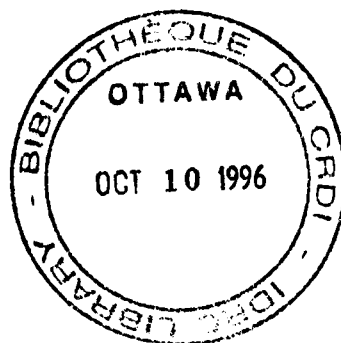
Este informe se presenta tal como se recibió por el CIID de parte del o de los becarios del proyecto. No ha sido sometido a revisión por pares ni a otros procesos de evaluación.

Esta obra se usa con el permiso de Rimisp-Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

© 1995, Rimisp-Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

EVALUACION EX ANTE DE TECNOLOGIAS EN BASE A CRITERIOS DE ADOPCION POTENCIAL E IMPACTO MICROREGIONAL

CESAR REVOREDO G.
FRANCISCO DI SILVESTRE P.
ALBERTO NIÑO DE ZEPEDA D.
ALFONSO MONARDES T.



© RIMISP

Red Internacional de Metodología
de Investigación de Sistemas de Producción
Ricardo Matte Pérez 459, Providencia
Fono/Fax (+56-2) 223 24 23
Santiago de Chile

Mayo 1995

Diseño y Producción Gráfica: María Luisa Jaramillo
Composición de Textos: Servicios de Computación Gráfica.
INTA • U. de Chile.
Impresión: Valgraf Ltda.

INDICE

INTRODUCCION	7
DEFINICIONES PREVIAS	8
PROPUESTA METODOLOGICA	11
APLICACION DE LA METODOLOGIA	22
COMENTARIO FINAL	42
AGRADECIMIENTOS	42
REFERENCIAS	43
ANEXO	45

INTRODUCCION

Una parte significativa de la tecnología agropecuaria existente en Chile es generada a través del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Dicha tecnología pasa de una fase de prueba en las estaciones experimentales, donde se verifican sus características y requerimientos de insumos así como su impacto en términos de rendimiento, a una fase de "ajuste" a las condiciones propias de los agricultores que van a incorporarla.

En la actualidad, existe el problema que el número de proposiciones tecnológicas que pueden ser probadas al nivel de los Centros de Ajuste y Transferencia de Tecnología (CATT) es pequeño en comparación con el número de alternativas generadas por la estación experimental. Esto conlleva dos posibles soluciones: una primera asociada al incremento del número de parcelas de ajuste y una segunda referida a una selección óptima de las tecnologías que, procedentes de la estación experimental, deben pasar a los CATT.

La primera solución mencionada tiene como restricción lo costoso de la experimentación tanto en tiempo como en recursos, mientras que la segunda requiere de algún criterio eficiente que guíe la selección de tecnologías más adecuadas a la realidad de los agricultores objetivo.

El presente trabajo corresponde al informe final del proyecto "Evaluación ex-ante de tecnologías en base a criterios de adopción potencial e impacto micro-regional". Este trabajo propone una metodología que ayude a los investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, a decidir cuales de todas las tecnologías generadas por ellos, deben pasar a los Centros de Ajuste y Transferencia de Tecnología.

La metodología diseñada parte de la premisa que en la mayoría de los casos de no adopción de tecnología, las causas de tal comportamiento se encuentran en que las características de la misma no se adecuan a los recursos disponibles y objetivos perseguidos por el agricultor, lo cual implica por un lado, la no neutralidad de la tecnología respecto a su usuario, en el sentido que no todas las tecnologías son apropiadas para todos los agricultores, y por el otro, que es posible guiar la generación de tecnología adecuándola a la población objetivo que se desea beneficiar.

La propuesta planteada considera como criterios centrales para la elección de las tecnologías, tanto su potencial de adopción como su impacto sobre la microregión donde dichas propuestas se aplicarán.

Es importante mencionar que como una forma de implementar la presente metodología, se construyó el programa computacional ADOPTA, el cual permite operacionalizar el concepto de adopción potencial e impacto micro-regional, en una forma bastante amigable para el usuario, lo que lo hace de muy fácil acceso así como susceptible de ser utilizado para la capacitación.

La estructura del informe es la siguiente: en primer término, se definen los conceptos de adopción potencial de una tecnología y el impacto de la misma sobre una determinada

microregión. Luego, se desarrolla la propuesta metodológica y se aplica el procedimiento a un grupo de agricultores de las comunas de Melipilla, Curacaví y María Pinto en la Región Metropolitana de Chile. A continuación, se bosquejan las principales conclusiones del trabajo y se trazan las líneas de investigación futuras.

Por último, en los anexos pueden verse los coeficientes técnicos pertenecientes a los rubros que forman parte de cada uno de los predios estudiados, así como el manual del programa ADOPTA utilizado para aplicar el procedimiento.

DEFINICIONES PREVIAS

Un primer término que es necesario precisar es el de **adopción potencial** de una propuesta tecnológica, el cual va a ser entendido como la adecuación de dicha propuesta a los recursos y demás características del predio, así como a los objetivos del agricultor, tomando en consideración elementos del entorno que pueden influir en la toma de decisiones del plan productivo por parte del agricultor.

Es importante separar la definición anterior, de otras referidas a la **adopción observada**, tales como la noción de **proceso de adopción de tecnología** ("el proceso mental por el cual pasa un individuo desde el primer momento en que oye hablar de una tecnología, hasta su adopción final", Rogers, 1962), la **adopción final** de una tecnología ("el grado de uso de una tecnología en el largo plazo cuando el agricultor tiene completa información acerca de la nueva tecnología y de su potencial", Schultz, 1975) y en un contexto agregado, la **difusión de la tecnología** ("proceso de diseminación de una nueva tecnología dentro de una determinada región", Mansfield, 1966).

Una diferencia sustantiva entre las definiciones anteriores y la adopción potencial, radica en que las primeras, al considerar la adopción observada, están referidas a un resultado que incorpora todos los factores que afectan dicho proceso, los cuales pueden ir desde la habilidad del agricultor para incorporar nuevas alternativas productivas, hasta la capacidad de los transferencistas para difundirlas. La característica de ex ante del concepto de adopción potencial, limita el número de factores a ser considerados, y como tal su implementación probablemente no refleje el grado final de adopción observado, debido a la presencia de otros aspectos que pueden alterar dicho proceso.

En el contexto de la adopción potencial, el agricultor enfrentado a la decisión de incluir o no una determinada tecnología dentro de su plan predial para la temporada siguiente, decidirá incorporarla en caso que ésta no entre en conflicto con sus objetivos productivos ni con sus recursos prediales, ni con otras restricciones de tipo técnico o institucional que puedan afectar sus decisiones.

Resulta conveniente en este punto, reseñar las razones consideradas en la literatura económica como fuente de adopción o no de una determinada tecnología con la finalidad de poder apreciar los aspectos que están siendo excluidos de la definición. Benito (1976) señala

que las principales explicaciones para la adopción (o para la no adopción) de propuestas tecnológicas han estado relacionadas con las reglas de comportamiento de las familias campesinas (Chayanov), con la consideración de las implicaciones del comportamiento bajo incertidumbre (Moscardi, O'Mara), en el conjunto admisible de oportunidades dentro de las unidades domésticas (Sen), con la relación de las familias campesinas con la comunidad (Cancian) y con la dinámica de la comunicación y de la formación de los grupos sociales (Rogers).

Otra propuesta taxonómica, consiste en dividir los aspectos mencionados en dos tipos de factores: unos personales, asociados a las características del agricultor (nivel de educación, motivación personal para enfrentar nuevos retos, entre otras) y otros relacionados con las características productivas del predio (recursos insuficientes del agricultor para las tecnologías propuestas, entre otros). Esta clasificación, si bien es gruesa, permite diferenciar los aspectos a considerar al momento de evaluar la posible adopción de una tecnología en la fase de investigación agrícola propiamente, de aquellos que deberán tomarse en cuenta durante la transferencia de la misma a los agricultores.

Respecto al primer tipo de factores (Rogers, 1969), resulta clara la dificultad para establecer si una determinada tecnología va a tener posibilidades de ser adoptada o no, debido a la heterogeneidad de características entre los agricultores, aún dentro de aquellos pertenecientes a una determinada zona. Este tipo de aspectos, la eliminación de las barreras implicadas por las condiciones personales de los agricultores, podría considerarse como una tarea propia de la etapa de transferencia de tecnología, una vez que se han superado todos los impedimentos en término de los recursos requeridos por la propuesta tecnológica.

Por otro lado, los factores relacionados con las características productivas del predio, si bien son múltiples, tienen un mayor grado de homogeneidad si se controla por zona y por tipo de orientación productiva. Es importante mencionar que estos factores podrían ser considerados como el conjunto mínimo de trabas a ser superadas por la tecnología antes de pasar a la fase de transferencia y como tal, un requerimiento para las tecnologías que pasan de la estación experimental a los CATT.

Entre los factores asociados con los recursos del predio, se puede citar la escasez de crédito, el acceso limitado a la información respecto a las nuevas técnicas, tamaño inadecuado del predio, condicionamientos procedentes del tipo de tenencia de la tierra, ausencia de equipo que compense la escasez de mano de obra, oferta inadecuada de insumos complementarios (semillas, químicos y agua), e infraestructura de transporte inadecuada (Feder et al., 1985).

Asimismo, existe evidencia de casos en los cuales una tecnología no ha sido introducida a un plan predial, debido a que ésta se encontraba en evidente conflicto con los precios relativos considerados por el agricultor para su toma de decisiones. Un ejemplo de ello puede apreciarse en algunos trabajos relacionados con el Proyecto Puebla en México, en los cuales las bajas tasas de adopción a paquetes tecnológicamente modernos, se explicaron en muchos casos debido a la presencia de altos costos de oportunidad relacionados con la adopción de la tecnología (como la

menor cantidad de tiempo dedicado a trabajos extraprediales con una alta tasa de retorno; Benito, 1976). También se encuentra dentro de estos factores la aversión al riesgo propia de los agricultores que los lleva a tomar con cautela las nuevas proposiciones tecnológicas, y a estructurar su producción de manera tal de minimizar el riesgo enfrentado (Just, 1975; Moscardi y de Janvry, 1977; Pope, 1982; Antle, 1983).

Al considerar sólo los factores productivos como requisitos mínimos que debe cumplir una propuesta tecnológica, el problema de la elección de alternativas queda acotada por los recursos que dispone el agricultor (incluyendo aquellos que puede adquirir por préstamo), su conducta productiva (objetivos que persigue) y el entorno económico que lo rodea (estrategia de comercialización, precios, entre otros).

Una forma apropiada de organizar los aspectos anteriores es mediante un modelo de explotación predial que represente la estructura productiva del agricultor. En este sentido, una definición de trabajo del concepto de adopción potencial de tecnología, es la posibilidad que ésta pueda ser incorporada dentro de un plan de explotación predial, lo cual es posible sólo si el predio dispone de los recursos que la tecnología requiere para ser implementada y si, además, su incorporación al plan productivo conlleva a mejorar el logro de los objetivos del agricultor.

El criterio anterior nos permite decidir si una tecnología es potencialmente adoptable o no por un agricultor, así como comparar dos posibles tecnologías alternativas por medio del nivel de logro de los objetivos productivos del agricultor. Debe señalarse nuevamente que el que una determinada tecnología satisfaga mayormente los objetivos del agricultor, no implica su inmediata adopción y como tal debe pasar directamente a los CATT sin un análisis previo de sus implicancias. El modelo planteado *es una herramienta de ayuda a la toma de decisiones y deberá ser complementado con el conocimiento que tenga el investigador* de la zona objetivo, lo cual implica tomar en consideración los otros factores no contemplados en el modelo.

