



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
DOCTORADO EN ECONOMIA

MODELANDO INTERACCIONES ENTRE SISTEMAS NATURALES Y HUMANOS  
EN EL SUR DE CHILE. UN MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTOR EN ECONOMÍA

PRESENTA:  
MARUJA CORTÉS BELMAR

DR. CARLOS BUSTAMANTE LEMUS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

DR. ALFONSO IRACHETA CENECORTA  
PROGRAMA DE ESTUDIOS URBANOS Y AMBIENTALES. EL COLEGIO  
MEXIQUENSE AC

DR. MARTIN PUCHET ANYUL  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMIA

MÉXICO, D. F. (DICIEMBRE) 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatoria

A las estrellas que iluminan mi camino:

Javiera, Franco, Carlos y Alberto;

A mi compañero de camino y

andanzas: Marcos.

## **Agradecimientos**

Mis eternas gracias por su paciencia y comprensión a mis estimadísimos profesores: Dr. Carlos Bustamante; Dra. Laura Nahuelhual; Dr. Martín Puchet y Dr. Alfonso Iracheta.

Al Dr. Waldemar Mercado y especialmente a Wessel Eykman.

A los productores del sur de Chile.

## **Pensamiento**

*“El segundo argumento de esperanza reside en el así llamado efecto mariposa. Este es una derivación de la física cuántica que nos enseña que todo tiene que ver con todo y somos todos inter- retro-dependientes. Por eso cada individuo es un eslabón de la inmensa corriente de energía y de vida y cuenta mucho. El efecto mariposa representa una concreción de este principio... donde un pequeño gesto puede ocasionar grandes transformaciones”.*

Extracto de discurso de Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas, al recibir el Nobel de la Paz, en el año 2001.

*“Derivando en estado de alerta” ..... Manfred Max-Neef*

## Resumen

Se utiliza la simulación dinámica para modelar sistemas naturales y humanos acoplados que influyen en la toma de decisiones de los productores silvoagropecuarios de la zona sur de Chile ( $41^{\circ} 30' S$  y  $41^{\circ} 54' S$ ), para lo cual se analizan datos oficiales de la serie histórica 1976 al 2007 y se proyecta un escenario alternativo a la serie histórica y dos, al año 2024.

El modelo contempla 330 variables: 28, de stock; 45, de flujo y 257 variables endógenas, exógenas y/o parámetros del modelo en una escala micro de análisis; siendo estas variables de: política, biológicas, económicas y socio demográficas.

Se organiza en dos tipos de subsistemas interrelacionados: productivos y de gestión. Los subsistemas productivos son: sistema agrícola, ganadero intensivo, ganadero extensivo, plantación forestal y extracción de leña desde bosque nativo. Los sistemas de gestión son: sistema cambio de uso de suelo y sistema de toma de decisiones estratégicas.

Considerando el período de análisis 1976-2007, el modelo posee un ajuste de un 96,2 % en sus predicciones. Sus limitantes se originan en su naturaleza: debido a que es una representación de la realidad y supone que las relaciones existentes entre variables y tendencias, se mantendrán en el futuro. Por otro lado, el estudio se limita a presentar los posibles cambios en el paisaje, derivados de las políticas, factores biofísicos y socioeconómicos abordados; y no considera la localización geográfica de estos cambios ni la valoración de la disminución/aumento de los bienes y servicios ecosistémicos derivados de los cambios en el paisaje, lo cual invita a interesantes líneas de investigación.

El modelo se utiliza en un primer escenario alternativo: sin instrumentos de fomento para el período 1976-2007. Los resultados muestran que la aplicación de instrumentos de fomento productivo ha afectado negativamente a los usos: bosque

nativo y praderas extensivas, con una disminución de su cobertura de un 2% y un 16%, respectivamente; e influido positivamente a los usos de suelo: agrícola (5 veces más de siembras agrícolas), plantaciones forestales (75% más) y 4% más de praderas intensivas.

Un segundo escenario: período 2008-2024 con instrumentos de fomento productivo y con influencia del cambio climático; muestra que los usos de suelos que aumentan su cobertura - en comparación al año 2007- son: agrícola, pradera extensiva y plantación forestal, (150%, 43% y 19% más superficie que la observada en el 2007; respectivamente). Los usos de suelo que disminuyen son: pradera intensiva (41% menos que el 2007) y bosque nativo (15% menos que el 2007).

En el tercer escenario, se consideró las mismas tendencias que en el segundo escenario, pero sin instrumentos de fomento productivo silvoagropecuario; observándose que la actividad más desincentivada será la agrícola, manteniéndose aquella de subsistencia (1% de la superficie del territorio en estudio). Otros usos que disminuirán su cobertura, pero que seguirán siendo importantes en el territorio serán: bosque nativo y pradera intensiva, con un 12% y un 5% de disminución y una cobertura de un 39% y 23% del territorio, respectivamente. El último uso de suelo, coexistirá con actividades más extensivas, como la ganadería con bajo nivel tecnológico, la cual aumenta su cobertura en un 32% (35% del territorio de estudio). La superficie destinada a la actividad forestal exótica se mantendrá en igual magnitud que la existente en el año 2007 (2% de la superficie del territorio), mientras que la cobertura de bosque nativo disminuirá en un 12%, manteniendo un 39% de la extensión de la zona en estudio.

La aplicación de instrumentos de fomento productivo provoca en la población rural, un impacto económico neto correspondiente a un beneficio marginal de US\$

4.500<sup>1</sup> promedio per capita al año 2024. Cuando no son aplicados instrumentos de fomento, existe un aumento neto de beneficios marginales promedio per cápita de la población rural iguales a US\$ 1.940, por lo que se estima un efecto positivo del cambio climático principalmente para las actividades ganaderas de la zona.

La presencia de instrumentos de fomento, no ha provocado ni provocará una diferencia ordinal de los usos de suelos predominantes en los tres escenarios simulados, siendo éstos en orden decreciente: bosque nativo, pradera extensiva y pradera intensiva.

Se recomienda a los hacedores de política pública el uso de herramientas de simulación que permitan el análisis del efecto sistémico que puedan tener los instrumentos de política a implementar en un territorio determinado y para el caso particular de la zona sur de Chile, se sugiere proseguir con la aplicación de instrumentos de fomento productivo toda vez que ellos permiten elevar el ingreso per capita rural de los habitantes de la zona.

Se sugiere estudiar un mejor uso de los recursos empleados para la actividad forestal y de pradera intensiva, debido a que en el primer caso, es una actividad que sólo se realiza bajo la presencia del incentivo y en el segundo, porque la productividad de las praderas se ve favorecida naturalmente por el cambio climático proyectado. Los recursos económicos podrían ser reorientados a otras partes del proceso de la actividad ganadera, que será la que prevalecerá bajo los supuestos del presente estudio.

---

<sup>1</sup> Dólares del año 2007

## Summary

Dynamic simulation was used to model the coupled human and natural systems that influence decisions of producers agricultural and forestry in the south of Chile ( $41^{\circ} 30' S$  and  $41^{\circ} 54' S$ ), for which data are analyzed official time series 1976 to 2007 and projected an alternative scenario to the time series and two, at the year 2024.

The model includes 330 variables (of the stock: 28, the flow: 45, and 257 endogenous, exogenous variables and / or parameters of the model on a micro level of analysis, being these variables: political, biological, economic and socio-demographic.

It is organized into two types of interrelated subsystems: production and management. Productive subsystems are: agricultural system, intensive livestock, livestock extensive, tree planting and removal of wood from native forests. Management systems are: system of land use change and system strategic decision making.

Considering the analysis period 1976-2007, the model has a 96.2% adjustment in their predictions. Their limitations arise in his nature: because it is a representation of reality and assumes that the relationships between variables and trends will continue in the future.

On the other hand, the present study is limited to possible changes in the landscape, resulting from political, biophysical and socioeconomic factors considered, and does not consider the geographical location of these changes and the assessment of the decrease / increase in goods and services ecosystem resulting from changes in the landscape, this invites to interesting research lines.

The model is used in a first alternative scenario: without support instruments for the period 1976-2007. The results show that the implementation of development instruments has negatively affected the uses: native forest and extensive grassland, with a decrease in its coverage of 2% and 16%, respectively, and positively influenced



land uses: agricultural (5 times more agricultural crops), forest plantations (75% more) and 4% more in the intensive grassland.

A second scenario, period 2008-2024 with development instruments and influence of climate change, shows that the land uses that increase their coverage - compared to 2007 - are: agriculture, extensive prairie and forest plantation (150%, 43% and 19% more area than that observed in 2007, respectively). The land use that decreases are: intensive grassland (41% less than 2007) and native forest (15% less than 2007).

In the third scenario, was considered the same trends found in the second scenario, but without agricultural and forestry development instruments. In this, that more activity will be discouraged are farming, remaining for subsistence (1% of land area under study). Other uses that decrease, but will remain important in the territory are: native forest and grassland intensive, with 12% and 5% decrease and a coverage of 39% and 23% of the territory, respectively. The use land grassland intensive coexist with more extensive activities, such as low technology livestock, then extensive prairie increases by 32% (coverage 35% of the area of study). The area devoted to exotic forestry will remain the same as the in the year 2007 (2% of study area), while the native forest cover will decrease by 12%, maintaining a 39% extension of the study area.

By 2024 the rural population has a marginal profit of 4,500 U.S. \$ when the application of development instruments was done. When not development instruments are applied, there is a net increase marginal profit per capita of the rural population equal to U.S. \$ 1,940, so we estimate a positive effect of climate change mainly for livestock activities in the area.

The presence of development instruments, hasn't caused and will not cause a ordinal difference over land uses that prevailing in the three simulated scenarios. In

decreasing order, these land uses are: native forest, prairie grassland intensive and extensive.

It is recommended that policy makers use simulation tools for the analysis of the systemic effect that may have policy instruments to implement in a territory and to the particular case of the south of Chile; it is suggested to proceed with the implementation of development instruments since they allow raising rural income per capita of the area people.

## INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	xxiii
<i>El problema de investigación .....</i>	<i>xxiii</i>
<i>Hipótesis y objetivos de investigación.....</i>	<i>xxiv</i>
<i>Alcance temporal, espacial y escala de la investigación .....</i>	<i>xxv</i>
PRIMERA PARTE: TEORÍA Y MÉTODOS .....	1
<i>Aspectos Teóricos.....</i>	<i>1</i>
1. <i>Teoría de Sistemas .....</i>	<i>1</i>
1.1 <i>Sistema y modelo .....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Características estructurales y funcionales de los sistemas.....</i>	<i>2</i>
2. <i>Enfoque sistémico .....</i>	<i>5</i>
3. <i>Estudios de la interacción de sistemas humanos y naturales.....</i>	<i>7</i>
<i>Aspectos Metodológicos .....</i>	<i>10</i>
4. <i>Cambio uso de suelos y su modelamiento.....</i>	<i>10</i>
5. <i>Simulación dinámica.....</i>	<i>14</i>
6. <i>La metodología propuesta.....</i>	<i>17</i>
SEGUNDA PARTE. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS HUMANOS .....	21
1. <i>Sistema político económico.....</i>	<i>22</i>
1.1 <i>Los medios .....</i>	<i>25</i>
1.2 <i>Los fines generales y objetivos político sociales.....</i>	<i>28</i>
1.3 <i>Medios y fines de política en el sector silvoagropecuario. Período 1973-2007.....</i>	<i>35</i>
1.4 <i>Principales instrumentos de política sectorial silvoagropecuaria .....</i>	<i>41</i>
1.4.1 <i>Sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados.....</i>	<i>41</i>
1.4.2 <i>Fomento al sector forestal .....</i>	<i>45</i>
2. <i>Sistema de mercado de insumos y productos silvoagropecuarios .....</i>	<i>49</i>
2.1 <i>Precios de los insumos en el pasado reciente y sus proyecciones para el futuro cercano.....</i>	<i>49</i>
2.2 <i>Precios de los productos silvoagropecuarios en el pasado reciente y sus proyecciones para el futuro cercano .....</i>	<i>53</i>