Un aspecto que también puede ser considerado para la decisión de cuáles propuestas tecnológicas deberán pasar a los CATT, es el del **impacto microregional** de dichas tecnologías. El concepto de impacto, está referido a la satisfacción de los criterios que orientan las decisiones a nivel público cuando las alternativas tecnológicas que se proponen son adoptadas.

Dichos criterios, que no siempre son fácilmente operacionalizables, es necesario cuantificarlos con el fin de permitir su medición. La medida de impacto permite revelar la importancia relativa de las tecnologías que son potencialmente adoptables, facilitando de esta forma su priorización.

Al igual que en la definición planteada de adopción, es necesario precisar, que el impacto está entendido de manera potencial, es decir, la significancia a nivel de objetivos públicos suponiendo que la tecnología será adoptada.

En base a los elementos anteriores, el investigador puede contar con una lista de alternativas productivas ordenadas según el grado en que alcanzan los objetivos del agricultor al ser

éstas incorporadas. Un segundo criterio de priorización, corresponderá a la satisfacción de los objetivos públicos que se derive de la adopción de las tecnologías. Además, se dispondrá de información adicional acerca de las modificaciones que cada una de las propuestas implica en términos del uso de recursos, cambio en los planes originales de producción, importancia relativa del cambio en el contexto microregional, entre otros elementos, que permitan al analista incorporar el mayor número de factores posibles en su decisión.

PROPUESTA METODOLOGICA

La propuesta metodológica basada en los conceptos anteriores puede considerarse compuesta de cuatro etapas consecutivas.

La primera de ellas, consiste en la tipificación de los agricultores pertenecientes a la zona de estudio y la selección de los casos representativos de cada tipo. La segunda fase corresponde a la modelización de los predios representativos mediante el uso de la programación matemática, con la finalidad de simular las decisiones productivas tomadas por el agricultor.

La tercera etapa comprende la recopilación y sistematización cuantitativa de las alternativas tecnológicas relevantes para la zona de estudio, mientras que la última fase consiste en la evaluación propiamente tal de las alternativas tecnológicas, por medio de la operacionalización de los criterios de adopción potencial e impacto microregional.

El Cuadro 1 muestra un diagrama de flujo que representa esquemáticamente la metodología propuesta. A continuación se explicitan cada una de las etapas mencionadas.

Tipificación y Selección de los Predios Representativos

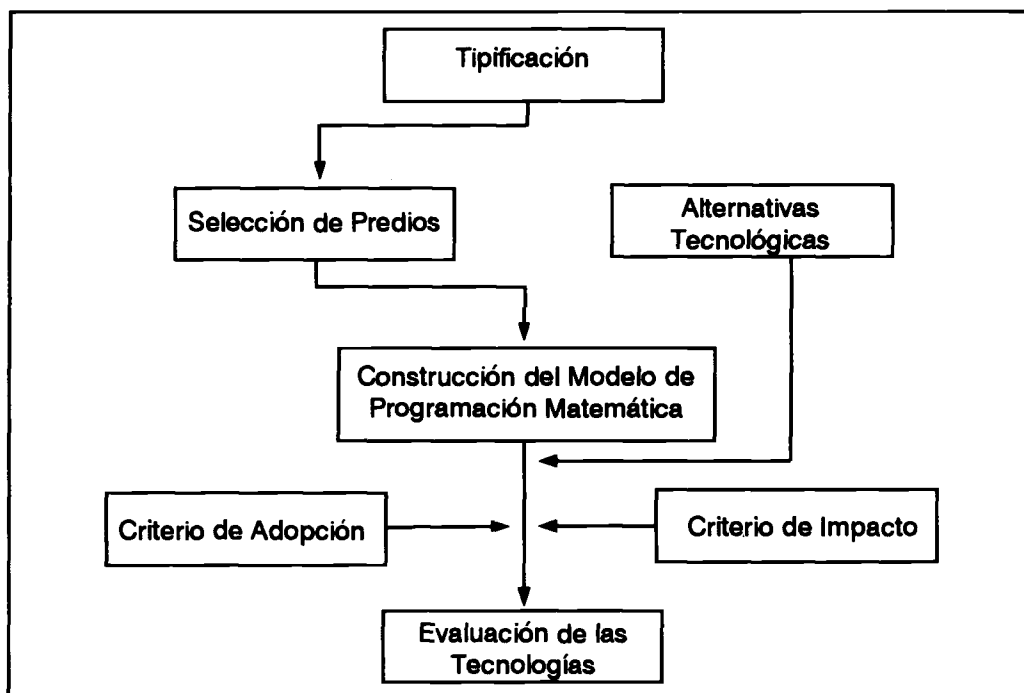
La base para clasificar en grupos a los agricultores de una determinada zona productiva, se encuentra en el alto número de similitudes que existen entre ellos, en términos de recursos, acceso al mercado, tecnologías utilizadas, rubros productivos, entre otros factores. Este hecho permite generar una representación aproximada de los productores de una región en la cual se consideran los principales factores comunes (Escobar y Berdegué, 1992).

Es importante mencionar que la **finalidad de la tipificación llevada a cabo en este trabajo es la de agrupar agricultores con características técnico-productivas similares, que puedan posteriormente ser representados por un modelo de programación matemática.** Es así que la información a utilizarse en la tipificación debe centrarse en aspectos como la **disponibilidad de recursos prediales, los resultados de la explotación y la estructura productiva predial**, es decir, debe comprender los antecedentes que se relacionan estrechamente con los parámetros que conforman un modelo de programación matemática.

Cada uno de los aspectos señalados tiene un número amplio de variables que pueden ser útiles para la representación de los parámetros del modelo a construir. Sin embargo, es fácil

apreciar que tales variables tienen un alto grado de correlación, lo que redundaría en que la información que aportan es menor que la esperada. Ante esto es posible eliminar algunas de las variables siguiendo criterios de correlación. Otra forma de abordar el problema es a través del método de componentes principales. Ambas formas permiten reducir la dimensionalidad del problema.¹

CUADRO Nº 1. Metodología propuesta



La siguiente etapa consiste en la clasificación de los agricultores según las variables resultantes de la etapa previa (ya sean éstas las variables artificiales construidas con el método de componentes principales o con las variables originales seleccionadas según el otro método). Para la clasificación, una técnica adecuada y frecuentemente utilizada en los trabajos de tipificación, es el análisis de conglomerados.²

1 El método de componentes principales permite la creación de factores ortogonales entre sí, a partir de un grupo de variables muy correlacionadas, las cuales representan un alto porcentaje de la varianza de las series originales. En general, los factores hallados no tienen una interpretación clara, aunque pueden ser vistos como unos índices.

2 En el análisis de conglomerados los elementos (en este caso, los agricultores), son clasificados de forma tal de lograr la máxima homogeneidad al interior de cada grupo y la máxima heterogeneidad entre cada grupo. La noción de cercanía entre elementos está dada a partir del concepto de distancia. La definición de la distancia apropiada así como del método de aglomeración depende del criterio del investigador. Para mayores detalles al respecto véase Mardia et. al (1980).

La utilización del análisis de conglomerados, permite ordenar todos los objetos de un grupo según la noción de distancia utilizada. Con esto se logran conformar grupos de agricultores que representan distintos tipos de sistemas productivos. El análisis de conglomerados permite, además, identificar aquel caso que guarda mayor similitud con el resto de los miembros de grupo; este caso es conocido habitualmente con el nombre de centroide.

Posterior a la identificación de los sistemas productivos existentes en la microregión, se deben construir los modelos matemáticos que los representen. Existen dos procedimientos alternativos: el modelizar un predio designado como "representativo" de los agricultores que componen cada uno de los tipos, o bien, modelizar un predio hipotético, conformado por las características promedio del grupo (esto es, los coeficientes técnicos promedio, la disponibilidad de recursos promedio, los resultados promedio, entre otros).

Esta última alternativa presenta la dificultad de trabajar con una explotación hipotética no existente, y, por tanto, carente de lógica interna, con lo que se dificulta un análisis del proceso de toma de decisiones que pueda llevarse al interior del predio, por cuanto nos sitúa es una dimensión diferente al de una explotación.

Además, cabe considerar que esta opción requiere de información suficiente como para calcular los coeficientes técnicos de todas las alternativas productivas que dispone el agricultor, lo que representa un esfuerzo significativo en términos de recursos y tiempo, que ciertamente, disminuye la factibilidad de implementar este procedimiento.

El uso en cambio de un predio "representativo", permite asegurar la generalización de los resultados de las fases posteriores de la investigación, por cuanto este, dado los criterios utilizados en la definición de los tipos, posee una lógica real de funcionamiento que es similar a la del resto de los agricultores que conforman el grupo que esta explotación representa.

Queda pendiente definir el procedimiento para seleccionar el caso representativo por tipo. Esta decisión debe basarse en criterios de carácter multivariados, es decir, considerando un número amplio de variables para caracterizar a un sistema productivo.

Tal como se mencionó, una posibilidad consiste en utilizar las distancias resultantes del análisis de conglomerados, las cuales son medidas multivariadas de cercanía, que consideran los factores más relevantes para caracterizar un sistema productivo.

A partir de estas distancias, las que conforman una matriz (por cuanto a cada agricultor se le evalúa su proximidad con el resto de la muestra), se puede llegar a identificar la explotación que se encuentre ubicada a una menor distancia del resto de los agricultores del tipo a que pertenece, es decir gráficamente, si cada tipo es representado por una nube de puntos, se seleccionará el agricultor que espacialmente se sitúe al centro de ella.

Modelización de los Predios Representativos

La metodología propuesta parte de la modelización de las decisiones productivas del predio, utilizando para ello técnicas de programación matemática (Hazell y Norton, 1986).

Esta herramienta se adecua al trabajo, en el sentido que es factible identificar explícitamente tanto los objetivos del productor, así como las restricciones técnicas y económicas que afectan su accionar.

En tal sentido, la conducta productiva del agricultor queda representada por un modelo en el cual existe un criterio de decisión (que puede ser la maximización de beneficio, la mejora de su flujo de caja, la maximización de beneficio bajo el supuesto de aversión al riesgo, entre otras) que debe ser optimizada sujeta a las restricciones impuestas por la tecnología aplicada por el agricultor y por su dotación de recursos.

El productor debe asignar de la forma más eficiente posible sus recursos, los que están conformados por una determinada cantidad de disponibilidad de fuerza de trabajo y de capital, el que debe ser utilizado en la compra de insumos productivos y en el eventual contrato de más fuerza de trabajo, si así lo requiere la estrategia de producción definida.

La solución del problema planteado la constituye la distribución espacial y temporal de los rubros productivos. En términos matemáticos el problema puede ser expresado de la siguiente forma:

$$\text{Max } C(x) \quad (1)$$

sujeto a

$$a(x) \leq b$$

donde:

- x = Vector que representa las actividades que ingtesan en el plan predial del agricultor.
- $C(x)$ = Función objetivo del productor.
- $a(x)$ = Función que representa los coeficientes técnicos productivos y otras restricciones del sistema.
- b = Vector que representa los recursos productivos disponibles.