2.2.1	<i>Leche bovina</i> .....	56
2.2.2	<i>Carne bovina</i> .....	61
2.2.3	<i>Papas</i> .....	63
2.2.4	<i>Leña</i> .....	64
3.	<i>Sistema socio cultural demográfico</i> .....	67
4.	<i>Sistema de toma de decisiones en una explotación silvoagropecuaria</i> .....	74
4.1	<i>Subsistema de Operaciones</i> .....	75
4.2	<i>Subsistema de Decisión</i> .....	79
4.3	<i>Subsistema de Información</i> .....	80
TERCERA PARTE. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS NATURALES .....		83
1.	<i>Sistema Climático</i> .....	83
1.1	<i>La zona de estudio y el cambio climático. Evolución reciente y proyecciones</i> .....	90
2.	<i>Sistemas Biológicos en una explotación silvoagropecuaria</i> .....	95
2.1	<i>Sistema bosque nativo</i> .....	96
2.2	<i>Sistema ganadero bovino</i> .....	99
2.3	<i>Sistema agrícola</i> .....	103
2.4	<i>Sistema plantaciones forestales exóticas</i> .....	108
CUARTA PARTE. DESARROLLO DEL MODELO CONCEPTUAL .....		113
1.	<i>La zona de estudio</i> .....	113
1.1	<i>Información general</i> .....	113
1.2	<i>Importancia económica productiva</i> .....	114
1.3	<i>Los actores sociales</i> .....	117
2.	<i>Modelo conceptual</i> .....	120
QUINTA PARTE. EL MODELO CUANTITATIVO .....		129
1.	<i>Sistema agrícola (SA)</i> .....	129
1.4	<i>Fase 1: determinación de producción y oferta agrícola</i> .....	129
1.5	<i>Fase 2: Decisiones técnicas operativas</i> .....	135
1.6	<i>Fase 3: Dinero disponible para la actividad</i> .....	137

1.7	<i>Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad</i> .....	139
2	<i>Sistema ganadero intensivo (SGI)</i> .....	145
2.1	<i>Fase 1: Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera</i> .....	145
2.2	<i>Fase 2: Decisiones técnicas operativas</i> .....	150
2.3	<i>Fase 3: Dinero disponible</i> .....	153
2.4	<i>Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios</i> .....	154
3	<i>Sistema ganadero extensivo (SGE)</i> .....	159
3.1	<i>Fase 1: Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera</i> .....	159
3.2	<i>Fase 2: Decisiones técnicas operativas</i> .....	163
3.3	<i>Fase 3: Dinero disponible</i> .....	165
3.4	<i>Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios</i> .....	167
4	<i>Sistema Extracción de leña de bosque nativo (SELe)</i> .....	170
4.1	<i>Fase 1: Estimación de demanda interna – externa y oferta de leña</i> .....	170
4.2	<i>Fase 2: Decisiones técnicas operativas</i> .....	174
4.3	<i>Fase 3: Dinero disponible</i> .....	175
4.4	<i>Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios</i> .....	177
5	<i>Sistema Plantaciones Forestales</i> .....	180
5.1	<i>Fase 1: Determinación costos, ingresos y beneficios</i> .....	180
5.2	<i>Fase 2: Decisiones técnicas operativas</i> .....	183
5.3	<i>Fase 3: Dinero disponible</i> .....	185
6	<i>Sistema de toma de decisiones estratégicas</i> .....	186
6.1	<i>Fase 1: Dinero para la toma de decisiones estratégicas</i> .....	186
6.2	<i>Fase 2: Fijación de expectativas relación beneficio costo</i> .....	188
6.3	<i>Fase 3: Fijación de costos ex ante</i> .....	191
6.4	<i>Fase 4: Priorización de actividades</i> .....	193
6.5	<i>Fase 5: Determinación de superficie para cambio de uso de suelos</i> .....	198
7	<i>Sistema de Cambio de Uso de suelos</i> .....	200

7.1	<i>Fase 1: Intercambio entre bosque nativo y pradera extensiva</i>	200
7.2	<i>Fase 2: Flujos de intercambio desde y hacia pradera extensiva</i>	202
7.3	<i>Fase 3: Flujos de intercambio desde y hacia pradera intensiva</i>	207
7.4	<i>Fase 4: Flujos de intercambio desde y hacia agrícola</i>	211
SEXTA PARTE. Validación del Modelo		214
1.	<i>Datos de validación</i>	214
2.	<i>Resultados globales obtenidos</i>	216
2.1	<i>Uso de suelos praderas intensivas</i>	217
2.2	<i>Uso de suelos Praderas extensivas</i>	218
2.3	<i>Uso de suelos Bosque nativo</i>	219
2.4	<i>Uso de suelos Plantación forestal</i>	220
2.5	<i>Uso de suelos Agrícola</i>	221
SEPTIMA PARTE. USOS DEL MODELO		222
1.	<i>Escenario 1: efecto de los instrumentos de fomento productivo en el pasado reciente (1976-2007)</i>	222
1.1	<i>Resultados de la simulación</i>	222
2.	<i>Escenario 2: evolución futura del cambio de uso de suelo bajo efecto del cambio climático e instrumentos de fomento productivo (2007-2024)</i>	229
2.1	<i>Resultados de la simulación</i>	230
3	<i>Escenario 3: evolución futura del cambio de uso de suelo bajo efecto del cambio climático sin instrumentos de fomento productivo (2007-2024)</i>	231
3.1	<i>Resultados de simulación</i>	232
4	<i>Análisis comparativo de tendencias futuras usos de suelos</i>	233
4.1	<i>Análisis económico escenarios futuros</i>	233
4.2	<i>Análisis por uso de suelo</i>	235
4.2.1	<i>Uso de suelo agrícola</i>	235
4.2.2	<i>Uso de suelo bosque nativo</i>	239
4.2.3	<i>Uso de suelo plantación forestal</i>	241
4.2.4	<i>Uso de suelo pradera intensiva</i>	243

4.2.5 <i>Uso de suelo pradera extensiva</i> .....	248
CONCLUSIONES.....	252
BIBLIOGRAFIA.....	257
Anexos .....	273

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Taxonomía de la política económica	24
Cuadro 2: Crecimiento por sectores económicos en Chile, % anual.	30
Cuadro 3: Grupos económicos controladores en el área forestal y agroindustrial.	37
Cuadro 4: Incentivos entregados en el programa de recuperación de suelos degradados	44
Cuadro 5: Evolución de la tasa de pobreza e indigencia en Chile (%)	68
Cuadro 6: Indicadores de desigualdad 1990-2006 (ingreso per cápita hogares)	68
Cuadro 7: Acceso a servicios básicos por zonas	69
Cuadro 8: Porcentaje de analfabetismo en la población mayor de 15 años	69
Cuadro 9: Inversión en educación (porcentaje sobre el PIB de cada año)	70
Cuadro 10: Evolución de la esperanza de vida en Chile, en años y por sexo	71
Cuadro 11: Población total, urbana y rural por comuna, sexo; índice de masculinidad y promedio grupo familiar año 2002	73
Cuadro 12: Calentamiento medio mundial proyectado para la superficie e incremento del nivel del mar a finales del siglo XXI	88
Cuadro 13: Evolución de la superficie promedio predial y distribución de usos de suelos.	96
Cuadro 14: Superficie, producción y rendimiento de papa años agrícolas 2000/01- 2009/10	104
Cuadro 15: Rendimiento de papas en qqm/ha entre la Región de Coquimbo y Los Lagos (años agrícolas 2001/02 al 2009/2010)	104
Cuadro 16: Comparación de rendimientos logrados en Chiloé con papa semilla certificada y papa semilla corriente, con un bajo y alto nivel de fertilización	105
Cuadro 17: Comparación del rendimiento total logrado en un cultivo de papa en condiciones de riego y con déficit hídrico en diferentes regiones de Chile.	106
Cuadro 18: Métodos de establecimiento plantaciones de pino en suelos Trumao, sur de Chile	110
Cuadro 19: Labores en una plantación forestal	111
Cuadro 20: Costos e ingresos totales en distintos momentos de cosecha y edad de rotación óptima según VAN y VPS (en pesos chilenos de 2004 por ha)	112
Cuadro 21: Superficie y tenedores prediales por segmento	118
Cuadro 22: Superficie y tenedores predios forestales	119



Cuadro 23: Evolución de la superficie promedio predial y distribución de usos de suelos.	119
Cuadro 24: Elección de dosis de fertilización de acuerdo a posibilidades económicas	136
Cuadro 25: Incentivos entregados en el programa de recuperación de suelos degradados	141
Cuadro 26: Homologación uso de suelos en la zona de estudio	215
Cuadro 27: Determinación de porcentajes de distribución inadecuada de superficies en usos de suelos para los años 1997 y 2007.	217
Cuadro 28: Resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Uso suelo agrícola.	223
Cuadro 29: Resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Bosque nativo.	225
Cuadro 30: Resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Plantación forestal.	226
Cuadro 31: Resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Pradera extensiva.	227
Cuadro 32: Resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Pradera intensiva.	229
Cuadro 33: Resultados simulación escenario 2.	230
Cuadro 34: Resultados simulación escenario 3.	232
Cuadro 35: Ingresos y beneficios per cápita comparados en escenario con y sin instrumentos de fomento productivo sectorial	234
Cuadro 36: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de siembra agrícola simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.	236
Cuadro 37: Flujos de intercambio de uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático y con instrumentos de fomento.	237
Cuadro 38: Aumentos y disminuciones netas por uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático e instrumentos de fomento.	238
Cuadro 39: Aumentos y disminuciones netas por uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático sin instrumentos de fomento.	240
Cuadro 40: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de bosque nativo simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024 (has).	241

Cuadro 41: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de plantación forestal simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.	242
Cuadro 42: Flujos de intercambio de uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático sin instrumentos de fomento.	243
Cuadro 43: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de pradera intensiva simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.	244
Cuadro 44: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de pradera extensiva simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.	250

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de Verlhust. El modelo logístico de crecimiento de poblaciones	6
Figura 2: el sistema económico y el mundo natural ampliado	8
Figura 3: Sistematización base conceptual	18
Figura 4: Esquema de la metodología empleada	19
Figura 5: Mapa conceptual fines, objetivos, política económica e instrumentos.	23
Figura 6: evolución del crecimiento anual del PIB en Chile	29
Figura 7: Inversión como porcentaje del PIB de cada año (1997 a 2008)	30
Figura 8: Inversión en construcción y maquinarias y equipos en % sobre PIB de cada año	31
Figura 9: Desempleo anual y crecimiento PIB (% anual)	32
Figura 10: Inflación en base al crecimiento anual del Índice de precios al consumidor en %.	33
Figura 11: Exportaciones, Importaciones y Balanza de Bienes y servicios en % sobre el PIB de cada año:	34
Figura 12: Exportaciones por tipo de bien, % variación anual	35
Figura 13. Evolución de precios de fertilizantes en el mercado doméstico periodo 1976 - 2007	50
Figura 14: Evolución de los precios de importación de los fertilizantes. Años 2000 a agosto de 2009.	51
Figura 15: Tendencia período creciente (1976-1988 y 2001-2007) y decreciente(1989-2000) de precios SFT	53
Figura 16: Tendencias proyectadas para el futuro cercano de insumos y productos silvoagropecuarios	54
Figura 17: Tendencia período creciente (1976-1985 y 2000-2007) y decreciente (1986-1999) de precios urea	54
Figura 18: Evolución de precios a productor de los principales productos silvoagropecuarios en el período 1976 -.2007 en US\$/ton papas; US\$/M l leche; US\$/100 kg carne en pie y US\$/10 m <sup>3</sup> leña.	55
Figura 19: Evolución de los precios internacionales de productos lácteos( Índice de precios)	56
Figura 20: Evolución precio internacional Leche en Polvo Entera (UD\$/Ton)	57

Figura 21: Período de precios crecientes (1980-1989 y 2000-2007) y decrecientes (1980-1989) de leche a productor	60
Figura 22. Evolución del precio de la carne bovina en pie transado en feria	62
Figura 23: Tendencia evolución del precio de la carne bovina en pie transado en feria	63
Figura 24: Evolución del precio a productor de la papa en US\$ por tonelada	63
Figura 25: Tendencias de picos y valles de precios a productor de papa fresca en US\$ por tonelada de producto	64
Figura 26: Evolución de precios de leña en US\$ por metro <sup>3</sup>	66
Figura 27: Evolución de precios de leña en US\$ por metro <sup>3</sup> período 1989-2007.	67
Figura 28: La zona de estudio	70
Figura 29: Evolución de la población total, rural y urbana en la zona de estudio	72
Figura 30: Representación gráfica sistema familia-explotación	76
Figura 31: Marco esquemático de los originantes e impactos antropógenos del cambio climático y de las respuestas a ese cambio	83
Figura 32: Cambios experimentados por los sistemas físicos y biológicos y por la temperatura superficial en 1970-2004	85
Figura 33: Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental	86
Figura 34: Manifestaciones del cambio climático observadas	87
Figura 35: Proyecciones de temperatura mundiales	89
Figura 36: Proyecciones multimodelo de las pautas de cambio de las precipitaciones	89
Figura 37: Distribución anual de precipitaciones mensuales en la zona de estudio para el período 1975 a 2007	92
Figura 38: Tendencia de la precipitación anual en la zona de estudio	93
Figura 39: Tendencia de la precipitación otoñal e invernal en la zona de estudio	94
Figura 40: Tendencia de la precipitación estival en la zona de estudio	94
Figura 41. Evolución del uso de suelo en la zona de estudio, Región de Los Lagos (% del uso de suelo sobre la superficie total)	96
Figura 42: Consumo de maderas nativas entre el periodo 1985-2004 para abastecer a la industria y al consumo de leña en el sur de Chile..	98
Figura 43: Esquema de fases fisiológicas del cultivo de la papa	108
Figura 44: Aporte regional al PIB nacional por regiones y años	114

Figura 45: Contribución por sectores económicos al PIB regional de la Región de Los Lagos en porcentaje sobre el PIB.	115
Figura 46. Evolución del uso de suelo en la zona de estudio, Región de Los Lagos (% del uso de suelo sobre la superficie total)	117
Figura 47: Sistema factores de cambio de uso de suelos (FCUS)	123
Figura 48 :Rendimiento promedio por rangos de precipitación acumulada	131
Figura 49: Relaciones entre variables fase Producción y Oferta Agrícola submodelo SA.	134
Figura 50: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SA.	136
Figura 51 : Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SA.	138
Figura 52: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SA	143
Figura 53 :Relaciones entre variables fase Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera, submodelo SGI	150
Figura 54: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SGI.	152
Figura 55: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SGI.	154
Figura 56:Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SGI	157
Figura 57: Relaciones entre variables fase Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera, submodelo SGE	163
Figura 58:Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SGE.	164
Figura 59: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SA.	167
Figura 60: Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SGE	169
Figura 61: Relaciones entre variables fase Estimación de demanda interna – externa y oferta de leña submodelo SELe.	173
Figura 62 :Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SELe.	175

Figura 63: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SELe.	177
Figura 64: Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SELe	179
Figura 65: Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SPF	182
Figura 66: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SPF.	184
Figura 67: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SPF.	185
Figura 68: Relaciones entre variables fase Dinero para la toma de decisiones estratégicas, submodelo STDE.	187
Figura 69: Relaciones entre variables fase: Fijación de expectativas relación beneficio costo, submodelo STDE	189
Figura 70: Relaciones entre variables fase Fijación de costos ex ante, submodelo STDE	192
Figura 71: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA	194
Figura 72: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA (continuación)	195
Figura 73: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA (continuación)	195
Figura 74: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA (continuación)	196
Figura 75: Relaciones entre variables fase: Determinación de superficie para cambio de uso de suelos, submodelo STDE	199
Figura 76: Sistema Cambio de uso de suelos (SCUS)	201
Figura 77: Relaciones entre variables fase Intercambio entre bosque nativo y praderas extensivas, submodelo SCUS	202
Figura 78: Relaciones entre variables fase Intercambio entre bosque nativo y praderas extensivas, submodelo SCUS	203
Figura 79: Priorización de flujos de salida desde pradera extensiva, submodelo SCUS	204
Figura 80: Determinación de flujo de entrada a pradera extensiva desde pradera intensiva, submodelo SCUS	207

Figura 81: Determinación de flujo de entrada y salida desde pradera intensiva, submodelo SCUS	208
Figura 82: Flujos bidireccionales entre pradera intensiva y agrícola, submodelo SCUS	210
Figura 83: Flujos de intercambio desde y hacia agrícola, submodelo SCUS	212
Figura 84: Superficie en uso de suelo pradera intensiva simulada y observada en hectáreas	218
Figura 85: Superficie en uso de suelo pradera extensiva simulada y observada en hectáreas	219
Figura 86: Superficie en uso de suelo bosque nativo simulada y observada en hectáreas	219
Figura 87: Superficie en uso de suelo bosque nativo simulada y observada en hectáreas	220
Figura 88: Superficie en uso de suelo agrícola simulado y observado, en hectáreas	221
Figura 89: Superficie de suelo agrícola simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios	223
Figura 90: Superficie de suelo en bosque nativo simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios	224
Figura 91: Superficie de plantación forestal simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios	226
Figura 92: Superficie de suelo pradera extensiva simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios	227
Figura 93: Superficie de pradera intensiva simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios	228
Figura 94: Cambio de usos de suelo años 2007 y 2024 en %	231
Figura 95: Cambio de usos de suelo años 2007 y 2024 en %.	233
Figura 96: Ingresos y beneficios per cápita comparados en escenario con y sin instrumentos de fomento productivo sectorial	235
Figura 97: Tendencias uso del suelo agrícola con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo.	235
Figura 98: Precio a productor y superficie agrícola con efecto de cambio climático e instrumentos de fomento productivo sectorial.	238
Figura 99: Tendencias uso del suelo bosque nativo con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo	239
Figura 100: Extracción de leña efectuada y demandas de leña en hectáreas	240

Figura 101: Tendencias uso del suelo plantación forestal con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo	242
Figura 102: Tendencias uso del suelo pradera intensiva con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo	244
Figura 103: Escenario sin instrumentos de fomento. Superficie de pradera intensiva, precio de la leche y carne a productor	245
Figura 104: Escenario sin instrumentos de fomento. Carga potencial y real en unidades animales por hectárea.	246
Figura 105: Escenario con instrumentos de fomento. Superficie de pradera intensiva, precio de la leche y carne a productor	247
Figura 106: Escenario sin instrumentos de fomento. Carga potencial y real en unidades animales por hectárea.	247
Figura 107: Escenario sin instrumentos de fomento. Tendencias de relación beneficio costo con rezago de un año versus superficie en el uso de suelo pradera intensiva.	248
Figura 108: Tendencias uso del suelo pradera extensiva con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo	249



## INTRODUCCIÓN

---

### **El problema de investigación**

Tradicionalmente, el estudio de las ciencias sociales y biológicas, han tenido distintos enfoques de análisis y en general no se ha realizado investigación que involucre las interacciones entre sistemas naturales y humanos. Sin embargo, recientemente se ha comenzado a reconocer la importancia de incorporar el impacto de los sistemas naturales o biológicos en el comportamiento humano y viceversa.

El estudio de las interacciones de sistemas humanos y naturales acoplados requiere de un enfoque de análisis que permita una visión sistémica y dinámica, de manera de poder incorporar la evolución de los sistemas en análisis y la evaluación de variables tanto biológicas como humanas como conductoras de modificaciones en el territorio y el paisaje. Ejemplo de variables humanas son la implementación de alguna política pública; y de variables naturales, las precipitaciones y temperaturas influenciadas por el cambio climático.

En Chile, la política pública orientada al sector rural se ha caracterizado de acuerdo al marco político imperante. A partir de los años setenta, con la dictadura militar, la acción del Estado se redujo a su mínima expresión y el sector silvoagropecuario no fue apoyado especialmente, en los ochenta, la política se orientó al sector exportador y la agricultura tradicional no se vió favorecida; en los noventa, con el regreso de la democracia y el reconocimiento de la diversidad en el mundo rural, se aplica con mayor fuerza varios instrumentos de política sectorial silvoagropecuaria. Estas actividades productivas son altamente dependientes de las condiciones climáticas imperantes ya que se realizan mayoritariamente en seco.

Considerando que en las decisiones del productor influyen conjuntamente variables de los sistemas: económico, político, biológico; cabe preguntarse: ¿será posible construir un modelo que incorpore variables de sistemas biológicos y humanos? Y ¿Qué este modelo interprete adecuadamente los cambios ocurridos en el paisaje en el sur de Chile, entre los años

1976 y 2007? Por otra parte, ¿Los instrumentos de política pública de fomento productivo aplicados en el territorio, entre los años 1976 y 2007, habrán sido relevantes en la modificación del paisaje? ¿Cómo se verán afectadas las decisiones sobre el uso de suelo de los productores, de seguir las tendencias observadas en el territorio y las proyecciones futuras del cambio climático? ¿Cuáles serán los cambios en el paisaje si prosiguieran los instrumentos de fomento productivo en el territorio y se presentan las tendencias proyectadas del cambio climático? ¿Cómo puede servir este tipo de modelos a los hacedores de política pública de fomento productivo? De acuerdo a lo anterior se plantean las siguientes hipótesis y objetivos de investigación:

### **Hipótesis y objetivos de investigación**

#### **Hipótesis 1**

Las relaciones entre variables socioeconómicas, de política y biológicas determinan la toma de decisiones sobre el cambio de uso del suelo de los productores de la zona de estudio durante el período 1976 -2007; siendo estas relaciones y en consecuencia las decisiones, posibles de modelar en un modelo de simulación dinámica.

#### **Hipótesis 2**

Los instrumentos de política de fomento productivo influyen directamente en la predominancia de usos de suelos beneficiados por ellos, tanto en el pasado reciente (1976-2007) como en el futuro (2008-2024).

#### **Hipótesis 3**

Ante un escenario de disminución de precipitaciones y elevación de temperatura en la zona de estudio y sin presencia de instrumentos de política de fomento productivo, usos extensivos de la tierra son los que predominarán en el futuro cercano (2008-2024) en la zona en estudio.

Los objetivos, general y específicos se detallan a continuación:

### **Objetivo General:**

Identificar las variables biológicas, socioeconómicas y de política que han determinado el cambio de uso de suelos en el sur de Chile ( $41^{\circ}30'$  y  $41^{\circ}54'$ ) en el período comprendido entre 1976 y 2007 y simular las tendencias pasadas y futuras del uso del suelo bajo distintos escenarios

### **Objetivos específicos**

- Identificar y describir los principales procesos que influyen el cambio de uso de suelo en el período 1976-2007.
- Identificar y describir los factores biofísicos, socioeconómicos y de política que determinan el cambio del paisaje y como impactan en un cierto plazo determinado.
- Diseñar escenarios de política y de cambios climático y simular sus impactos futuros sobre los usos dados al territorio de análisis en un horizonte temporal comprendido entre los años 2008 y 2024.

### **Alcance temporal, espacial y escala de la investigación**

La presente investigación analiza datos oficiales de la serie histórica 1976 al 2007 y proyecta escenarios futuros al 2024, siendo éstos el alcance temporal de la investigación.

La zona de estudio considerada, corresponde a la zona sur de Chile, específicamente al territorio comprendido entre  $41^{\circ}30'S$  y  $41^{\circ}54'S$ , zona que se encuentra incluida entre las ecorregiones amenazadas del mundo, según Dinerstein, et al (1995). Administrativamente corresponde a las comunas de Ancud, Calbuco, Los Muermos, Maullín, pertenecientes la primera a la provincia de Chiloé en la Isla de Chiloé y las tres restantes a la Provincia de Llanquihue, todas las anteriores forman parte de la Región de Los Lagos, en el sur de Chile. La escala de análisis es micro debido a que se considera como unidad básica al tomador de decisiones en un predio de la zona de estudio, donde las decisiones de la totalidad de los productores modelarán el paisaje a un nivel meso, correspondiente a las comunas en estudio.

### Aspectos Teóricos

#### 1. Teoría de Sistemas

##### 1.1 Sistema y modelo

Sistema proviene del griego sistema, de syn-histemi, que simplifadamente equivale a reunir (Cuadrado Roura, 2001). Un sistema es un conjunto de reglas o cosas que, ordenadamente, contribuyen a un fin. Esta definición dada por el diccionario de la Real Lengua Española, entrega los elementos básicos del concepto de sistema: existe un fin, existe un conjunto de cosas o normas y tal conjunto está ordenado (López y Martínez, 2000).

No obstante, la palabra sistema también puede aplicarse con un carácter más concreto a todo conjunto organizado de cualquier clase de cosas que se manejan para algo, o bien desde una perspectiva más formal, el término sistema designa todo grupo de objetos, que unidos, forman parte de un conjunto que funciona de manera interrelacionada, incluyendo las relaciones entre dichos objetos y las características que los enlazan con el conjunto (Cuadrado Roura, 2001).

Una misma realidad de estudio puede dar origen a distintos sistemas y un sistema puede ser representado por una gran variedad de modelos. Una “realidad” puede dar origen a distintos sistemas, debido a que “la realidad es compleja, una construcción social que dependerá del observador. Por tanto, para poder estudiarla con fines prácticos es necesario un proceso de simplificación o reduccionismo derivado del para qué o con qué objeto se quiere llevar a cabo un estudio en particular y en segunda instancia, se debe determinar el o los criterios se va a seguir en el proceso de simplificación. La elección de estos criterios obedece a un conjunto de factores subjetivos y objetivos del investigador” (López y Martínez, 2000).