Para la construcción de un modelo como el expresado por (1), es necesario hipotetizar acerca de la o las funciones objetivo que orientan las decisiones del agricultor. Además, se deberán conocer de manera precisa las restricciones que limitan sus decisiones productivas, así como las características del sistema.

Un aspecto que debe señalarse es el que está asociado a la manera como los factores futuros van a condicionar las decisiones de los agricultores. En general, debe mencionarse que si bien el modelo trata con las características presentes en el predio en un momento de tiempo muy cercano, la flexibilidad propia de los modelos de programación matemática permite incorporar de manera relativamente fácil los cambios que puedan producirse en el predio, lo que posibilita calcular la respuesta del agricultor ante el nuevo entorno.

Es importante señalar a este nivel, que el esfuerzo que se genere en la etapa de modelización para representar las decisiones productivas del agricultor, redundará posteriormente en el grado de exactitud logrado al momento de simular la conducta del agricultor. Para aproximarnos a una representación lo más fiel posible de la realidad, en este trabajo el enfoque utilizado fue el de la programación multicriterio, vertiente que sustenta que los agentes económicos no optimizan sus decisiones en base a un sólo objetivo, sino que, por el contrario, buscan un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos generalmente en conflicto o bien pretenden en la medida de lo posible satisfacer una serie de metas asociadas a dichos objetivos (Romero, 1993).

Al trabajar con funciones multiobjetivo, la solución del problema pasa por encontrar el conjunto de todos los puntos extremos no dominados³. Esto sin embargo, tiene el inconveniente que dicho conjunto generalmente está conformado por un número grande de posibles soluciones, que surgen de las diferentes ponderaciones que pueden asignarse a cada uno de los objetivos que se manejan.

Para llegar a aquel punto del espacio de soluciones que el agricultor debiese preferir, se intentará deducir la importancia relativa o ponderaciones asignadas por el agente a cada uno de los criterios que orientan su decisión, de forma de poder agregarlos en una sola función objetivo. Este hecho permite utilizar para la resolución del problema, todo el conjunto de algoritmos para optimizar una función mono-objetivo.

La propuesta respecto al cálculo de las ponderaciones, consiste en asignar a cada objetivo un peso igual que la participación de cada objetivo en la **función de utilidad implícita** del agricultor. Para el cálculo de dicha función de utilidad, se utilizó la metodología propuesta por Cao (1993). El autor presenta una función de utilidad aditiva adaptable, la cual depende de los valores ideales y anti-ideales de las funciones objetivo, de los valores observados y de supuestos acerca de la curvatura de la función de utilidad.

Los valores ideales de las funciones objetivo están definidos como el valor máximo que puede tomar la función sujeta a las restricciones cuando se optimiza de manera independiente. Es decir, cuando el problema se reduce a maximizar solo una de las funciones objetivo. Asimismo, el anti-ideal de una función objetivo es el valor mínimo que se obtiene para la función cuando se optimizan las otras funciones objetivo consideradas en el problema.

3 Un punto A_1 conformado por resultados de n objetivos, domina a otro punto A_2 también formado por distintos resultados de los mismos n objetivos, si alguno de los objetivos del punto A_1 tiene un valor mayor que el punto A_2 y ningún valor del punto A_2 es mayor que alguno del punto A_1 .

Así, la función de utilidad está representada por la siguiente expresión:

$$U = \sum_{i=1}^p U_i (C_i (x)) \quad (2)$$

donde:

p = Número de funciones objetivo que optimiza el agricultor.

La función de utilidad que incorpora cada objetivo como argumento es igual a:

$$U_i = \frac{1 - e^{\alpha_i (R_i - A_i)}}{1 - e^{\alpha_i (I_i - A_i)}} \quad (3)$$

donde:

I_i = Valor ideal de la función objetivo.

A_i = Valor anti-ideal de la función objetivo.

R_i = Valor observado del objetivo.

α_i = Parámetro que fija la curvatura de la función de utilidad referida al i -ésimo criterio.

El dominio de la función de utilidad expresada en (3) va del valor anti-ideal al ideal. Puede verificarse que el rango de la función para dicho dominio va de cero en el primer caso (para el anti-ideal) a uno en el segundo caso (para el ideal).

El valor de α_i puede ser encontrado por la siguiente fórmula:

$$\alpha_i = \frac{2}{I_i - A_i} \ln \frac{1 - \sqrt{1 - 4\sigma(1 - \sigma)}}{2\sigma} \quad (4)$$

donde:

σ = Es un parámetro fijado por el investigador, que determina la curvatura de la función de utilidad. Un valor entre 0.5 y 1 asegura la concavidad de la función de utilidad.

Una vez construida la función de utilidad se pueden encontrar los ponderadores de las funciones objetivo (W_i):

$$W_i = \frac{U_i}{\sum_{i=1}^p U_i} \quad (5)$$

$$C^* = \sum_{i=1}^p W_i C_i(x)$$

Por otro lado, un aspecto que también es necesario de considerar cuando se trabaja con problemas multiobjetivo, es el problema de las unidades. Para ello es necesario construir pesos que normalicen las funciones objetivo.

Para normalizar los objetivos es necesario multiplicar la función objetivo por un valor según se esté maximizando o minimizando respectivamente. Si la función es una maximización se tiene:

$$N_i = \frac{I}{I_i} \quad (6)$$

Si la función objetivo es una minimización se tiene:

$$N_i = \frac{I}{A_i} \quad (7)$$

La función objetivo agregada (C^*) queda expresada por:

$$C^* = \sum_{i=1}^p W_i N_i C_i(x) \quad (8)$$

La ecuación (8) se optimiza sujeta a las restricciones que enfrenta el agricultor y tomando como base el conjunto de actividades que son incorporadas al plan predial. Este modelo tal como se mencionó, tiene la finalidad de servir como simulador para la toma de decisiones que realiza el agricultor respecto a la incorporación de una nueva tecnología.

Un aspecto que es importante de recordar es que generalmente la respuesta que arrojan los modelos que representan una determinada realidad, no coinciden exactamente con los resultados del agricultor. Esto se explica por un lado, por la formulación incompleta que por definición tiene un modelo (el modelo no considera todas las restricciones que enfrenta el agricultor y sólo se tiene una hipótesis acerca de sus criterios a optimizar) y por otro lado, a problemas en la calidad de la información utilizada en el modelo. Así, dependerá del investigador fijar el grado de aproximación que desea entre el modelo y la solución del agricultor, sabiendo que un mejor ajuste del modelo implicará una representación más compleja (mayor número de restricciones y mejor calidad en la información).

Resumiendo, los pasos seguidos son:

- a. Plantear un modelo matemático multicriterio, compuesto de varias funciones objetivo y de las restricciones productivas del predio.
- b. Resolver el modelo con cada función objetivo individualmente y calcular el valor ideal y el anti-ideal.
- c. Calcular los ponderadores y normalizadores, construir la función objetivo agregada y resolver el modelo nuevamente para apreciar el ajuste del mismo.

Recopilación de las Alternativas Tecnológicas

Las alternativas tecnológicas son propuestas relevantes para un determinado sistema productivo. Estas pueden ser de todo tipo, por ejemplo, una variación de las prácticas que realiza el agricultor o una nueva variedad.

Para que las alternativas tecnológicas puedan ser incluidas en los modelos de programación construidos, deben caracterizarse a través de un vector que detalle información que se corresponda con las restricciones que los modelos incluyan. Además, las propuestas tecnológicas deben estar caracterizadas en términos de su aporte a la satisfacción de las funciones objetivos consideradas como orientadoras de las decisiones de los predios bajo estudio. El Cuadro 2 muestra la forma de presentar las alternativas.

Evaluación de las Alternativas Tecnológicas Respecto a su Adopción Potencial

La metodología para la evaluación potencial de una alternativa tecnológica consiste en incorporar las alternativas tecnológicas al modelo de programación matemática y optimizar el modelo⁴. Si la alternativa cumple las restricciones y mejora el valor alcanzado por la función objetivo agregada del agricultor, entonces quedará dentro del plan predial.

4 Es importante mencionar, que el valor de la función objetivo agregada que se utiliza para la comparación, es aquella que resulta de la optimización del problema original, y no el valor de la función que alcanza la estrategia productiva que en la realidad es desarrollada por el agricultor.

CUADRO Nº 2. Presentación de cada alternativa tecnológica

Parámetros para la función objetivo:		Parámetros para las restricciones:	
Objetivo 1	C_{1i}	Restricción 1	a_{1i}
.		Restricción 2	a_{2i}
.			
Objetivo p	C_{pi}	Restricción m	a_{mi}

Matemáticamente, la metodología propone solucionar el siguiente problema:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{i=1}^p W_i N_i C_i(x^*) \\ & \text{sujeto a} \\ & a(x^*) \leq b \end{aligned} \tag{9}$$

Donde x^* es el vector conformado por el grupo de rubros que forman parte del plan original del agricultor, a los que se agregan las alternativas productivas a ser evaluadas.

Cada solución del problema entrega dos antecedentes relevantes: si la alternativa productiva es o no incorporada al plan predial, y en el caso de serlo, el valor que alcanza la función objetivo agregada del agricultor, información que permite ordenar las tecnologías según dicho valor.

Otra información que entrega el modelo que podría ser de utilidad para el investigador, es la utilización de recursos productivos para la implementación de cada una de las alternativas tecnológicas definidas, es decir, el cambio que implica en el patrón tecnológico global del predio.

En cualquier caso, el resultado que entregue el modelo debe ser complementado con otros antecedentes que posea el investigador acerca del sistema productivo con el que está trabajando, los cuales no han podido ser incluidos en el modelo de programación resuelto.

Es importante señalar que una limitación de la metodología es el hecho de considerar sólo aquellos rubros actualmente presentes en el predio, sin tomar en cuenta el hecho que el entorno del agricultor puede cambiar; por ejemplo, la modificación de los precios de insumos y productos, o la eventual construcción de una carretera cercana al predio o el mejoramiento de las obras de regadío, son situaciones que frecuentemente conllevan una modificación de las decisiones productivas del agricultor. Por ello, los modelos construidos, deben actualizarse con información que permita incorporar todos los factores que afectan la definición del plan productivo predial.

Evaluación de las Alternativas Tecnológicas Respecto a su Impacto Microregional

La evaluación en base al criterio de impacto microregional, corresponde a un segundo tamiz al que son sometidas las alternativas tecnológicas.

En el caso de la evaluación realizada en base al criterio de adopción potencial, la dimensión de la decisión era básicamente privada, y por lo tanto, el nivel era la explotación.

Cuando el límite del sistema queda definido por lo microregional —entendiendo por microregión al área circunscrita por las explotaciones representadas por los tipos considerados— se traduce en una dimensión de decisión pública; luego el decisor relevante tiene este carácter.

Además, las decisiones en cuanto a que tecnologías desarrollar para transferir a los pequeños agricultores, conforman decisiones que involucran la asignación de presupuesto público, por lo tanto, será básico priorizar aquellas alternativas tecnológicas que tengan un mayor "impacto" a nivel del área en cuestión.

Ahora bien, la elección de los criterios de impacto microregional, también involucra una decisión por cuanto existen variadas alternativas; así, se citan de manera general como objetivos públicos, la equidad social, la sustentabilidad ambiental, el bienestar de los individuos, etc. Algunos criterios a través de los cuales se pueden caracterizar dichos objetivos públicos, son por ejemplo, el crecimiento económico, el nivel de empleo, el ingreso per cápita, etc.