Por su parte, los modelos son una representación simplificada de la realidad, pudiendo existir distintos tipos o clases de modelos, los cuales pueden ser desde una descripción lingüística de un sistema, vale decir, la formalización por medio de la palabra respecto de una realidad percibida por parte del observador en particular; o bien una representación matemática de la realidad por medio de la formalización de ella a través de ecuaciones y/o gráficos, donde la bondad de este último tipo de modelo depende de su capacidad para satisfacer los fines para los que fueron contruidos. Es por esto que, “la construcción de modelos, que expliquen la realidad, son una generación de conocimiento por si misma”<sup>2</sup>.

## 1.2 Características estructurales y funcionales de los sistemas

Los sistemas poseen ciertas características estructurales y funcionales. Dentro de las primeras se encuentran: los límites del sistema, los elementos, las relaciones entre ellos y las condiciones de exogenicidad o endogenicidad de los mismos, de acuerdo a los límites establecidos para el sistema en particular. En cuanto a las características funcionales, se observan los flujos, las válvulas, retardos y bucles de retroalimentación. (López y Martínez, 2000).

### Los Elementos

Son los componentes fundamentales del sistema. Un elemento es la representación simplificada de alguna característica de la realidad objeto de estudio, donde en esta representación existen menos elementos que en la realidad, siendo éstos una representación conceptualizada del mundo real.

Los elementos de un sistema son las variables y parámetros de un modelo. Una variable es la definición precisa y operativa de un elemento cuya magnitud varía a lo largo del tiempo, aunque excepcionalmente puede permanecer constante. Un parámetro es una magnitud

---

<sup>2</sup> Comunicación personal Sandra Marin

constante, es decir, una característica estructural en sentido estricto, donde la afirmación de constancia debe entenderse referida al período de estudio del sistema (Martin, J., 2008).

### Relaciones entre los elementos o redes de comunicación

Los elementos o componentes están interrelacionados. Un sistema no refleja las interacciones entre todos los elementos, sino aquellas más significativas para los fines concretos con que se esté elaborando el sistema.

Las relaciones entre elementos se convierten en los modelos matemáticos que reflejan las relaciones entre variables y parámetros. En general en los modelos matemáticos, las relaciones funcionales se escriben como ecuaciones de comportamiento y de definición (identidades). Los parámetros y la forma funcional (lineal, cuadrática, logarítmica, exponencial, etc.) constituyen la característica de la función. Los elementos endógenos son denominados variables dependientes, en tanto, los exógenos se llaman variables independientes (López y Martínez, 2000).

### Límites

Un sistema debe tener límites precisos, de tal manera que se pueda determinar sin ambigüedad si un determinado elemento pertenece o no pertenece al sistema. En buena medida, trazar el límite de un sistema es arbitrario y subjetivo, pero esto no quiere decir que no pueda hacerse con precisión. Para ello debe acotarse el “trozo” de realidad que se quiere estudiar (Martin, J., 2008).

### Endogenicidad y exogenicidad de los elementos

Una vez establecido el límite, se denominarán elementos endógenos a aquellos cuyos valores se determinan dentro del modelo y cuyo comportamiento está determinado por otras variables del modelo. Por el contrario, se denominan elementos exógenos a aquellos cuyos valores se determinan fuera del modelo, pero que deben ser considerados porque actúan sobre algún elemento endógeno. Naturalmente, existen muchos elementos externos que no son

tenidos en cuenta porque, o no actúan sobre el sistema o lo hacen de manera poco apreciable (López y Martínez, 2000).

### Flujos

Éstos pueden ser de materiales, de información, energía entre otros, que circulan entre las variables de estado. Esta circulación se realiza a través de las relaciones entre variables también llamadas redes de comunicación (Martin, J., 2008).

### Válvulas

También llamadas grifos controlan los diversos flujos existentes

### Retardos

Son los efectos producidos entre las discrepancias entre unidades de tiempo y velocidades de circulación de los flujos, esto es, cuando la relación funcional entre dos variables no opera instantáneamente, sino que experimenta demoras o retardos. Para referirse a este fenómeno se dice que se producen efectos retardados, inerciales o hereditarios entre variables. Este hecho debe ser tenido en cuenta cuando se establece la función entre las variables, para lo cual es preciso datarlas o fecharlas para expresar la diferencia de tiempo existente entre ellas (López y Martínez, 2000).

### Bucles de retroalimentación

También son llamadas cadenas de causalidad o influencias circulares entre los distintos elementos existen en el sistema de estudio. Es posible distinguir bucles de retroalimentación positivos y negativos, donde los primeros implican que dentro de la cadena de causalidad si crece o aumenta la variable principal crecerá la variable de flujo sobre la que influye y a su vez el crecimiento de la variable de flujo da lugar a un incremento de la variable principal. Un proceso como éste lleva a una expansión global. Si por el contrario la variable principal disminuyera, la variable de flujo disminuiría también y el proceso tendería a deprimirse (López y Martínez, 2000).

Los bucles de retroalimentación negativa, se caracterizan porque un incremento de la variable principal da a lugar también a un incremento en la variable de flujo, pero ésta incide negativamente sobre la variable principal. Un bucle de esta naturaleza llevará al sistema a un punto de convergencia o estabilidad temporal (Martin, J., 2008).

Cuando se producen simultáneamente bucles positivos y negativos suele ser imposible saber de antemano cual será el signo del resultado final. Además, el hecho de que operen combinadamente efectos retardados y bucles de retroalimentación da lugar, en ocasiones, a comportamientos no esperados o contra intuitivos. Por ello, una acción tomada sobre una variable con el fin de modificar otra dependiente de aquella puede acabar teniendo una repercusión no esperada sobre una tercera o sobre ella misma al cabo de un cierto intervalo de tiempo. También es frecuente que la acción de los retardos y bucles de retroalimentación lleven a un comportamiento oscilatorio de algunas de las variables del modelo (López y Martínez, 2000).

## 2. Enfoque sistémico

El enfoque sistémico consiste en analizar los sistemas a través de la descripción de sus partes y se entronca con una serie de metodologías a las cuales subsume o complementa. Esta basado en la Teoría General de Sistemas, cuyo objetivo es describir y presentar formalmente los sistemas. El biólogo L. Von Bertalanffy (1973), en 1954 acuñó el concepto de Teoría de los Sistemas Generales para referirse a la descripción matemática de los sistemas de la naturaleza. La teoría de sistemas de Von Bertalanffy es un subconjunto de la Teoría General de Sistemas.

Con una panorámica histórica pueden señalarse una serie de hitos en la evolución del pensamiento científico que conducen al enfoque sistémico. Como señala J.De Rösny (1975) estos hitos son cuatro, de los cuales, los tres primeros vieron la luz en el instituto Tecnológico De Massachusetts (MIT):

- En los años cuarenta, se establece una analogía entre el concepto de retroalimentación en la máquina y en el organismo vivo.



- En los cincuenta, aparece la biónica, la inteligencia artificial y los robots industriales
- En la década de los sesenta se produce la extensión de la cibernética a las ciencias sociales. El representante de este avance es el ingeniero J. Forrester
- Durante los setenta el químico I. Prigogine y el matemático René Thorn, logran un importante avance de los estudios de estabilidad estructural de modelos y teorías de bifurcaciones y catástrofes

En el estudio de los sistemas naturales se encuentran los clásicos modelos de crecimiento de poblaciones: exponencial, logístico, Lotka-Volterra. El modelo logístico (Figura 1), pesar de sus grandes simplificaciones derivadas de su origen exponencial (J.De Rösny (1975) ha sido ampliamente utilizado, tal como puede observarse en las citas y aplicaciones realizadas por Owen-Smith (2002); Martínez Alier (2000), Judson (1994); De Angelis y Gross (1992); Caswell (1989); May (1976) y May y otros (1974), solo por mencionar algunas.

Figura 1: Curva de Verlhust. El modelo logístico de crecimiento de poblaciones



Fuente: en base a Martínez Alier, 2000

Por otra parte, Cuadrado Roura, (2001) considera apropiada la definición de sistema, para el estudio de la organización de la vida política y económica de las personas debido a que las políticas económicas no se aplican en el vacío, sino dentro de un marco en el que previamente se han definido un conjunto de principios generales y reglas que orientan o fijan el desarrollo de la actividad económica y por otra parte debido a que este marco presenta en cada país o territorio notas distintivas y diferenciadoras, pero que en sus líneas básicas suelen

responder a un modelo más general, con determinados rasgos y principios comunes. Una aplicación interesante ofrece Duru (1988) quien sistematiza y analiza bajo este enfoque, la toma de decisiones de los productores agrícolas franceses. Las aplicaciones descritas reafirman la aseveración de López y Martínez, (2000), en cuanto a que una misma realidad puede dar origen a diversos sistemas y modelos.

Como se ha visto, el enfoque sistémico fue aplicado en un comienzo a la comprensión de sistemas naturales incluyendo desde los “prístinos” a los modificados por el ser humano para posteriormente el enfoque ser aplicado a las ciencias sociales, pero tradicionalmente los sistemas humano - sociales y sistemas naturales han sido estudiados y analizados separadamente (Acevedo, et al. 2008)

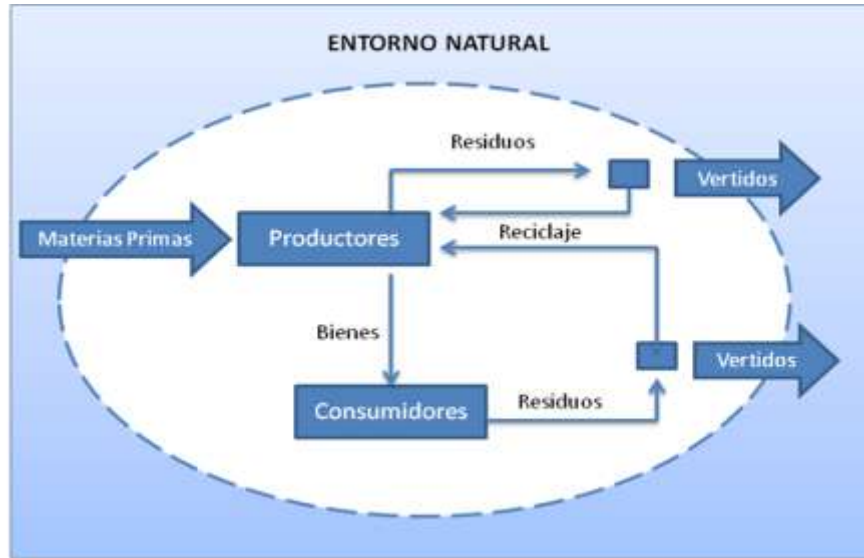
### 3. Estudios de la interacción de sistemas humanos y naturales

Por mucho tiempo las ciencias sociales y naturales han tenido distintos enfoques, en la actualidad ambas comienzan a reconocer la importancia de incorporar el impacto de la ecología en el comportamiento humano y viceversa (Evans y Morán, 2002; Kellert, 1997).

En la década de los setenta surge como área del conocimiento la economía de los recursos naturales y la economía ambiental, incorporando la preocupación por la interacción entre sistemas naturales y humanos. Ambas, incluyen el medio ambiente al sistema económico en que se encuentran insertas las sociedades, como se aprecia en la Figura 2 .

Para Dasgupta, (1996), debido a que todas nuestras actividades dependen en última instancia de la naturaleza, la actividad económica es sinónimo de apropiación y transformación de la misma, en beneficio de la satisfacción de necesidades individuales y sociales, y, también por ello, el crecimiento económico se traduce, necesariamente, en la disminución de los sistemas naturales autogestionados. Cualquier actividad económica es entonces, por su propia definición, una forma de gestión de la naturaleza.

Figura 2: el sistema económico y el mundo natural ampliado



Fuente: Adaptado de Field,B.(2000)

La economía de los recursos naturales se propone responder un conjunto de cuestiones relativas al modo en que la sociedad utiliza los recursos naturales para satisfacer las múltiples demandas (o exigencias) del sistema económico (Gómez, 1998) y en la aplicación de los principios económicos al estudio de las actividades que dependen de la extracción y utilización de los recursos naturales (Field, 2000).