En este estudio, y como se verá más adelante, se han elegido como criterios de impacto relevantes el crecimiento económico y el nivel de empleo microregional.

Ahora bien, el "impacto microregional" supone algún nivel de agregación de la información relativa a los diferentes tipos de explotaciones existentes en la microregión, considerando el tamaño relativo de cada uno de ellos.

Como una aproximación, se pretende evaluar el impacto a nivel de agricultores tipo que significa la incorporación de cada una de las propuestas tecnológicas. Luego, el impacto a nivel predial se ponderará por la importancia relativa del tipo que el agricultor evaluado represente.

Así se tiene que:

$$\Delta V_i = V_{Ai} - V_{Oi} = \sum_{j=1}^n (V_{Aij} - V_{Oij}) \quad (10)$$

$$\Delta V_i = \sum_{j=1}^n V_{Aij} - \sum_{j=1}^n V_{Oij}$$

donde:

- V_i = Nivel alcanzado por el Criterio i.
 A = Alternativa Tecnológica.
 O = Situación Original.
 n = Número de individuos del tipo j

Si se supone que todos los agricultores del tipo tienen la misma composición de rubros, aunque con distinto tamaño de suelo, entonces:

$$\Delta V_i = \sum_{j=1}^n r_{Aij} H_{Aij} - \sum_{j=1}^n r_{Oij} H_{Oij} \quad (11)$$

donde:

- r_{Aij} = Nivel del criterio V por hectárea para un plan alternativo implementado en el individuo j del tipo i.
 r_{Oij} = Nivel del criterio V por hectárea para el plan original del individuo j del tipo i.
 H = Superficie predial evaluada en hectáreas.

Dado el supuesto que todos los planes eran iguales se tiene:

$$r_{Aij} = r_{Ai} \quad (12)$$

$$r_{Oij} = r_{Oi}$$

Al incluir los términos anteriores se tiene:

$$\Delta V_i = r_{Ai}^* \sum_{j=1}^n H_{Aij} - r_{Oi}^* \sum_{j=1}^n H_{Oij} \quad (13)$$

Donde el * indica que se trata de un promedio. Expresando las sumatorias de la ecuación en términos de promedios se obtiene:

$$\Delta V_i = n r_{Ai}^* H_{Ai}^* - n r_{Oi}^* H_{Oi}^* \quad (14)$$

Si se supone que los agricultores utilizan totalmente su predio tanto en el plan original como en el plan alternativo, entonces se tiene:

$$H_{Aij}^* = H_{Oij}^* \quad (15)$$

De donde se puede obtener que el cambio en el nivel alcanzado por los criterios en el tipo i es igual a:

$$\Delta_i = n H_i^* (r_{Ai}^* - r_{Oi}^*) \quad (16)$$

Sumando el delta i de todos los tipos se tiene el cambio en el nivel alcanzado por el criterio i estimado para toda la microregión. Esto es:

$$\Delta = \sum_{i=1}^m [n H_i^* (r_{Ai}^* - r_{Oi}^*)] \quad (17)$$

o lo que es lo mismo:

$$\Delta = \sum_{i=1}^m [n (H_i^* r_{Ai}^* - H_i^* r_{Oi}^*)] \quad (18)$$

APLICACION DE LA METODOLOGIA

La metodología expuesta en la sección anterior, fue aplicada en la microregión conformada por las comunas de Melipilla, María Pinto y Curacaví pertenecientes a la Región Metropolitana en Chile. La finalidad fue la de aportar antecedentes respecto a alternativas tecnológicas, en términos de su potencial de adopción, que debían pasar a los CATT.

Tipificación y Selección de los Casos Representativos

La tipificación fue realizada sobre la base de los antecedentes recopilados a través de dos encuestas ejecutadas en la temporada agrícola 92/93, las cuales se aplicaron a 39 agricultores de Melipilla, 33 de María Pinto y 33 de Curacaví.

Tal como se mencionó, el primer paso lo constituyó la elección de las variables que reflejaran los elementos del modelo de programación. La lista de series utilizadas para la descripción de cada parámetro puede verse en el Cuadro 16 del anexo.

Por grupo se crearon índices que representaran las variables de cada parámetro, utilizando para ello el método de componentes principales. En el Cuadro 17 puede verse el resultado.

Posteriormente se utilizó el análisis de conglomerados para conformar los grupos. Para dichos fines, teniendo en cuenta el tamaño y las características de la muestra, se definieron

cinco grupos utilizándose para tal fin, por un lado, el algoritmo de Ward, que determina el agrupamiento que produce el menor incremento en la suma de cuadrados dentro de cada grupo, y por el otro, la distancia euclidiana al cuadrado⁵. El Cuadro 3 presenta el resultado del análisis de conglomerados. A continuación se describen las características de cada uno de los tipos de la clasificación.

CUADRO Nº 3. Clasificación de los agricultores

Tipos	Nº de Casos	Porcentaje
1	43	42.6 %
2	25	24.8 %
3	14	13.9 %
4	14	13.9 %
5	5	5.0 %

Tipo 1

Este tipo es el que muestra la mayor proporción de producción destinada a autoconsumo, sin que ésto signifique que dicho porcentaje sea muy importante (debe recordarse que los predios de la muestra en general están bastante cercanos a mercados locales de importancia). Además poseen un componente asalariado de relativa ponderancia. Los resultados económicos de estas explotaciones son los menores de toda la muestra, con ingresos monetarios que no superan en promedio \$ 1.200.000 anuales.

Muchas de las explotaciones que componen este tipo arriendan o entregan en medias parte de la superficie predial, al tiempo que desarrollan otras actividades no relacionadas con la agricultura de manera de aumentar los ingresos totales de la familia.

El sistema productivo se orienta fundamentalmente al cultivo de hortalizas (entre las que destaca el choclo y el zapallo) los cuales son destinados al mercado, y en menor medida, a la chacarería (principalmente papas). Algunos de estos predios poseen ganado lechero, aunque este orienta principalmente al autoconsumo familiar.

5 La distancia euclidiana al cuadrado se define como la suma de las diferencias al cuadrado de los valores de cada una de las variables que representan a cada explotación. Matemáticamente la distancia euclidean entre dos puntos x e y se define como:

$$d_{x,y} = \sqrt[2]{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Donde n es el número total de características que describe cada punto.

Tipo 2

Los agricultores que componen este tipo se orientan productivamente hacia la ganadería lechera, con amplios sectores de la superficie predial dedicados a praderas naturales y artificiales, entre las que destacan la festuca, la alfalfa y el trébol alejandrino. Los rubros agrícolas por otra parte se destinan preferentemente al autoconsumo.

Si bien las superficies prediales son las más grandes de la muestra, los suelos de estas explotaciones son en su mayor parte sólo aptos para la ganadería o son limitados para la producción agrícola. Por estas mismas razones la relación capital/superficie es la más baja de toda la muestra, lo mismo que la disponibilidad de mano de obra por hectárea.

Tipo 3

Este tipo se encuentra compuesto por explotaciones eficientemente manejadas con resultados económicos muy favorables.

Estos predios satisfacen sus necesidades de recursos gracias a su clara inserción en el mercado, que les permite contratar mano de obra en ciertos períodos al tiempo que entregan sus servicios en momentos donde las actividades prediales son menores.

Parte importante de la superficie que manejan estas explotaciones, corresponde a tierras tomadas en arriendo con el fin de complementar la superficie propia predial. El sistema productivo se orienta fundamentalmente hacia el cultivo de hortalizas, donde sobresalen el melón y la coliflor.

Tipo 4

En este tipo se pueden encontrar explotaciones con mayor nivel de inversión en maquinarias y equipos agrícolas, lo que les permite mantener la producción de cultivos anuales, especialmente maíz y en menor medida el trigo, con buenas rentabilidades.

Casi la totalidad de la producción agrícola es comercializada, con lo que los ingresos provenientes de la actividad predial alcanzan casi el 85% de los ingresos totales. Estas explotaciones se ubican en su mayoría en la comuna de Melipilla.

Tipo 5

Este último grupo lo componen un número reducido de explotaciones que se orientan exclusivamente a la producción frutícola, donde el rubro predominante es el limón. Su alto nivel de especialización, les permite alcanzar resultados económicos bastante por encima del resto de agricultores de la muestra.

El total de la producción se destina a la venta, comercializándose en puestos ubicados en la carretera o en los mercados mayoristas de Santiago.

Para la elección de los predios representativos por tipo productivo se utilizó la matriz de distancias procedente del análisis de conglomerados. En el Cuadro 4 se presenta, a modo de ejemplo, la forma de selección a partir de la matriz de distancias calculada para el tipo 5.

CUADRO Nº 4. Matriz de distancia para el tipo productivo 5

Caso	1(*)	2	3	4	5
1					
2	18.0				
3	29.5	3.5			
4	17.3	36.5	53.7		
5	27.1	42.1	45.9	38.4	
Suma de distancias	91.8*	100.1	132.5	145.8	153.5

Tal como puede apreciarse, en la última fila se presenta la suma de las distancias que separan a cada uno de los agricultores con el resto de las explotaciones que componen el tipo. Utilizando esta información, es posible identificar al agricultor "representativo del grupo" (es decir, el de menor distancia respecto de los otros miembros del grupo), que en el Cuadro 4 se denota con un asterisco (*).

Modelización Predial

La etapa posterior a la tipificación la constituyó la modelización de los predios seleccionados⁶. Se representaron cuatro de los cinco predios, exceptuando el tipo con predominancia de frutales (Tipo 5), el cual se excluyó debido a que el número de casos de la muestra era demasiado reducido.

Sobre la base de la información recopilada en la encuesta, se plantearon cuatro modelos de programación lineal compuestos por dos objetivos y una serie de restricciones, a saber:

Objetivos:

Se consideran dos los objetivos que orientan las decisiones del agricultor: un primer criterio corresponde a la maximización del margen bruto predial obtenido con un determinado conjunto de actividades, mientras que el segundo objetivo se relaciona con la minimización del riesgo económico, el cual se representa por medio de la satisfacción del criterio de Wald también llamado maximin.⁷

6 Para el trabajo de evaluación de las propuestas tecnológicas se utilizó el programa ADOPTA, el cual fue diseñado y programado en CEDRA con la finalidad de facilitar la construcción de problemas de programación lineal incorporando las alternativas tecnológicas. Dicho programa genera el conjunto de restricciones y objetivos introduciendo la información básica del predio a modelar.

7 El criterio maximin es aquel en el cual el agricultor cree que la naturaleza siempre le va a ser adversa, por lo que escoge lo mejor de todos los peores estados. En general, este criterio es considerado bastante conservador. Al respecto véase Hazell y Norton (1986).

Las expresiones matemáticas de dichos objetivos son las siguientes:

Para el margen bruto:

$$\text{Max } \sum_{j=1}^k MB_j X_j + A \quad (19)$$

donde:

MB : Margen Bruto. El subíndice representa la alternativa productiva.

X : Hectáreas de Superficie.

A : Monto que representa la diferencia entre la disponibilidad de capital y el gasto de implementar la estrategia productiva propuesta por el modelo.

Para el riesgo económico:

$$\text{Max } R \quad (20)$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^k MB_{ij} X_j - R \geq 0$$

donde:

R : Corresponde al valor del criterio maximin. El subíndice i representa el año.

Restricciones:

Como restricciones que limitaban las decisiones del agricultor se consideraron:

De superficie: Se contemplan dos restricciones de superficie; una que considere la disponibilidad de suelo apto tanto para cultivos agrícolas como para producción forrajera y, otra que contemple la superficie apta sólo para cultivos agrícolas.

Matemáticamente se expresan:

$$\sum_{j=1}^k X_j \leq SU \quad (21)$$

$$\sum_{c=1}^d X_c \leq SC$$

donde:

- SU : Superficie utilizable para cultivos y/o forrajes. El subíndice j representa la totalidad de las alternativas productivas.
- SC : Superficie apta sólo para cultivos agrícolas. El subíndice c especifica solo los cultivos agrícolas.

De capital: Se refiere al capital disponible para realizar un ciclo agrícola. Se expresa:

$$\sum_{j=1}^k C_{jt} X_{jt} + \sum_{t=1}^m C_{tt} JC_{tt} + A_t = K_t \quad (22)$$

donde:

- C : Costos directos. El subíndice j corresponde a la alternativa productiva y el subíndice t representa el período del año.
- JC : Jornadas de mano de obra, animal y maquinaria contratadas, especificadas mediante el subíndice l.
- A : Diferencia entre la disponibilidad de capital y el gasto.
- K : Capital disponible por el sistema.

De mano de obra, maquinaria y animal y de trabajo: El total de las jornadas requeridas en las distintas actividades debe ser menor o igual a la disponibilidad a nivel predial. Se le añade una variable auxiliar para contemplar la posibilidad de contrato de jornadas para trabajo predial.

Así:

$$\sum_{j=1}^k JR_{jlt} X_{jlt} - JC_{lt} \leq JHD_{lt} \quad (23)$$

donde:

- JR : Jornadas requeridas por cada actividad predial. El subíndice l especifica las jornadas de mano de obra, maquinaria o de animales de trabajo.
- JC : Jornadas contratadas.
- JHD : Corresponde a las jornadas disponibles a nivel predial.

De frecuencia de cultivos: Debido a que no es aconsejable agronómicamente sembrar un mismo cultivo durante dos periodos productivos consecutivos, se consideró un máximo de superficie destinada a estas actividades, igual a la mitad de la superficie cultivable.

Su expresión es:

$$X_f \leq SC / 2 \quad (24)$$

donde:

SC : Superficie cultivable. El subíndice f especifica aquellos cultivos que no pueden cultivarse dos periodos consecutivos en una misma superficie.

De rotación cultural: Se contempla una restricción que considere la rotación de cultivos al definir la estrategia de producción. Para ello se define:

$$X_p \geq X_s \quad (25)$$

donde:

X : Representa la alternativa productiva. El subíndice p especifica el cultivo precedente y el subíndice s el cultivo siguiente.

De autoconsumo: Determina una superficie mínima para los cultivos que el agricultor define como requeridos para consumo familiar.

Matemáticamente se expresa:

$$X_a \geq SM \quad (26)$$

donde:

X : Representa la alternativa productiva. El subíndice a especifica los cultivos requeridos para el consumo familiar.

SM : Superficie mínima que asegura la producción requerida para autoconsumo.

De carga animal: Conceptualmente la restricción señala que el aporte de forraje (evaluado en Unidades Forrajeras, UF) debe ser mayor o igual que las necesidades alimenticias del subsistema animal. La restricción incluirá una variable para contemplar la compra de forraje.

Así:

$$UFA_j X_j + UFC \geq UF_g X_g \quad (27)$$

donde:

UFA : Unidades forrajeras aportadas por una hectárea de cada alternativa productiva.

UFC : Forraje comprado fuera del predio.

UF : Unidades forrajeras requeridas por una unidad animal. El subíndice g especifica las alternativas productivas ganaderas.

También dentro de las restricciones se incluyen aquellas correspondientes a los márgenes por cultivo y por periodo, necesarias para la construcción del criterio maximin.

Respecto al número de periodos considerado para la modelización de la disponibilidad de capital se consideró sólo uno, debido a la calidad de la información acerca de los ingresos

del agricultor. Para el uso de jornadas de mano de obra, jornadas animal y jornadas máquina se consideraron tres restricciones para cada recurso, asumiendo que cada restricción equivalía a un periodo de cuatro meses.

Respecto a las unidades en los cuadros que representan los distintos problemas, el suelo se encuentra en hectáreas, el gasto (que engloba el uso de dinero en semillas, fertilizantes, pesticidas, insecticidas etc. y contratación de jornadas de mano de obra, animales y mano de obra) se encuentra en miles de pesos por hectárea. El uso de mano de obra, animales y máquina está expresado como las jornadas respectivas por hectárea. El resto de variables en términos monetarios (margen bruto y riesgo) se encuentran en miles de pesos.

Modelo para el agricultor tipo 1

En el Cuadro 5 se presenta el modelo para el agricultor del tipo 1.

CUADRO Nº 5. Modelo para el agricultor representativo del tipo 1

	Ahorro	Contrato			Máximin	Contrato			Contrato			Producción				
		Mano de obra				J. Máquina			J. Animal			Maíz	Poroto Verde	Poroto Verde	Betarraga	Papa
		Per.1	Per.2	Per.3		Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3					
Funciones Objetivo																
M. Bruto	1.0											262.0	269.0	231.0	760.0	366.0
Riesgo					1.0											MAX
Restricciones																
A. Del Sistema																
Superficie Utilizable												1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Capital	1.0	2.0	2.0	2.0		25.0	25.0	25.0	5.0	5.0	5.0	82.5	57.0	153.0	215.0	323.8
M.O. Per. 1		-1.0										16.0	17.0		40.2	≤70.0
M.O. Per. 2			-1.0									1.5			64.0	≤40.0
M.O. Per. 3				-1.0								19.1	28.9	52.9	26.5	≤70.0
J.M. Per. 1					-1.0										1.4	≤0.0
J.M. Per. 2						-1.0										0.5
J.M. Per. 3							-1.0							2.1	2.1	≤0.0
J.A. Per. 1									-1.0			3.0			7.5	≤70.0
J.A. Per. 2										-1.0		4.6				14.6
J.A. Per. 3											-1.0		1.4	1.4		1.0
Rotación														1.0	-1.0	≤0.0
B. Criterio Máximin																
Margen Bruto Año 1					-1.0							350.0	296.1	233.0	617.7	207.8
Margen Bruto Año 2					-1.0							369.9	348.0	147.3	500.6	522.1
Margen Bruto Año 3					-1.0							327.4	330.1	250.8	571.4	583.9
Margen Bruto Año 4					-1.0							299.6	366.9	238.3	748.6	476.6
Margen Bruto Año 5					-1.0							262.0	269.6	231.0	760.0	366.2
donde:																
	M.O.: Mano de Obra					J.M.: Jornadas Máquina					J.A.: Jornadas Animal					

El modelo planteado es de carácter simple y considera aparte de las restricciones habituales (capital, mano de obra, animales y máquina), una restricción de rotación cultural que incluye al poroto verde y a la betarraga.

Modelo para el agricultor tipo 2

El Cuadro 6 representa el modelo de programación del agricultor representativo del tipo 2. Este problema tiene incorporada una restricción de consumo de forraje para modelar el rubro lechero.

Además en este caso se contempla una restricción adicional que limita la superficie cultivable, puesto que parte del hectareaje predial solo puede ser utilizada con fines ganaderos.

CUADRO Nº 6. Modelo para el agricultor representativo del tipo 2

	Ahorro	Contrato Mano de obra			Máquin	Contrato J. Máquina			Contrato J. Animal			Forraje	Producción			Unidades		
	Par.1	Par.2	Par.3		Par.1	Par.2	Par.3	Par.1	Par.2	Par.3	Maíz		Papa	Festuca	Animales	Bovinas		
Funciones Objetivo																		
M. Bruto	1,0												174,0	398,0		59,0	MAX	
Riesgo					1,0												MAX	
Restricciones																		
A. Del Sistema																		
Superficie Utilizable												1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	≤8,0	
Superficie Cultivable													1,0	1,0			≤4,0	
Capital	1,0	2,0	2,0	2,0		25,0	25,0	25,0	5,0	5,0	5,0	40,0	80,2	323,8	9,9	11,8	=807,2	
M.O. Par. 1		-1,0											17,0			5,1	1,9 ≤80,0	
M.O. Par. 2			-1,0										28,5	21,0		0,5	2,5 ≤50,0	
M.O. Par. 3				-1,0									24,1	28,5		4,5	6,2 ≤80,0	
J.M. Par. 1					-1,0								2,0			1,8	≤40,0	
J.M. Par. 2						-1,0									0,5		≤25,0	
J.M. Par. 3							-1,0										≤40,0	
J.A. Par. 1								-1,0									≤40,0	
J.A. Par. 2									-1,0				18,1	14,8			≤25,0	
J.A. Par. 3										-1,0			18,1	1,0			≤40,0	
Forraje												1,0			4,0	-1,0	≤0,0	
B. Criterio Máxim																		
Margen Bruto Año 1					-1,0								288,3	207,8		65,9	≥0,0	
Margen Bruto Año 2					-1,0								245,1	522,1		64,8	≥0,0	
Margen Bruto Año 3					-1,0								210,0	583,9		57,0	≥0,0	
Margen Bruto Año 4					-1,0								165,0	390,0		57,5	≥0,0	
Margen Bruto Año 5					-1,0								174,3	398,2		59,4	≥0,0	
donde:																		
	M.O.: Mano de Obra					J.M.: Jornadas Máquina					J.A.: Jornadas Animal							

Modelo para el agricultor tipo 3

El modelo para el agricultor representativo del tipo 3 puede apreciarse en el Cuadro 7. El modelo es muy similar a los anteriormente presentados; se incluyen además restricciones de autoconsumo para el caso del zapallo y de la papa.

CUADRO Nº 7. Modelo para el agricultor representativo del tipo 3

	Ahorro			Contrato Mano de obra			Máximín			Contrato J. Máquina			Contrato J. Animal			Producción				
	Par.1	Par.2	Par.3	Par.1	Par.2	Par.3	Par.1	Par.2	Par.3	Zapallo	Bata- maga	Maíz	Coliflor	Papa						
Funciones Objetivo																				
M. Bruto	1,0										277,0	618,0	524,0	429,0	208,0	MAX	MAX			
Riesgo						1,0														
Restricciones																				
A. Del Sistema																				
Superficie											1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	≤3,8				
Capital	1,0	2,0	2,0	2,0		25,0	25,0	25,0	5,0	5,0	5,0	63,2	215,0	165,5	82,1	323,8	=1098,4			
M.O. Par. 1		-1,0										10,0	40,2	22,1	31,5		≤70,0			
M.O. Par. 2			-1,0										64,0		53,3	21,0	≤40,0			
M.O. Par. 3				-1,0								31,2		45,0		26,5	≤70,0			
J.M. Par. 1						-1,0							1,4		1,4		≤0,0			
J.M. Par. 2							-1,0									0,5	≤0,0			
J.M. Par. 3								-1,0				0,8		2,4			≤0,0			
J.A. Par. 1									-1,0				7,5		2,2		≤70,0			
J.A. Par. 2										-1,0						14,6	≤40,0			
J.A. Par. 3											-1,0	14,6		21,3		1,0	≤70,0			
Autoconsumo 1												1,0					≥0,2			
Autoconsumo 1																1,0	≥0,1			
Rotación													1,0	-1,0			≤0,0			
B. Criterio Máximín																				
Margen Bruto Año 1						-1,0						258,2	500,8	721,9	465,4	522,1	≥0,0			
Margen Bruto Año 2						-1,0						180,7	571,4	786,3	516,8	583,9	≥0,0			
Margen Bruto Año 3						-1,0						460,9	748,6	637,3	637,1	478,6	≥0,0			
Margen Bruto Año 4						-1,0						205,1	760,0	649,5	437,9	398,2	≥0,0			
Margen Bruto Año 5						-1,0						276,8	617,7	523,8	429,1	207,8	≥0,0			
donde:																				
M.O.: Mano de Obra						J.M.: Jornadas Máquina						J.A.: Jornadas Animal								

donde:

M.O.: Mano de Obra

J.M.: Jornadas Máquina

J.A.: Jornadas Animal

Modelo para el agricultor tipo 4

Este agricultor, localizado en la zona de Melipilla, posee 7.3 hectáreas de riego, las cuales dedica a la producción de trigo, coliflor y maíz a lo largo del año.