Para Gómez (1998), esta disciplina pretende responder a dos grandes categorías de interrogantes, estrechamente relacionadas; la primera, perteneciente al mundo del llamado análisis positivo cuyo objeto fundamental es el estudio, la comprensión y la descripción de las complejas interacciones entre la sociedad y el medio ambiente; y la segunda, de carácter claramente normativo; se refiere a cuáles son los criterios generales, más o menos operativos, que deben guiar la gestión de los recursos naturales.

Entender la complejidad de las interacciones hombre-naturaleza es fundamental para la búsqueda del bienestar humano y la sostenibilidad ambiental global. Para comprender estas interacciones; científicos, planificadores, administradores de recursos, responsables políticos, y comunidades locales deben colaborar en un amplio rango de disciplinas del conocimiento con la

finalidad de comprender sistemas complejos a fin de resolver los urgentes problemas ambientales y sociales existentes en la actualidad (Carpenter, et al, 2009).

Un enfoque integrado de este tipo, que conlleva conocimientos detallados de diferentes disciplinas se conoce en la actualidad como el estudio de las interacciones acopladas de sistemas humanos y naturales (Liu, et al. 2007 a,b,c) o CHANS por sus siglas en inglés (**C**oupled **H**uman and **N**atural **S**ystems), estableciéndose formalmente un programa en esta área, el año 2007 en los Estados Unidos por la Fundación nacional de ciencias de ese país.

Lo que distingue el enfoque CHANS, es un reconocimiento explícito de que los sistemas humanos y naturales se acoplan a través de interacciones recíprocas, entendida como flujos (por ejemplo de materia, energía e información). El estudio estas interacciones, es de particular interés, para la comprensión de la retroalimentación, las sorpresas, no linealidades, umbrales, lapsos de tiempo (rezagos), los efectos de la herencia o cultura, dependencia y emergencia de trayectorias a través de múltiples escalas espaciales, temporales y organizacionales. Estratégicamente, el enfoque CHANS busca la comprensión de la complejidad a través de la integración de la comprensión de subsistemas constituyentes y sus interacciones. Operacionalmente, se trata de vincular submodelos para crear modelos acoplados capaces o representar subsistemas humanos (por ejemplo: económicos, sociales) y naturales (por ejemplo, hidrológicos, biológicos, atmosféricas, productivos) y, sobre todo, la interacción entre ellos (Liu, et al 2007a).

La integración de conocimientos de múltiples disciplinas, que implica esta estrategia, es fundamental para la comprensión de estos sistemas, pero es bastante difícil de lograr (Baker 2006, Baerwald 2009). Principalmente porque los investigadores procedentes del área de las ciencias sociales y naturales, han sido formados con enfoques, unidades y métodos de análisis diferentes al momento de analizar un objeto de estudio (Geertz, 1973; Lélé y Norgaard, 2005).

Por otra parte, sólo lo que se considera un modelo varía considerablemente entre las distintas disciplinas. Estos modelos de sistemas pueden incluir: esquemas conceptuales donde

se asignan relaciones y procesos entre sus componentes, modelos gráficos y analíticos, modelos numéricos con los parámetros hipotéticos o derivados empíricamente, simulaciones computacionales, modelado incluyendo a agentes o actores sociales, entre otros. El uso de diagramas de flujo y mapas conceptuales, proporciona una forma de simplificar enormemente la complejidad los sistemas de estudio, siendo útiles para la identificación de los componentes del sistema fundamental y sus flujos, las consecuencias de los vínculos entre los subsistemas, así como, facilita la comunicación entre los investigadores de distintas disciplinas. La construcción de un modelo conceptual compartido es un paso esencial en la investigación colaborativa e interdisciplinaria (Heemskerk, et al. 2003).

### **Aspectos Metodológicos**

Los aspectos metodológicos se dividen en tres partes principales, la primera da cuenta del estado del arte actual de las metodologías utilizadas para el modelamiento del cambio de uso de suelo; la segunda, aborda el análisis de sistemas y simulación dinámica; y la tercera parte, explica la metodología propuesta para la presente investigación

#### 4. Cambio uso de suelos y su modelamiento

Los humanos juegan un papel muy importante en las modificaciones que sufre el ambiente tanto a nivel local, regional y global. Una de estas modificaciones es el cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo, tanto a nivel regional como nacional e internacional. Algunas de las actividades humanas que repercuten sobre el ambiente son la remoción de especies nativas, modificación de ciclos hidrológicos, contaminación atmosférica, aérea y del suelo, deforestación, erosión, entre otros.

Cárdenas (2005) identifica factores antropogénicos directos e indirectos que influyen en el cambio de uso del suelo (CUS, de aquí en adelante). En los primeros se encuentran: la agricultura, ganadería, forestería y la minería y en los segundos: los derechos de propiedad y estructuras de poder, la densidad poblacional y nivel de desarrollo social y económico,

tecnología, fluctuaciones del mercado y las políticas de mercado. Vergara y Gayoso (2004) identifican a su vez, factores biofísicos tales como: la pendiente de los terrenos, nivel de precipitación, fertilidad de los mismos y en general las características geomorfológicas de los suelos, y socioeconómicos: accesibilidad (conectividad vial), bajos ingresos y/o pobreza de la población, acceso restringido a tecnología, distancia a centros de consumo y la densidad poblacional. Ambas tipologías de factores influyen, según Vergara y Gayoso (2004), en la manifestación de un determinado CUS.

Dentro de los CUS con mayor impacto, se encuentra la deforestación con fines agrícolas y/o con fines de expansión urbana. Estos CUS son tan prevalentes en todo el mundo, que su aumento afecta al tipo de cubierta y a los usos del territorio en tal magnitud, que representa un reto de dimensión planetaria (Houghton, 1994; Lepers, et al 2005; Moran y Ostrom, 2005; Ojima et al, 1994; Walker, 2004; Watson, et al 2004). Algunos efectos del CUS sobre el sistema natural son: la modificación acelerada de las propiedades de los ecosistemas, fragmentación del paisaje, remoción e introducción de especies – muchas veces introducidas o exóticas - alteración de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, erosión y elevación de los sedimentos en cuerpos de agua y cambios atmosféricos (Cárdenas 2005).

En la literatura es posible identificar distintos enfoques de modelamiento cualitativo y cuantitativo del CUS: modelos estadísticos empíricos, modelos estocásticos, modelos de optimización, modelos dinámicos de simulación (basados en procesos) (Turner et al., 2001) y recientemente el modelamiento de sistemas naturales acoplados (CHANS).

En un enfoque cualitativo, se encuentran los modelos analíticos cuyas características principales son su nivel de abstracción teórica sin inclusión de información empírica, basado en funciones matemáticas expresadas en forma algebraica. Estos modelos sirven para ayudar a determinar las implicaciones lógicas de los supuestos que se establecen. Los modelos empíricos corresponden a un análisis del tipo cuantitativo, ya que cuantifican la relación entre las distintas variables utilizando datos empíricos y métodos estadísticos, mientras que los

modelos de simulación utilizan parámetros basados en hechos estilizados tomados de diversas fuentes para construir escenarios y analizar el impacto de políticas

En cuanto a su naturaleza temporal, es posible clasificarlos en estáticos si los datos de entrada y salida corresponden a un mismo instante en el tiempo; y dinámicos, si la salida corresponde a un tiempo distinto al dato de entrada (Maguire 2005, Batty et al., 2005).

A nivel general, los modelos de cambio de uso de suelo actualmente existentes exhiben una excesiva especialización en los procesos matemáticos e informáticos, dejando de lado importantes aspectos como la justificación e implicancias sociales (Sui, 1998; Sudhira, Ramachandra *et al.*, 2004) y por lo general, se han orientado a la descripción espacial de procesos de CUS, pudiendo además orientarse a explorar los variados mecanismos que fuerzan los cambios de uso del suelo y las variables sociales, económicas y espaciales que conducen a esto; proyectar los potenciales impactos ambientales y socioeconómicos derivados de los cambios en el uso del suelo, y; evaluar la influencia de alternativas políticas y regímenes de manejo sobre los patrones de desarrollo y uso del suelo (Aguayo et al., 2006).

Por su parte, la escala de análisis es determinante de acuerdo al tipo de interrogantes que se quieran resolver. Escalas muy amplias, con altos niveles de agregación de información, no permitirán observar la variabilidad de las situaciones y sus relaciones. Escalas demasiado pequeña, pueden pasar por alto procesos significativos que ocurren a niveles más altos de agregación. No obstante, los resultados que se obtienen de analizar las causas inmediatas, es decir, cuando la unidad de análisis es menor, por lo general resultan mucho más concluyentes. Las principales escalas utilizadas en los modelos se dividen en escalas micro: individual, familiar y comunal; meso: municipal, estatal, y regional y macro: nacional y mundial.

Dependiendo de la escala, las diferentes variables pueden considerarse como endógenas o exógenas. En los niveles más desagregados (micro), los agentes deciden como asignar sus recursos en un contexto donde los precios, recursos iniciales y preferencias, las políticas, instituciones y alternativas tecnológicas, se encuentran determinadas exógenamente.

La mayoría de los modelos de pequeña escala ponen gran énfasis en variables geográficas o relacionadas con éstas, tales como el clima, la topografía, calidad del suelo, tipo de vegetación acceso a los caminos y los mercados, tenencia de la tierra, población, etc. Dentro de los modelos empíricos, las regresiones espaciales representan el tipo de modelo más común. Los modelos regionales poseen diversas características ecológicas, de estructura agraria, historia política, instituciones, relaciones comerciales, infraestructura y uso del suelo. En este nivel, algunos precios, instituciones y tendencias demográficas son endógenos. Debido a limitaciones en la información, la mayoría de los modelos utilizan municipios o estados como unidades de análisis incorporando también variables de tipo espacial. En cuanto a los modelos de escalas nacionales y globales, éstos ponen énfasis en la relación que existe entre variables subyacentes, los parámetros de decisión y la deforestación.

Los estudios efectuados en Chile, son descriptivos como el monitoreo del cambio en la cubierta del suelo realizado a gran escala, en regiones del sur de Chile (VII, VIII y X Región norte) (CONAF et al., 1999b; CONAF y UACH, 2000). Otro estudio descriptivo y relacional realizado por Lara et al., (1989) en el territorio comprendido desde los Andes hasta la costa de la VII y VIII región en Chile (35°-38° S) (escala de 1:100.000), determinó el índice de la tala de árboles de bosque nativo siendo la conversión a plantaciones de especies exóticas la principal causa de esta deforestación.

Análisis más recientes y comprensivos del cambio de uso del suelo fueron llevados a cabo por Echeverría (2005) y Echeverría et al., (2006), donde en base al análisis de imágenes satelitales de 23 años (1976-1999) se determinó patrones en la tala de árboles y la fragmentación producida en el bosque en la zona costera de Chile sur-central (X región). Además, por medio de un modelo espacial explícito basado en GIS y una regresión logística fue posible identificar factores biofísicos de la pérdida del bosque y predecir el nivel de presencia del bosque nativo en 2010 y 2020. Entre las limitaciones de este estudio, el autor reconoce que los factores identificados representan los “síntomas” de la pérdida del bosque, mostrando cómo la deforestación toma lugar en forma espacial y temporal en el paisaje, pero no explican los



factores subyacentes que conducen esos procesos. Tales factores subyacentes son el resultado de los procesos culturales y socioeconómicos que han estado modificando el paisaje del sur de Chile por muchas décadas (Echeverría, 2005)

De lo anterior se concluye, que los estudios realizados en Chile se abocan mayoritariamente al análisis descriptivo del cambio de uso de suelo en Chile, centrados en el bosque nativo, siendo algunos estudios correlacionales que han permitido identificar factores biofísicos y con ellos predecir la cobertura de este uso de suelo en el futuro. No obstante estos estudios no incorporan las interrelaciones del sistema natural estudiado con otros sistemas productivos - que compiten por el mismo recurso tierra- ni con el sistema humano: político, económico y cultural, de forma acoplada.

Al respecto, la evidencia empírica actual muestra que el cambio de uso del suelo se produce como respuesta a los incentivos económicos recibidos por los propietarios del suelo – o tomadores de decisiones- al visualizan oportunidades económicas (o apremios) con dichos cambios. En efecto, tal como plantea Lambin et al., (2004) las oportunidades y apremios para las nuevas utilidades del suelo son creados por los mercados, políticas, y las condiciones geográficas que conducen la creación de patrones específicos de cambio de uso de suelo.