Vende casi toda su producción en la feria local, dejando para si parte de su producción de trigo. Posee maquinaria agrícola y materiales de trabajo, y el total de personas que trabajan en el predio incluyéndolo, son dos. En el Cuadro 8 se presenta la matriz de información del modelo formulado.

CUADRO Nº 8. Modelo para el agricultor representativo del tipo 4

	Ahono	Contrato Meno de obra			Máximín	Contrato J. Máquina			Contrato J. Animal			Producción		
		Per.1	Per.2	Per.3		Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Trigo	Coliflor	Maíz
Funciones Objetivo														
M. Bruto	1.0											66.0	438.0	222.0
Riesgo					1.0									MAX
Restricciones														
A. Del Sistema														
Superficie												1.0	1.0	1.0 ≤7.3
Capital	1.0	2.0	2.0	2.0		25.0	25.0	25.0	5.0	5.0	5.0	88.4	82.1	148.7 =1481.8
M.O. Per. 1		-1.0										1.1	31.5	2.5 ≤70.0
M.O. Per. 2			-1.0									1.5	53.3	≤40.0
M.O. Per. 3				-1.0								4.8		15.8 ≤70.0
J.M. Per. 1					-1.0							1.4	1.4	0.2 ≤70.0
J.M. Per. 2						-1.0						0.2		≤40.0
J.M. Per. 3							-1.0					0.4		2.4 ≤70.0
J.A. Per. 1								-1.0					2.2	≤70.0
J.A. Per. 2									-1.0					≤40.0
J.A. Per. 3										-1.0				≤70.0
Autoconsumo												1.0		≥0.2
Rotación												1.0		≤0.0
Frec. Cult. 1												1.0		≤3.8
Frec. Cult. 2													1.0	≤3.8
Frec. Cult. 3														1.0 ≤3.8
B. Criterio Máximín														
Margen Bruto Año 1					-1.0							88.6	429.1	356.1 ≥0.0
Margen Bruto Año 2					-1.0							89.4	465.4	302.5 ≥0.0
Margen Bruto Año 3					-1.0							71.3	516.8	282.7 ≥0.0
Margen Bruto Año 4					-1.0							73.1	637.1	253.0 ≥0.0
Margen Bruto Año 5					-1.0							66.1	437.9	222.3 ≥0.0
donde:														
	M.O.: Mano de Obra				J.M.: Jornadas Máquina				J.A.: Jornadas Animal					

Solución de los modelos prediales y cálculo de la función objetivo agregada

Cada uno de los modelos presentados en la sección anterior, fue resuelto buscando optimizar individualmente los objetivos planteados (maximización del margen bruto y minimización del riesgo económico). En base a estas optimizaciones y considerando la situación original del agricultor (valor de cada uno de los objetivos al desarrollar la estrategia productiva original) se obtienen los ponderadores de cada una de los criterios de optimización.

Resolviendo estas etapas se obtienen los valores ideales, anti-ideales, y observados para cada objetivo, además de sus correspondientes ponderadores. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 9.

CUADRO Nº 9. Valores ideales, anti-ideales, observados y ponderadores para los agricultores

Tipos	Variables	Margen Bruto	Riesgo
Tipo 1	Ideal	1786.4	1282.9
	Anti-ideal	842.0	0.0
	Observado	1271.1	1002.3
	Ponderador	0.43	0.57
Tipo 2	Ideal	1487.6	1429.0
	Anti-ideal	607.2	0.0
	Observado	1265.9	1322.5
	Ponderador	0.48	0.52
Tipo 3	Ideal	2193.4	2118.7
	Anti-ideal	1098.4	0.0
	Observado	2071.4	1713.6
	Ponderador	0.51	0.49
Tipo 4	Ideal	2586.6	2353.9
	Anti-ideal	1481.8	0.0
	Observado	2390.8	1626.5
	Ponderador	0.52	0.48

Como puede observarse en el cuadro, las ponderaciones difieren entre todos los tipos de agricultores, aunque en general ninguna muestra un sesgo demasiado grande hacia alguno de los criterios.

Un aspecto interesante de apreciar, es la diferencia en los niveles ideales de márgenes brutos y de riesgo que pueden alcanzar los dos últimos tipos productivos (3 y 4) respecto a los dos primeros, lo cual es lógico si se revisan los antecedentes que se presentan en la descripción de los tipos.

Finalmente y previo a obtener la función de utilidad agregada, se calculan los normalizadores que permiten solucionar el problema de las unidades.

Luego aplicando las fórmulas descritas en la sección anterior, se obtienen las funciones agregadas para cada uno de los modelos planteados.

Recopilación de las Alternativas Tecnológicas

Las propuestas tecnológicas a evaluar en los predios seleccionados como representativos, fueron definidas por el INIA para la zona de estudio.

Tales propuestas consistieron en la mayoría de los casos en modificaciones a las prácticas que realizaban los agricultores. Así, las alternativas tecnológicas se relacionaban con las labores presembrado, el manejo de fertilizantes, el tipo y dosis de productos químicos utilizados, el uso de semilla certificada, entre otros aspectos. En el Cuadro 10 se aprecian las alternativas planteadas para la zona de estudio, expresadas de acuerdo a las restricciones que conforman los modelos de programación descritos.

CUADRO Nº 10. Propuestas tecnológicas del INIA

Restricción	Unid	Propuestas productivas del INIA									
		Maíz Grano Seco			Papa	Trigo	Coliflor	Zapallo	Melón	Poroto Granado	Poroto Verde
Nombre		MA1	MA2	MA3	PA1	TRI1	COL1	ZAP1	MEL1	POR1	POR2
Margen	M\$	282.0	218.0	329.0	377.0	173.0	747.0	324.0	778.0	493.0	493.0
Superficie	Ha	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Capital	M\$	168.9	206.4	200.9	343.2	119.1	106.8	67.3	72.4	147.1	147.1
M.O. Per. 1	Jr/ha	17.0	18.0	11.5		1.1	32.3	12.0	12.5	17.0	
M.O. Per. 2	Jr/ha		10.5	1.5	19.0	1.8	53.6				
M.O. Per. 3	Jr/ha	19.6	18.3	9.1	28.3	4.8		31.2	41.7	14.2	38.2
J.M. Per. 1	Jr/ha					1.4	1.4				
J.M. Per. 2	Jr/ha				0.5	0.5					
J.M. Per. 3	Jr/ha					0.1		0.6	1.2	2.1	2.1
J.A. Per. 1	Jr/ha			0.2			2.2				
J.A. Per. 2	Jr/ha			3.0	15.8						
J.A. Per. 3	Jr/ha	15.9	5.1	2.4	1.3			14.6	21.3	1.4	1.4
Autoconsumo	ha										
Rotación											
Frec.Cult. 1											
Frec.Cult. 2											
Frec.Cult. 3											
M. Bruto 1	M\$/ha	480.4	387.0	520.1	184.6	224.7	709.3	301.0	1102.3	509.3	486.2
M. Bruto 2	M\$/ha	388.1	318.4	433.2	500.3	225.7	771.1	191.0	859.6	602.9	346.6
M. Bruto 3	M\$/ha	363.7	296.1	416.3	565.1	184.2	857.8	535.6	941.1	569.9	520.8
M. Bruto 4	M\$/ha	322.6	256.4	373.0	457.5	189.8	705.3	241.6	760.5	675.0	502.7
M. Bruto 5	M\$/ha	281.7	217.7	329.1	376.8	173.4	746.7	323.7	777.6	492.9	492.9

Nota: A cada alternativa productiva se le asignó un nombre abreviado que la representará en las etapas posteriores del trabajo.

Las propuestas del Cuadro 10 se encuentran especificadas en términos del margen bruto esperado, de los márgenes brutos obtenidos en años anteriores, de la utilización de insumos para cada periodo considerado en las restricciones (costo agregado —en semillas, en fertilizantes, en insec-

tidas, entre otros— jornadas de mano de obra, jornadas de maquinaria, jornadas animales), de las necesidades de autoconsumo, de rotaciones culturales entre otros aspectos.

Para facilitar la descripción en las etapas posteriores del trabajo, cada alternativa productiva se representa con sus iniciales (MA1, PA1, etc.), las cuales pueden apreciarse en el extremo superior del cuadro.

Evaluación de las Alternativas Tecnológicas Respecto a su Adopción Potencial

El siguiente paso consiste en la incorporación de las alternativas propuestas en los modelos de programación construidos. Tal como se mencionó, la finalidad de esta etapa es la de evaluar la posible adopción de dichas propuestas.

Con el objeto de facilitar la comparación de las alternativas, la incorporación de las propuestas se realizó una a una, es decir, se evaluó cada una de las alternativas sobre el modelo original.

Así, la resolución de los modelos permite manejar una serie de antecedentes de interés; además del valor de la función objetivo agregada, se entrega el gasto total en recursos (que significa valorizar los insumos y la fuerza laboral que se incorpora al proceso productivo, sean estos propios o contratados), el valor de cada una de los criterios optimizados (margen y riesgo), el gasto efectivo monetario, el uso total de jornadas de mano de obra, maquinaria y animales, y los rubros que ingresan al plan predial.

Resultados para el modelo tipo 1

En el Cuadro 11 se presentan los resultados que surgen al resolver el modelo del tipo 1, que incluye las alternativas tecnológicas propuestas.

De las diez alternativas evaluadas, cinco no ingresan dentro de la estrategia de explotación que el modelo define; estas son el trigo, el maíz grano (1), el maíz grano (2), el poroto verde y el zapallo. Según el modelo, dichas propuestas no tendrían posibilidad de ser adoptadas por los agricultores que componen este tipo, puesto que no mejoran el nivel alcanzado por la función de utilidad.

Las alternativas que sí ingresan al plan de explotación son el melón, el coliflor, el maíz grano (3), la papa y el poroto granado; estas propuestas satisfacen los objetivos que orientan la decisión de los agricultores. En este sentido, en el citado cuadro puede apreciarse que la papa y el poroto granado, si bien no mejoran el margen obtenido, satisfacen más plenamente el criterio de riesgo, lo que se traduce en un mayor valor de la función de utilidad. Los otros tres cultivos —melón, coliflor y maíz grano (3)— mejoran los dos objetivos considerados.

De estas cinco alternativas con potencialidad de adopción, el melón aparece como la más atractiva, puesto que la estrategia de producción que la incluye, entrega el más alto valor en la función objetivo agregada (\$1.428.000). La propuesta de coliflor también eleva el valor de la función, pero muy por debajo de lo que entrega el melón.

Además del valor de la función objetivo, es importante analizar la necesidad de recursos que significa la implementación de cada uno de los planes productivos. En este sentido el nivel de gasto (tanto en recursos totales como monetarios) es fuertemente menor en el caso de la alternativa melón. El coliflor en tanto, agota la disponibilidad de capital del agricultor al ser incorporado al modelo (\$842.000).

Por otra parte, respecto a la necesidad de mano de obra, tanto el melón como el coliflor, requieren de una cantidad de jornadas que puede ser suplida por las disponibles al interior del predio; el maíz grano (3), la papa y el poroto granado en cambio, necesitan para ser incorporados al plan de producción, la contratación de mano de obra extrapredial.

Resultados para el modelo tipo 2

Los resultados de los modelos resueltos para el agricultor del tipo 2 (Cuadro 12), demuestra que en este caso, cuatro son las alternativas que no ingresan al plan predial; éstas incluyen el trigo y el maíz grano (2) que como ya se comentó, tampoco ingresaban en las estrategias definidas para el tipo 1.

Al igual que en el tipo 1, el melón se perfila como una interesante alternativa, incrementando fuertemente el nivel alcanzado por la función de utilidad. El ingreso de esta alternativa desplaza totalmente los rubros que originalmente se manejaban en el predio. Una situación como esta (un agricultor monoprodutor), debe ser analizada en profundidad por los especialistas al no ser totalmente aconsejable concentrar la producción en un único rubro.

Al melón, le siguen esta vez el maíz grano (3) y (1) que dada la condición original de maicero del agricultor en estudio, se adaptan probablemente mejor a la disponibilidad de recursos. Además de estos cultivos, el poroto verde, el poroto granado y la papa, se presentan como alternativas potencialmente adoptables, lo que se refleja en el incremento del valor de la función de utilidad. El coliflor también mejora el nivel alcanzado por los objetivos, pero muy levemente, a diferencia de lo ocurrido en el tipo 1.

Respecto al nivel de "gasto", es interesante analizar que todas las alternativas potencialmente adoptables utilizan casi íntegramente el capital disponible, lo que indica que este recurso tiene un carácter restrictivo en la definición de las estrategias de la explotación.

Al analizar la variable gasto total (gasto monetario y no monetario), se demuestra que la implementación del cultivo de melón, representa el menor gasto en recursos, factor que también puede ser relevante al definir las alternativas tecnológicas a utilizar.

Debe señalarse, que a pesar que existen alternativas que desplazan a las unidades animales consideradas originalmente, ello se debe, probablemente, a que el modelo no toma en cuenta la preferencia del agricultor por un flujo de dinero pequeño pero permanente, aspecto que podría dificultar que el productor se traslade hacia rubros con ingresos estacionales como muestran los resultados en este caso.

Lamentablemente no fueron incorporadas al modelo, alternativas productivas ganaderas, lo que hubiera enriquecido fuertemente el análisis.

Resultados para el modelo tipo 3

Sobre la introducción de alternativas en el modelo del productor del tipo 3 (Cuadro 13), debe mencionarse que solo dos alternativas son contempladas en los planes de explotación definidos. Estas fueron el melón y el coliflor, rubros que, dado el alto margen que entregan, ingresan en todos los tipos analizados.

El resto de las alternativas no mejoran el nivel alcanzado por los objetivos que orientan las decisiones y, por lo tanto, no se presentan como alternativas potencialmente adoptables por los agricultores que componen este tipo.

Cabe también mencionar que los modelos plantean que tanto el melón como la coliflor deben reemplazar en su totalidad a los cultivos originales betarraga y melón, situación que como ya fue planteado, debe ser sujeta a revisión técnica.

Resultados para el modelo tipo 4

El resultado del proceso de incorporación de las alternativas tecnológicas al modelo del agricultor tipo 4, se presenta en el Cuadro 14.

El melón y el coliflor aparecen nuevamente como los rubros que satisfacen mas plenamente los objetivos del agricultor. Es interesante analizar que en esta ocasión los cultivos que le siguen a los rubros indicados, son diferentes a los que aparecen en los resultados del tipo 1 y 2.

Estos resultados estarían indicando que existen tecnologías que son más apropiadas que otras dada una condición particular y que por tanto, su potencialidad de adopción variará dependiendo del nivel de ajuste que éstas tengan con las circunstancias donde se busquen transferir.

Resulta interesante además, considerar el gasto total implicado por cada estrategia de producción. Tal como puede apreciarse en el Cuadro 14, las alternativas más rentables, en términos de márgenes brutos, son las que implican un mayor nivel de gasto.

Un breve análisis comparativo de los resultados entregados para cada tipo permite extraer algunas deducciones interesantes.

En primer lugar, existen tecnologías que no son adoptadas en ninguno de los modelos de los tipos evaluados. Estas propuestas tecnológicas —trigo y maíz grano (2)— deberían someterse a un análisis técnico para ser mejoradas y aumentar así, su potencialidad de adopción.

Por otra parte, tecnologías como el melón y el coliflor, al mejorar sustancialmente el nivel de satisfacción alcanzados por los objetivos de los agricultores, presentan una alta poten-

CUADRO Nº 11. Resultados de la inclusión de alternativas productivas para el tipo 1

Alternativas Evaluadas	Función Agrup.	Gasto en Recursos			Margen Bruto	Maximin (Me.\$)	Gasto* Efect.	M. de Obra	Maq. (Jor)	Animal (Jor)	Rubros Originales (ha)					Alternativas Productivas (ha)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		(Me.\$)	(Me.\$)	(Me.\$)							Mez.	Por Gr	Por V.	Batanga	Papa	MA1	MA2	MA3	TR1	COL1	ZAP1	MEL1	PA1	POR1	POR2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Original	0.985	1457.13	1788.38	1248.04	791.41	373.07	6.21	19.54	0.38	0.00	0.00	2.22	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

* Se refiere al gasto en semillas, fertilizantes, pesticidas, etc. más el gasto en contratación de mano de obra, animales y maquinaria.

CUADRO Nº 12. Resultados de la inclusión de alternativas productivas para el tipo 2

Alternativas Evaluadas	Función Agrup.	Gasto en Margen			Gasto* Efect. (Me.\$)	M.de Obra			Maq. (Jor)	Animal (Jor)	Rubros Originales (ha)					Alternativas Productivas (ha)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		Recursos (Me.\$)	Bruto (Me.\$)	(Me.\$)		(Me.\$)	(Jor)	Maíz G.			Papa	Festuca	Un. Anim.	MA1	MA2	MAS	TR1	COL1	ZAP1	MEL1	PA1	POR1	POR2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Original	0.987	1531.09	1477.58	1429.03	607.18	439.53	10.91	0.85			0.00	0.08	6.05	24.51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

* Se refiere al gasto en semillas, fertilizantes, pesticidas, etc. más el gasto en contratación de mano de obra, animales y maquinaria.

CUADRO Nº 13. Resultados de la inclusión de alternativas productivas para el tipo 3

Alternativas Evaluadas	Función Agreg.	Gasto en Recursos (M.s.)	Margen Bruto (M.s.)	Maximin (M.s.)	Gasto* Efect. (M.s.)	M.de Obra			Rubros Originales (ha)					Alternativas Productivas (ha)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						(Jor)	(Jor)	(Jor)	Zapallo	Batunaga	Melón	Coliflor	Papa	MA1	MA2	MA3	TRI	COL1	ZAP1	MEL1	PA1	POR1	POR2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Original	0.991	2013.68	2193.46	2076.45	950.96	345.63	15.47	68.72	0.20	0.39	2.80	0.00	0.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

* Se refiere al gasto en semillas, fertilizantes, pesticidas, etc. más el gasto en contratación de mano de obra, animales y maquinaria.

CUADRO Nº 14. Resultados de la inclusión de alternativas productivas para el tipo 4

Alternativas Evaluadas	Función Agreg.	Gasto en Recursos (M.s.)	Margen Bruto (M.s.)	Maximin (M.s.)	Gasto* Elect. (M.s.)	Máquina		Animal		Rúbricos Originales(ha)			Alternativas Productivas (ha)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						Obra (Jor)	M. de (Jor)	Tiempo (Jor)	Coliflor	Maíz	MA1	MA2	MA3	TRI	COL1	ZAP1	MEL1	PA1	POR1	POR2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Original	1.000	2215.21	2396.60	2393.66	1141.73	591.30	14.43	8.03	0.30	3.65	3.25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

* Se refiere al gasto en semillas, fertilizantes, pesticidas, etc. más el gasto en contratación de mano de obra, animales y maquinaria.

cialidad de adopción en los cuatro tipos en estudio. Probablemente razones circunstanciales de mercado —como un margen alto— explican lo descrito.

Además, existen alternativas que son potencialmente adoptables solo en algunos tipos; por ejemplo, el poroto verde o el maíz grano (1), no ingresan a los planes de explotación en el tipo 1, pero sí se constituyen como alternativas prioritarias en el tipo 2 y 4.

A partir de los resultados que entregan la resolución de los modelos, el investigador puede tomar la decisión sobre qué grupo de alternativas deben pasar a los Centros de Ajuste y Transferencia de Tecnología (CATT). Tal como ya se ha expuesto a lo largo del trabajo, la finalidad de la metodología no es la de seleccionar una tecnología en particular que debe ser ajustada, sino que apoyar la toma de decisiones del investigador al entregarle un set de información que puede ser útil para este fin.

Evaluación de las Alternativas Tecnológicas Respecto a su Impacto Microregional

Como ya fue señalado, se han definido como criterios de evaluación del impacto microregional, el crecimiento económico y el nivel de empleo.

Para operacionalizar dichos criterios se evaluarán las variables margen bruto predial y necesidades de mano de obra que el resultado de los modelos genera.

Así, el cambio a nivel predial que genera la implementación de la tecnología respecto a la situación original, se multiplicará por el porcentaje de agricultores que incluye el tipo que dicho predio representa.

Matemáticamente:

$$V^* = \sum_{j=1}^n \gamma_j V_j^* \quad (28)$$

$$\gamma_j = \frac{n_j}{N}$$

donde:

- V^* = Nivel alcanzado por la Variable a nivel de una explotación promedio.
- V_j^* = Nivel alcanzado por la Variable en el agricultor representativo del tipo j.
- γ_j = Ponderación del tipo j a nivel microregional.
- n_j = Número de individuos que tiene el tipo j.
- N = Numero de individuos de la microregión.

El Cuadro 15 presenta el impacto calculado para las variables definidas⁸.

8 El impacto se calcula como un diferencial que evalúa el cambio que representa en las distintas variables, la inclusión de cada alternativa, respecto a la situación original.

Respecto al nivel de ingreso, se aprecia el fuerte impacto que representa la incorporación de la alternativa melón, la que permite incrementar fuertemente el margen predial generado por una explotación promedio, el que debe reflejarse a nivel microregional.

En el caso extremo, la papa se presenta como una propuesta tecnológica que si bien tiene potencialidad de ser adoptada, significa un descenso del nivel de ingreso percibido por los agricultores de la microregión. El trigo y el maíz grano (2), al no ser adoptadas por ninguno de los tipos que conforman la microregión, no representan impacto a este nivel.