La combinación de estas variables constituyen las causas inmediatas de la deforestación por ejemplo, ya que su efecto en los agentes es directo. Además, las fuerzas económicas, políticas, tecnológicas, sociales y culturales, constituyen las causas subyacentes de la deforestación, siendo estas causas subyacentes las que definen los parámetros de decisión. Finalmente, el mezclar estos dos niveles- causas inmediatas y subyacentes- puede crear serios problemas en los modelos de regresión (Maguire 2005, Batty et al., 2005; Lambin, 1997).

##### 5. Simulación dinámica

La simulación dinámica es una herramienta de modelado y simulación, que permite representar sistemas y simular comportamientos pasados y futuros. Un sistema es una percepción de la realidad que el simulador quiere representar y ésta puede ser diferente

dependiendo de los fines que se desee satisfacer. Una vez definido el sistema se construye un modelo que reproduzca su comportamiento global mediante el funcionamiento interrelacionado de los mecanismos parciales que lo componen, para así disponer de una herramienta que permita simular el impacto de distintas estrategias sobre las variables de interés.

Aunque el énfasis de este tipo de modelos no es la predicción propiamente dicha, sí permiten estudiar la evolución en el tiempo de las variables incluidas durante el período predefinido, que será aquel para el cual permanezca la validez de los supuestos empleados en la construcción del modelo (López y Martínez, 2000).

El estudio de los fenómenos puede abordarse desde el enfoque analítico o desde el enfoque sistémico. El enfoque analítico consiste en analizar con gran detalle las diferentes partes de un fenómeno. Este enfoque puede ser muy fructífero, pero tiene el inconveniente de que el conocimiento pormenorizado del problema puede llevar a perder la visión de conjunto. El enfoque alternativo, enfoque sistémico, analiza los fenómenos desde una perspectiva global, aún a costa de perder los detalles.

La herramienta de simulación dinámica es particularmente adecuada para estudiar la evolución de fenómenos dinámicos desde un enfoque sistémico, pero permite incorporar y entrelazar apartados o submodelos que describan con detalle las partes más relevantes del problema analizado. Así los modelos de simulación dinámica permiten utilizar de forma complementaria los enfoques analíticos y sistémicos y considerar tanto el detalle como el entorno relevante del problema estudiado (López y Martínez, 2000)..

Los modelos de simulación dinámica se representan de forma gráfica a través de diagramas que muestran las relaciones entre los distintos elementos del modelo. Tradicionalmente estas relaciones se han representado siguiendo la simbología propuesta por Forrester, no obstante los modelos pueden escribirse directamente en forma de ecuaciones y sus representaciones gráficas totales o parciales. Una vez construido el modelo puede ser simulado empleando un conjunto de supuestos diferentes cada vez, donde cada simulación

dará a lugar a una “imagen”, que es el conjunto de resultados originados de los supuestos empleados.

El campo de aplicación prioritario de los modelos de simulación dinámica son los sistemas complejos, con retardos, con bucles de retroalimentación. Esto se debe al hecho de que se trata de una herramienta lo suficientemente flexible como para permitir reproducir relaciones complejas entre variables e incorporar toda la información disponible. Además permite incorporar otras técnicas de investigación operativa, como la programación lineal o cuadrática, modelos econométricos, técnicas de optimización, entre otras.

La simulación dinámica tiene amplias posibilidades de aplicación tales como la gestión empresarial, economía sectorial, la planificación regional, evolución medioambiental, para predecir la evolución de determinadas especies o recursos en distintos escenarios, planificación urbanística entre otras (López y Martínez, 2000).

Grant y otros (2002) sistematiza y propone una metodología para la construcción de modelos de simulación dinámica, consistente en cuatro fases, coincidentes con la argumentación precedentemente descrita. Las cuatro fases del método son: desarrollo del modelo conceptual para el sistema del interés, desarrollo del modelo cuantitativo, evaluación modelo, y uso y simulación del mismo.

El desarrollo del modelo conceptual, delimita el sistema del interés y define los componentes del sistema que son necesarios de acuerdo a los objetivos de la investigación. Además describe los procesos principales observados en el horizonte de estudio previamente determinado, generando un modelo conceptual general, lingüístico que involucra los procesos principales y sus efectos. Una vez, determinado el modelo conceptual, los componentes del sistema son clasificados según su papel que cumplen en él, definiendo si son endógenas o exógenas, variables de estado, de flujo, conductoras del sistema (que lo afectan, pero que no son parte de él) y variables auxiliares (algebraicas, relaciones gráficas, índices, parámetros).

En el desarrollo del modelo cuantitativo se determina el modelo matemático que expresa las relaciones de causalidad del modelo, expresadas en ecuaciones modelo, y su correspondiente expresión gráfica: modelos y gráficos.

La evaluación del modelo consiste en analizar la bondad del modelo tanto en estructura y funcionamiento. Para tal efecto se realiza simulaciones donde sus resultados son comparados con la información existente relacionada de la serie de tiempo considerada. El análisis de la sensibilidad de parámetros principales y de relaciones funcionales es realizado durante la evaluación modelo, para determinar el nivel de la confianza que podemos esperar en las predicciones modelo.

El uso o aplicación del modelo, se centra en la definición de distintos escenarios los cuales son ingresados al modelo para simular y obtener distintos resultados posibles de acuerdo a los distintos supuestos definidos para su evaluación en un tiempo futuro.

## 6. La metodología propuesta

Para el presente estudio se plantea realizar un análisis de los sistemas humanos y naturales que influyen en la toma de decisiones de los agentes locales del territorio en estudio.

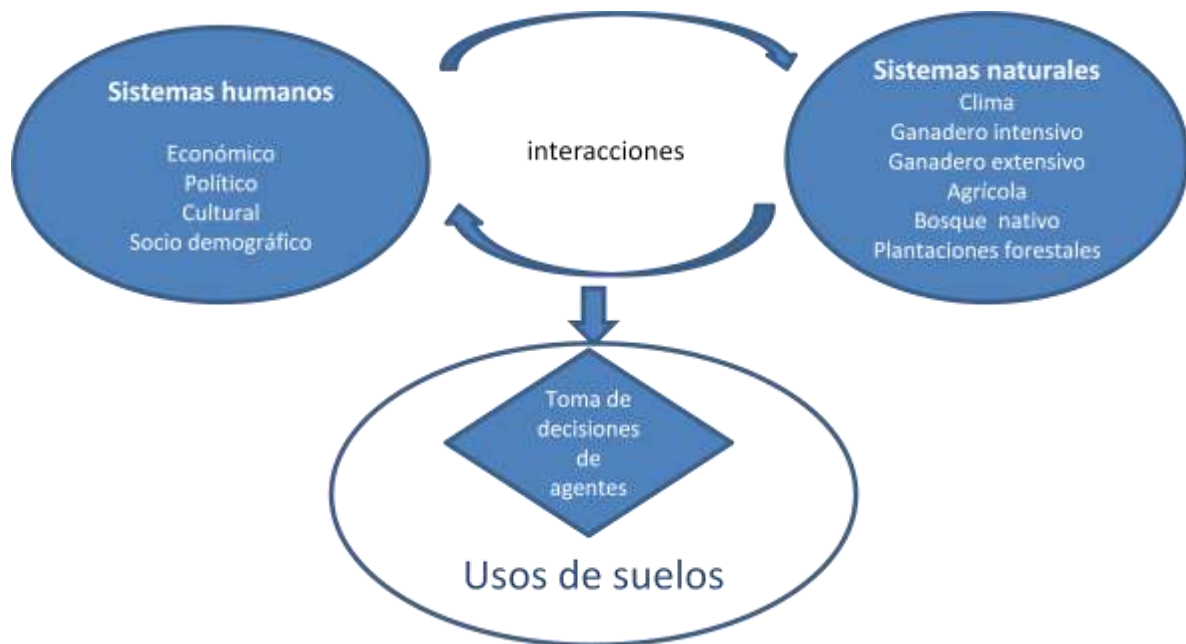
Dentro de los sistemas humanos se identifican: el sistema económico, en especial los tipos de mercados que enfrentan los productores silvoagropecuarios y las tendencias de precios de insumos y productos principales; el sistema político, enmarcándose en el sistema político económico imperante, sus políticas e instrumentos de fomento productivo que afectan la actividad silvoagropecuaria; el sistema socio cultural, con las principales características culturales y sociodemográficas de los habitantes de la zona de estudio.

Los sistemas naturales consideran la modificación de variables climáticas exógenas, para estos modelos, por efecto del cambio climático y que influyen en los sistemas productivos locales: sistema ganadero intensivo; sistema ganadero extensivo; sistema agrícola; sistema bosque nativo para la extracción de leña y sistema de plantaciones forestales exóticas.

Seguendo la metodología propuesta por Grant y otros (2002), una vez descritos los sistemas lingüísticamente, se procede a la construcción de los sistemas que integran los factores inmediatos y subyacentes señalados por Vergara y Gayoso (2004) superando las deficiencias de la mayoría de los modelos modelos CUS, señalados por Aguayo y otros (2006) siguiendo para ello la lógica de CHANS, señala por Liu, et al (2007 a,b,c), de sistemas integrados y acoplados, expresado gráficamente en la Figura 3.

La utilización de la simulación dinámica obedece por una parte, a superar los problemas detectados por Maguire (2005), Batty et al (2005) y Lambin (1997) de incorporar en un mismo modelado las llamadas causas o factores inmediatos y subyacentes y por otra parte, la flexibilidad de construir sistemas o submodelos que consideran enfoques analíticos de detalle que integrados permiten el análisis de conjunto del problema relevante de estudio, tal como lo señala López y Martínez (2000), bajo un enfoque sistémico de sistemas acoplados CHANS (Liu, et al 2007 a,b,c).

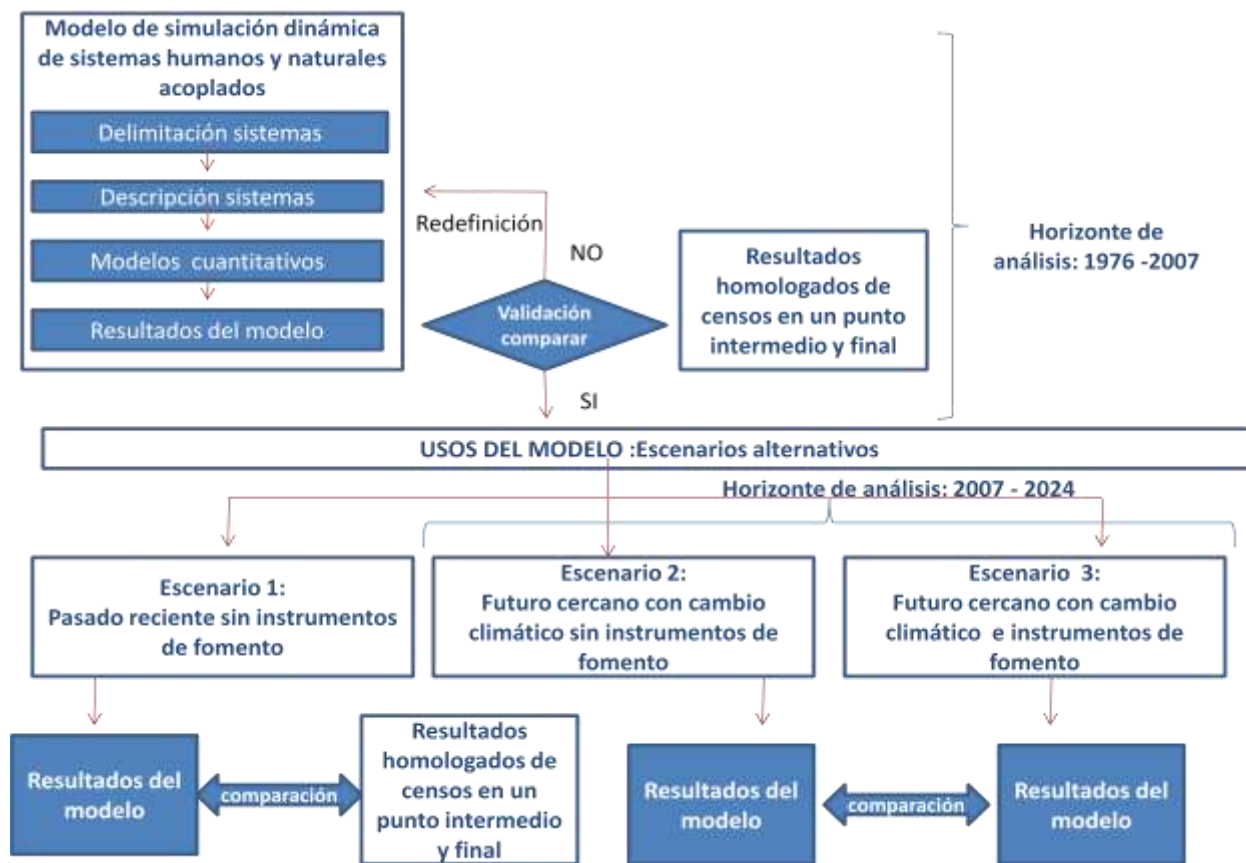
Figura 3: Sistematización base conceptual



Fuente: elaboración propia

Es así que los sistemas definidos serán expresados en modelos cuantitativos con su expresión matemática y sus correspondiente expresión gráfica (López y Martínez , 2000). La validación del modelo se realizará mediante la comparación de los resultados del modelamiento con lo observado en base a los censos silvoagropecuarios efectuados en la zona de estudio, debidamente homologados a las categorías de análisis de las variables de stock consideradas.