El análisis da cada una de las alternativas respecto al nivel de empleo microregional —reflejado por las necesidades promedio de mano de obra a nivel predial—, refleja una situación diametralmente opuesta a lo visto para el caso del margen bruto.

En efecto, en esta caso el melón se presenta como la alternativa peor evaluada puesto que su incorporación representa una disminución de la necesidad de mano de obra de 186,9 jornadas/hombre/año, situación que si bien a nivel de explotación puede ser satisfactoria, cuando la evaluación tiene un carácter público tiende a no privilegiarse.

Contrariamente, la papa se presenta como la propuesta mejor evaluada puesto que requiere para su implementación, aumentar la dotación de mano obra, lo que por tanto se traduce en un aporte al incremento en los niveles de empleo microregional.

Por último, es necesario comentar, que este trade-off entre objetivos públicos también se presenta al contrastar la evaluación microregional con la privada, lo que constituye un nuevo antecedente a considerar en el proceso de toma de decisiones públicas.

CUADRO Nº 15. Impacto de las alternativas a nivel de margen bruto y empleo en una explotación promedio de la microregión

Alternativas	Margen Bruto (Ms. \$)	Mano de Obra (Jor.)
Maíz Grano (3)	93.732	-5.635
Maíz Grano (1)	30.909	-71.335
Melón	1076.906	-186.885
Zapallo	70.916	5.271
Coliflor	361.408	-40.949
Trigo	0.000	0.000
Poroto Verde	136.811	-12.527
Poroto Granado	163.860	-140.323
Papa	-7.484	9.244
Maíz Grano (2)	0.000	0.000

COMENTARIO FINAL

A lo largo del trabajo se ha buscado construir una metodología de fácil implementación que permita a los investigadores del INIA, contar con mayor información para la toma de decisiones acerca de qué alternativas productivas deben pasar a los Centros de Ajuste de Tecnología (CATT).

Es interesante mencionar que la metodología, busca considerar el funcionamiento global del predio al momento de verificar la adopción potencial de una alternativa tecnológica. En ese sentido, corresponde a una metodología de carácter sistémico, siendo un instrumento efectivo para evaluar alternativas tecnológicas, considerando factores productivos tales como: niveles de satisfacción de objetivos, adecuación a los recursos productivos de la explotación y a restricciones productivas particulares del sistema. Así también, la metodología conforma un instrumento efectivo para el análisis de los conflictos y compromisos existentes entre los diferentes tipos de criterios involucrados en este tipo de decisiones, ya sean éstos de carácter público o privado.

Dos puntos de la propuesta metodológica que parece interesante resaltar corresponden a: la opción por trabajar con casos y la metodología para seleccionar dichos casos; así como el procedimiento de considerar la información revelada a través del punto real, en relación a los ponderadores que permiten construir la función de utilidad implícita del productor.

En relación a líneas de investigación futura, se puede señalar la precisión respecto a los métodos de consideración de riesgo, estudios respecto a estructura real de objetivos de los agricultores, y la evaluación de tecnologías en base a otros criterios públicos como la sustentabilidad ambiental, y la equidad social.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la activa participación en la investigación de los señores José Manuel Caerols de CEDRA, y Francisco Tapia y Carlos Covarrubias del INIA

REFERENCIAS

- Antle J., 1983. Incorporating risk in production analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, diciembre.
- Arias P., 1990. Las técnicas interactivas de programación multicriterio en planificación agraria. **Serie comunicaciones INIA**, N° 34.
- Arrow K. y Pratt J., 1964. Risk aversion in the Small and in the Large. **Econométrica**, Vol 32, pp. 122-36.
- Benito C., 1976. Peasants response to modernization projects in minifundia economics. **American Journal of Agricultural Economics**, mayo.
- Chankong V. y Haimes Y., 1983. **Multiobjective Decision Making: Theory and Methodology**, North-Holland Series in System and Engineering, Nueva York.
- Dong C., 1992. **Développement d'outils d'aide a la decision dans des environnements multicriteres, dynamiques et incertains**. Tesis de doctorado, Université Catholique de Lovaine.
- Escobar G. y Berdegúe J., ed., 1990. **Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola**, RIMISP, Santiago.
- Feder G., Just R. y Zilberman D., 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. **Economic Development and Cultural Change**, Vol. 33, N° 2.
- Gass S., 1969. **Linear Programming Methods and Applications**, McGraw Hill, Nueva York.
- Garvin W., 1960. **Introduction to linear programming**, McGraw Hill, Nueva York.
- Hadley G., 1964. **Linear Programming**, Addison-Wesley, Reading, Massachussets.
- Hazell P. y Norton R., 1986. **Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture**, MacMillan Publishing Company, Nueva York.
- Just R., 1975. Risk Aversion under profit maximization. **American Journal of Agricultural Economics**, mayo.
- Luenberg D., 1989. **Programación lineal y no lineal**, Addison-Wesley Iberoamericana, México.
- Mardia K., Kent J. y Bibby J., 1980. **Multivariate Analysis**. Academic Press, Inc., Londres.

-
- Moscardi E. y De Janvry A., 1977. Attitudes toward risk among peasants: An econometric approach. **American Journal of Agricultural Economics**, noviembre.
- Philip J., 1972. Algorithms for vector maximization problem. **Mathematical Programming**, vol. 13, pag. 207-209.
- Pope R., 1982. Expected profit, price change and risk aversion. **American Journal of Agricultural Economics**, agosto.
- Press W., Flannery B., Teukolsky S. y Vetterling W., 1989. **Numerical Recipes: The Art of scientific computing (FORTRAN version)**, Cambridge University Press.
- Rogers E., 1969. **Modernization among peasants: The impact of communications**, Holt, Rinehart y Winston, Nueva York.
- Romero C., 1993. **La teoría de la decisión multicriterio**, Alianza Editorial, Madrid.
- Steuer R.E., 1976. Multiple objective linear programming with interval criterion weights. **Management Science**, vol. 23, pag. 305-316.
- Stiglitz J., 1987. Some theoretical aspects of agricultural policies. **The World Bank Research Observer**, enero.
- Yu P.L. y Zeleny M., 1975. The set of all nondominated solutions in linear cases and multicriteria simplex method. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, Vol. 49, pag. 430-468.

ANEXO

CUADRO N° 16. Variables seleccionadas para representar los parámetros usados en la tipificación

1. Parámetro c (evaluadores del resultado de la explotación):

- Valor Bruto de la producción por hectárea de hortalizas.
- Valor Bruto de la producción por hectárea de cultivos anuales.
- Valor Bruto de la producción por hectárea de chacarería.
- Valor Bruto de la producción por hectárea de frutales.
- Valor Bruto de la producción por unidad animal de producción.
- Saldo Monetario por hectárea.

2. Parámetro a (coeficientes técnicos):

- Gasto en Maquinarias por hectárea.
- Gasto en Fertilizantes por hectárea.
- Gasto en Semillas por hectárea.
- Gasto en Mano de Obra contratada por hectárea.
- Gasto en Insumos Pecuarios por hectárea.

3. Parámetro b (disponibilidad de recursos):

- Número de Activos en el Hogar.
- Disponibilidad Total de Jornadas (jornadas de mano de obra).
- Hectáreas de Riego Básico (superficie disponible).
- Hectáreas Manejadas (superficie disponible).
- Valor de los equipos (jornadas de maquinaria de trabajo).
- Unidades Animales de Trabajo (jornadas de animales de trabajo).
- Ingreso Monetario (capital disponible).
- Unidades Animales de Producción.
- Hectáreas de Praderas.

4. Variables de decisión x (alternativas productivas):

- Porcentaje del predio con Cultivos Anuales.
 - Porcentaje del predio con Chacra.
 - Porcentaje del predio con Hortalizas.
 - Porcentaje del predio con Frutales.
 - Porcentaje del predio con Pradera Natural.
 - Porcentaje del predio con Pradera Artificial.
-

CUADRO Nº 17. Resultados del análisis de componentes principales para cada parámetro considerado

Parámetro	Variables	Comuna- lidad	Nº de factores extraídos	% explicado de varianza
Parámetro C (variables de resultado).	VBP/hectárea de hortalizas	0.93202	4	83.2 %
	VBP/hectárea de chacarería	0.80766		
	VBP/hectárea de cul.anuales	0.82928		
	VBP/hectárea de frutales	0.93640		
	VBP/unidad animal	0.58022		
	Saldo monetario/hectárea	0.90763		
Parámetro A (variables de utilización de insumos).	Gasto Maquin./ hectárea	0.93223	3	75.0 %
	Gasto Fertil./ hectárea	0.73338		
	Gasto Semillas/ hectárea	0.53903		
	Gasto Mano Obra/ hectárea	0.59907		
	Gasto Insum. Pec./ hectárea	0.94513		
Parámetro B (variables de disponibilidad de recursos).	Número de Activos	0.85964	5	81.2 %
	Disponibilidad Jornadas	0.66698		
	Hectáreas de Riego Básico	0.92316		
	Hectáreas Manejadas	0.83119		
	Valor de los equipos	0.77689		
	Unidades Animales Trabajo	0.77988		
	Ingreso Monetario	0.77083		
	Unidades Animales Producc.	0.77094		
X (alternativas productivas elegidas).	Hectáreas de Praderas	0.92457	4	84.3 %
	Porcentaje con Cul. Anuales	0.99302		
	Porcentaje con Chacra.	0.84213		
	Porcentaje con Hortalizas.	0.97870		
	Porcentaje con Frutales.	0.98223		
	Porcentaje con Prad.Natural	0.70761		
	Porcentaje con Prad.Artif.	0.55179		

CUADRO Nº 18. Media de algunas variables de interés por tipo de productor

Variable	Promedio muestral	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Ingresos Monetarios (x\$1000)	1663	1181	1724	1881	2004	3942
Hectáreas Manejadas	7.9	6.9	12.9	5.2	6.4	5.3
Disponibilidad de Trabajo por Hectárea (jornadas)	132.2	156.3	62.0	199.9	109.9	147.8
Trabajo Contratado (jornadas/año)	56.1	41.8	12.4	169.3	18.0	187.2
Valor de los Equipos (x\$1000)	1492	1526	833	1295	1652	4604
Relación Capital Total/ Hectáreas Manejadas (x\$1000)	3200	3594	2170	2979	2652	7111
Tasa de la superficie dedicada a Chacarería	0.12	0.22	0.02	0.11	0.04	0.07
Tasa de la superficie dedicada a Cultivos Anuales	0.17	0.14	0.04	0.04	0.63	0.03
Tasa de la superficie dedicada a Hortalizas	0.30	0.37	0.08	0.73	0.13	0.00
Tasa de la superficie dedicada a Prad. Artificiales	0.15	0.06	0.41	0.03	0.15	0.04
Tasa de la superficie dedicada a Frutales	0.06	0.04	0.00	0.03	0.01	0.77
Unidades Animales de Producción	9.2	7.1	20.1	1.7	5.3	4.3
Trabajo Extrapredial (jornadas/año)	174.4	166.6	210.2	244.3	116.6	28.8
Tasa del Ingreso proveniente de actividades extraprediales	0.17	0.20	0.13	0.18	0.15	0.05
Porcentaje de la producción destinado a venta	0.73	0.64	0.74	0.79	0.85	0.95
Hect. Propias / Hect. Manejadas	1.17	1.21	1.09	1.25	1.12	1.00
Hect. Arrendadas / Hect. Manejadas	0.05	0.00	0.00	0.26	0.09	0.00