*Figura 4: Esquema de la metodología empleada*



Fuente: elaboración propia

En forma gráfica la metodología de la presente investigación se presenta en la Figura 4 . Finalmente, una vez validado el modelo, éste fue usado estableciendo para ello, tres escenarios de análisis: el primero para evaluar cuales hubieran sido las decisiones de los productores en el pasado reciente de no haber existido instrumentos de fomento productivo derivados de la

política pública instaurada; el segundo, para observar cual podría ser el resultado de las decisiones, al año 2024, de no continuar con la misma tendencia de política pública sectorial observada en el pasado reciente y el tercero, al año 2024 con la continuación de todas las tendencias del pasado reciente.

## SEGUNDA PARTE. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS HUMANOS

---

Presentar un breve análisis de los sistemas humanos involucrados en la presente investigación, de manera de ofrecer información contextualizada sobre los procesos observados en el horizonte de análisis del pasado reciente (1976-2007) y proyectar evoluciones al futuro cercano (2024), con especial referencia a la zona de estudio es uno de los objetivos del presente apartado.

Por otra parte, la revisión de literatura relacionada a los sistemas en estudio, permitirá definir los elementos que intervienen en la modelización de los sistemas humanos y naturales acoplados a realizar en la presente investigación.

Siguiendo el marco conceptual de los autores expuestos en la primera parte, es posible mencionar, que en el sistema humano influyen aspectos macroeconómicos, microeconómicos asociados a los mercados de productos e insumos silvoagropecuarios. A su vez, el marco político económico del país influenciará los tipos de política e instrumentos que afectarán directamente las decisiones de los agentes locales. Por otra parte, también influyen los aspectos socioculturales en las decisiones acerca de los recursos gestionados por los agentes.

Siguiendo las palabras de Maguire (2005), Batty et al (2005) y Lambin (1997), se describirán los factores directos y subyacentes que influyen la toma de decisiones pertenecientes al sistema humano, donde para efectos de la presente investigación se describirá como parte del sistema humano: el sistema político económico, en el cual se describirá las políticas implementadas desde 1973 al 2007 y los resultados alcanzados (los “medios” y “fines” de política para Cuadrado Roura. Una descripción de los orígenes y evolución sociocultural y demográfica se presenta en el sistema homónimo. Esta descripción permite comprender aspectos del sistema de toma de decisiones en una explotación silvoagropecuaria, sistema de toma de decisiones donde se revisa investigaciones realizadas al respecto en especial de la escuela europea, catalana y francesa.



## 1. Sistema político económico

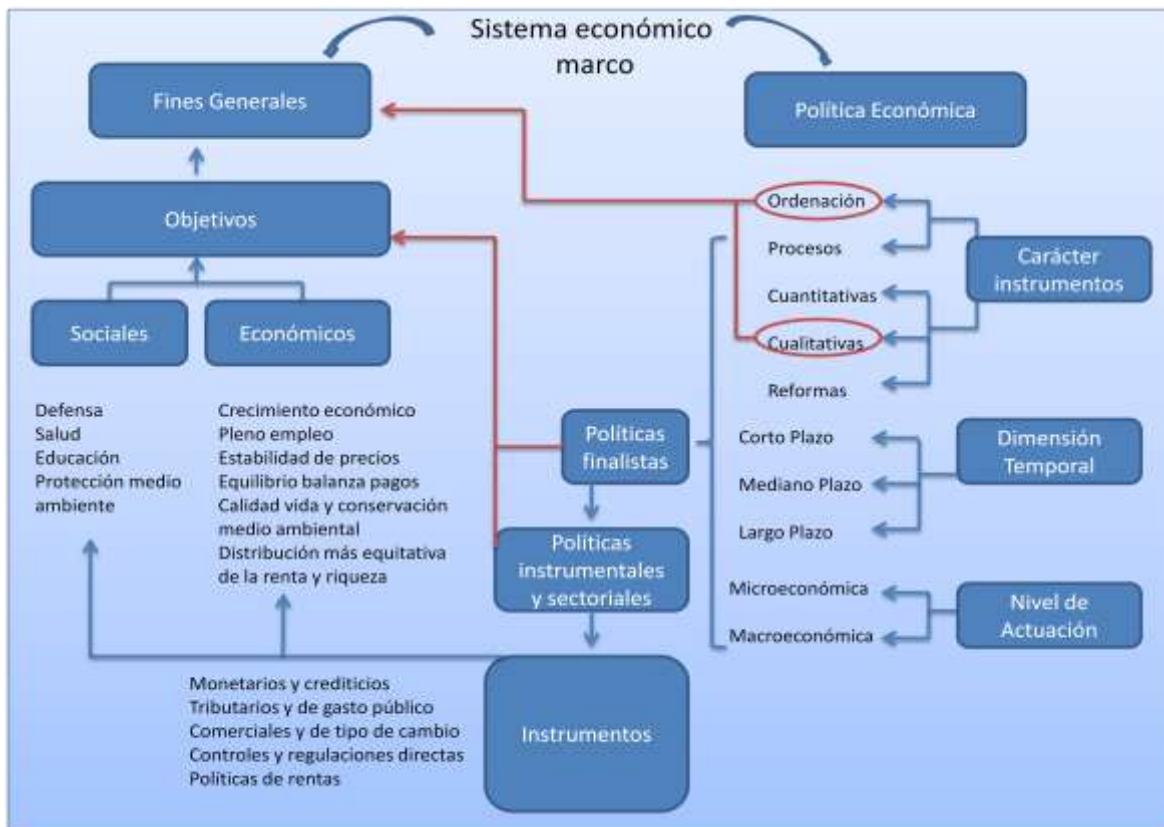
El sistema económico gira alrededor de las respuestas a tres preguntas claves: ¿qué producir?, ¿cómo producir? Y ¿para quién producir? Históricamente, las sociedades han puesto en práctica diversas respuestas a estas preguntas, de las cuales han derivado distintas formas de organizar la actividad económica, tomando como referencia un determinado modelo de organización, donde éstos se basan en un conjunto de principios esenciales que dan coherencia al modelo, pero también en la existencia o el reconocimiento de determinadas instituciones y en unas reglas, que con posibles variantes, regulan las relaciones entre los sujetos y el desarrollo de las actividades económicas propiamente dichas. ” (López y Martínez, 2000).

Cuando estas reglas e instituciones funcionan en base a la aplicación de determinadas medidas por parte de las autoridades para conseguir determinados fines, se habla de política económica. Se afirma que la política económica es siempre el resultado de una decisión de la autoridad y siempre es una acción deliberada por parte de dicha autoridad, incluso cuando aparentemente no se “hace” política económica y toma como referencia unos fines u objetivos deseados y para lograrlos emplea determinados medios o instrumentos. De hecho J. Thinbergen, (1956), afirmó que la “política económica consiste en la variación deliberada de los medios para alcanzar ciertos objetivos”.

De acuerdo Cuadrado Roura (2001) los fines generales de una política pública representan aquellos propósitos o estados que se quieren alcanzar en una sociedad en su conjunto, siendo ejemplos de ellos: el bienestar social y material, la igualdad, el respeto a las libertades individuales, entre otros. Los objetivos económicos-sociales son, en alguna medida, la concreción de los fines generales, ya que implican una cuantificación de lo que se pretende conseguir. Suponen, por tanto, una definición más precisa de sus componentes concretos y/o del ámbito del sistema económico de acción así como una definición de los sujetos de la medida y su temporalidad de aplicación.

Los objetivos de política económica son comúnmente separados en objetivos económicos tales como: el crecimiento económico, aumento o expansión de la producción de una economía; entre otros y los objetivos de carácter social, los cuales pueden ser muy amplios y en este bloque se integran normalmente todos aquellos objetivos que no son propiamente económicos, pero que por una parte, se orientan a mejorar o preservar el bienestar social y por otra, absorben una parte importante de recursos económicos de la nación, siendo esta última razón la principal para que estos objetivos sean considerados dentro de la política económica de un país. Ejemplos de ellos son la defensa, la seguridad interna y externa, la educación, la salud, la protección del medio ambiente y las ayudas a otros países. (Cuadrado Roura, 2001).

*Figura 5: Mapa conceptual fines, objetivos, política económica e instrumentos.*



Fuente: en base a diversos autores

Es así que para lograr los estados deseados o fines generales de política y los objetivos generales se hace indispensable el de disponer de “medios” o instrumentos de política

disponible. Su categorización depende de la relación entre estos medios y los fines que pretende alcanzar, pudiendo ser clasificados de acuerdo al carácter del instrumento propiamente tal; por su dimensión temporal, de acuerdo al nivel donde actuarán o si están dirigidos a un sector en particular (Figura 5). Finalmente en el Cuadro 1 y de manera ilustrativa, se presenta una sistematización de la taxonomía de la política económica de acuerdo a distintos autores con algunos ejemplos asociados.

**Cuadro 1: Taxonomía de la política económica**

criterio	Tipología	Contenido básico	Ejemplos
Por su orientación	Políticas de ordenación	Mantener/modificar el “marco” económico	Defensa de la competencia
	Políticas de proceso	Resolver problemas derivados del funcionamiento económico	Devaluación del tipo de cambio
Según instrumentos utilizados (Tinberger)	Políticas cuantitativas	Ajustar o adaptar la situación económica a los cambios producidos	Modificación tipo de interés del Banco Central
	Políticas cualitativas	Introducir determinados cambios estructurales sin afectar el “marco” económico	Reforma del sistema impositivo
	Políticas de reformas fundamentales	Cambiar total o parcialmente los fundamentos del sistema económico	Privatización de empresas y/o servicios públicos
Según el nivel de acción	Políticas macroeconómicas	Influir sobre determinados agregados macroeconómicos para conseguir ciertos objetivos	Incremento en el gasto público
	Políticas microeconómicas	Influir o alterar las decisiones individuales para modificar la asignación de recursos	Desgravación fiscal para un sector productivo
Según dimensión temporal	Políticas a largo plazo	Influir sobre determinadas variables económicas o conseguir objetivos para períodos de tiempo superiores a los 8 años	Programas educativos, de salud
	Políticas a mediano plazo	Influir sobre determinadas variables económicas o conseguir objetivos para períodos de tiempo entre 4 a 5 años	Mejoras en la dotación de infraestructuras físicas en áreas desfavorecidas
	Políticas a corto plazo	Influir sobre determinadas variables económicas o conseguir objetivos para períodos de tiempo no superiores a los 18 – 24 meses	Concesión de estímulos fiscales y crediticios para activar la demanda agregada

## 1.1 Los medios

En Chile, uno de los cambios más fuertes y característicos que marcaron la economía en el último cuarto del siglo 20, fue la implementación de políticas macroeconómicas de corte liberal que, con impactos adversos de corto plazo, pero profundos sobre la situación social del país, han sido el motor del crecimiento de la economía en estos años (De Gregorio, 2007; Edwards, 2000; Hausmann y Velasco 2007; Larraín y Vergara, 2000).

En cuanto a las políticas macroeconómicas concretas, la política fiscal se ha caracterizado por compatibilizar el gasto público con la capacidad de absorción del contexto económico agregado, al mismo tiempo de equilibrar el ingreso permanente y ahorrar los ingresos transitorios. Esto se ha acentuado a partir del año 2000, fundamentalmente gracias a la institucionalización del uso de la regla de superávit estructural. En cuanto a la política monetaria, los principales cambios durante los últimos doce años han buscado la consolidación del esquema de metas de inflación flexible, buscando comprometerse creíblemente con ella, la que se ha fijado en los últimos años en un rango de entre el 2 y el 4%. Por último, la política cambiaria muy errática en los 70s y 80s ha seguido un esquema de flotación, buscando así ser coherente con un esquema de integración financiera en el y del país.

Junto a esas políticas macroeconómicas, una serie de políticas microeconómicas se implementaron para transformar a la economía chilena de mercado, siendo ellas: la reforma comercial de los años 70s y complementada en los años 90s con los acuerdos de libre comercio que Chile firmó entre otros con México, Estados Unidos, la Unión Europea, Japón y sus países vecinos; y la reforma tributaria y cambiaria que buscaban la homogeneización y simplificación entre sectores y consumidores, amén de aspectos de eficiencia económica; la profunda reforma económica que transformó a un Estado empresario en un Estado regulador, especialmente en los 80s; las reformas de los 90s que tiñeron de social a la economía en cuanto a la focalización de las políticas contra la pobreza y la marginación; políticas sectoriales regulatorias en los 80s, de defensa de la competencia y de defensa de los consumidores en los 90s, entre muchas otras.

Dentro del contexto latinoamericano, Chile se ha mostrado como uno de los países de mayor estabilidad política-económica y de desarrollo democrático. Entre los avances más importantes podemos mencionar los tratados de libre comercio celebrados con importantes países desarrollados; el avance en materia de infraestructura mediante la aplicación del sistema de concesiones para grandes obras públicas; la reforma procesal penal; manejo prudente de las políticas macroeconómicas (fiscal, monetaria y cambiaria), una importante reforma al sistema de salud, entre otras.

Estos cambios se pueden clasificar en reformas de primera y segunda generación según Rodríguez y Saavedra (2008), pero de acuerdo a la literatura política alemana corresponden a políticas de ordenación (Ordnungspolitik) las primeras y a políticas de proceso (Prozesspolitik), las segundas. Lo anterior debido a que las primeras modifican las bases del sistema económico imperante en la época y que en nuestro caso nos movieron hacia una economía de mercado. La gran mayoría de ellas fueron introducidas en los años 70, posteriormente al golpe militar de 1973. Entre otras, las reformas introducidas se encuentran:

- La reforma del sector público, a partir del año 1975 cuando se aprueba la ley orgánica sobre administración financiera del Estado, a partir de la cual sólo el poder ejecutivo es el responsable de proponer el presupuesto anual, y el parlamento puede aprobar o reducir, pero no aumentarlo.
- Privatizaciones masivas<sup>3</sup>, en dos etapas: la primera, desde 1974 a 1982 y la segunda, desde 1985 hasta 1989. En el período completo se privatizaron cerca de 600 empresas; en la práctica en sus inicios la reprivatización de las empresas estatizadas por el gobierno de la Unidad Popular en los años 1971- 1973, para luego pasar a la privatización de empresas estatales creadas previo al año 1979 (Hachette y Lüders, 1992). En la segunda

---

<sup>3</sup> Principalmente ocurridas en la dictadura militar, no obstante según Rodríguez y Saavedra (2008), a partir del año 1991 se da inicio a la tercera etapa de privatizaciones, facilitado por la ley de concesiones, se impulsó la construcción y operación de infraestructura (aeropuertos, puertos y carreteras concesionadas a privados por el Estado). Asimismo, se traspasan al sector privado las empresas sanitarias, proceso que se inicia en 1996 con una nueva ley sanitaria.

etapa, tenían como objetivo reactivar la economía y absorber el alto desempleo existente, consecuencia de la crisis económica de los años 1982-1983

- Reformas al mercado de capitales, las más significativas fueron la liberalización de la tasa de interés y el fomento de la competencia en el mercado de capitales; posteriormente se agregó a esto la reforma al sistema de seguridad social<sup>4</sup>.
- Reformas a la seguridad social, en forma paralela a la liberación financiera, crisis y re liberalización con más controles, en 1980 se aprobó la reforma a los programas de pensiones para el sector civil de seguridad social, creándose un sistema basado en la capitalización individual de las cotizaciones obligatorias, en la administración privada de los fondos; sistema que vino a reemplazar al sistema de reparto que Chile había creado en los años 20s.
- Reformas tributarias, siendo las más significativas la que establece el impuesto al valor agregado (IVA) en el año 1975, en reemplazo del impuesto a la compraventa que obligaba a la tributación en cada transacción incluyendo los bienes y servicios intermedios (Arenas y Marcel, 1999)<sup>5</sup>; y en 1984, la reforma al impuesto a la renta reduciendo drásticamente el impuesto a la renta de las empresas y la integración con el tributo de la renta personal, que implica que los impuestos pagados a nivel empresarial constituyen un crédito para el impuesto a la renta personal. La literatura económica que analiza esta reforma demuestra que la reducción en la tasa impositiva aplicada a las utilidades no distribuidas fue uno de los gatilladores del crecimiento de la inversión y el crecimiento observado en Chile (Hsieh y Parker, 2001). Por otro lado, se argumenta que la nueva estructura impositiva influyó significativamente en el aumento del ahorro interno del país (Bennett, Loayza y Schidt-Hebbel, 2001).
- Reformas en materia comercial, estas reformas lograron transformar al país desde monoexportador y muy autárquico en otro multiexportador (aunque en materias primas principalmente) y abierto al mundo. Esta reestructuración del comercio internacional

---

<sup>4</sup> Una detallada revisión de estas reformas y sus consecuencias se encuentran en Valdés (1992)

<sup>5</sup> En el 2007 el 50% de los ingresos tributarios del fisco proviene del IVA

provocó un gran dinamismo en las exportaciones de Chile, con su consecuente efecto sobre el crecimiento de la economía.

A su vez, las llamadas políticas de proceso (Prozesspolitik) o Reformas de Segunda Generación, fueron introducidas parcialmente en Chile con la llegada de la democracia e incorporan todas aquellas acciones destinadas a resolver los problemas y desequilibrios específicos derivados del funcionamiento de la economía, incluyendo políticas sectoriales hasta las políticas de ajuste.

Entre ellas se encuentran aquellas destinadas a mejorar la calidad de las instituciones públicas, la introducción de un fuerte componente social en la economía de mercado, la sustentabilidad del desarrollo (institucionalidad ambiental), control del poder de mercado (institucionalidad de competencia), defensa de los consumidores y modernización del aparato estatal, entre otras. En rigor, no todas las reformas institucionales fueron introducidas desde el año 1990, sino que algunas como la independencia del Banco Central fue diseñada 10 años antes.

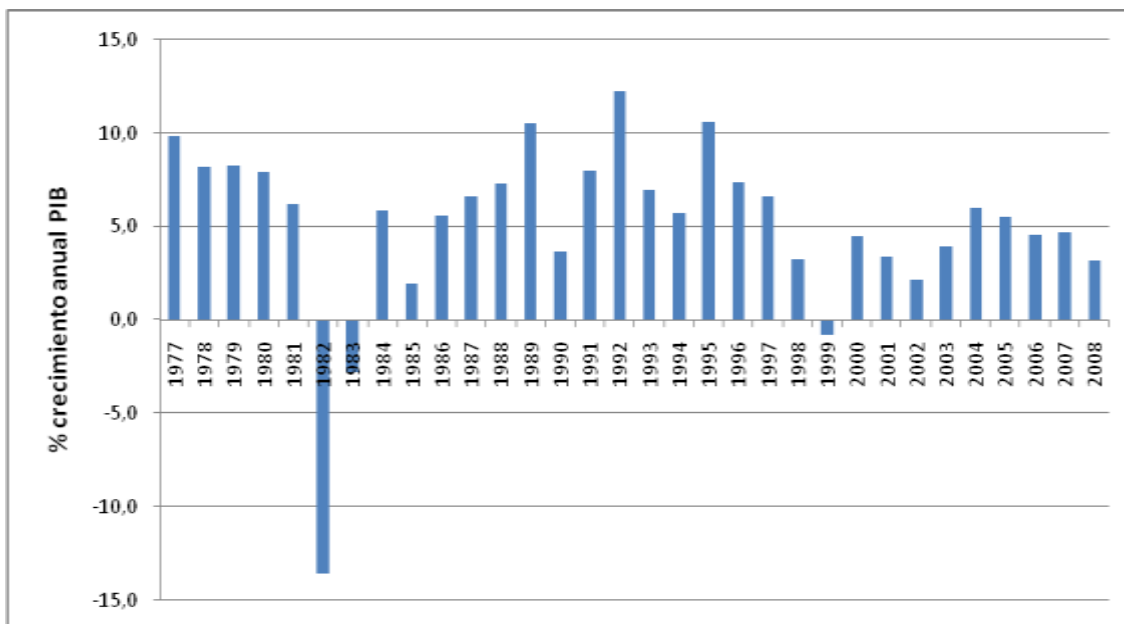
Durante el período 1990 a 2009, los respectivos gobiernos se han caracterizado por un fuerte y sostenido gasto social, particularmente en educación y salud, modificaciones tributarias más bien marginales, el desarrollo de una política fiscal austera y la consolidación de la apertura externa a través de una política de acuerdos comerciales. En lo que se refiere a la ampliación de los derechos ciudadanos, se aumentó el acceso a la justicia a través de la reforma procesal penal y asegurar derechos de protección social, régimen de garantías en salud, seguro de cesantía entre otros. Asimismo, se avanzó en la transparencia del sector público, mediante la implementación de un sistema de compras públicas.

## 1.2 Los fines generales y objetivos político sociales

La implementación de las políticas e instrumentos de política señalados, traen consigo efectos que son evidenciables en la actividad económica del país, el empleo, inflación, gasto público y balanza comercial, entre otros.

Respecto a la actividad económica, en la Figura 6, se aprecia claramente tres períodos: el primero, previa crisis bancaria chilena, desde los años 1977 a 1981; con una tasa de crecimiento del PIB descendente y un promedio de crecimiento de 8.1%; el segundo período post crisis bancaria y pre crisis asiática (1984-1997) con fluctuaciones variables y una tasa de crecimiento promedio del PIB de 7,1% y el tercer período post crisis asiática, con un promedio de crecimiento anual de 4.2%.

*Figura 6: evolución del crecimiento anual del PIB en Chile*



Fuente: elaborado en base a información de CEPAL (2009)

Entre los componentes que explican el dinamismo de la actividad económica en estas décadas destacan las exportaciones y la inversión interna bruta. En particular, en los últimos años el aumento de las exportaciones ha sido favorable debido al contexto de expansión de la economía internacional y, principalmente por los mayores precios de las materias primas, incluido el cobre.

De los sectores productivos, los más dinámicos en términos de crecimiento durante los últimos años han sido telecomunicaciones, electricidad y el sector comercio, éste último impulsado por las ventas minoristas. Es interesante notar, que salvo telecomunicaciones, no existe otro sector que domine al resto en el empuje de la economía. Esto es, Chile no muestra



un sector que sea especial motor de su crecimiento, sino más bien es la suma de dinamismos en varios sectores lo que explica la evolución de su principal agregado económico (Cuadro 2).

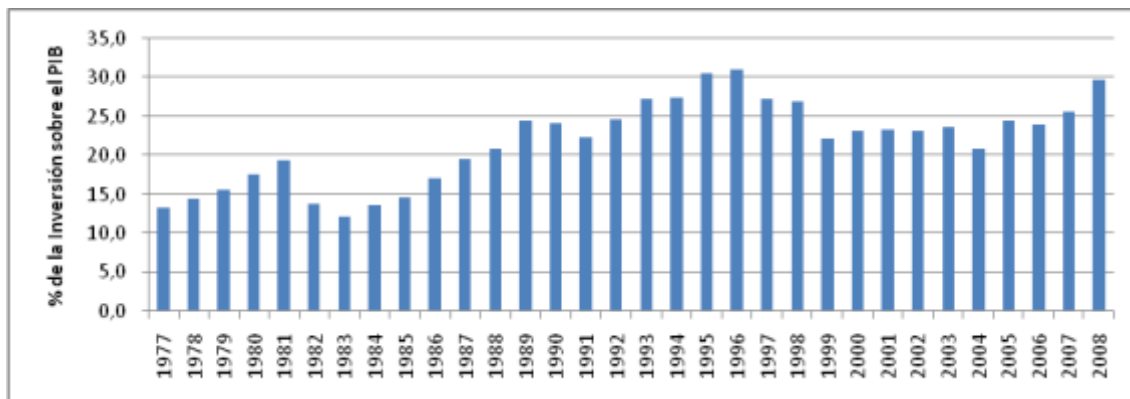
*Cuadro 2: Crecimiento por sectores económicos en Chile, % anual.*

ITEM	2004	2005	2006
PIB	6,0	5,7	4,6
Agricultura	7,6	8,2	5,4
Pesca	19,1	-0,9	-1,9
Minería	5,0	-1,5	0,1
Industria	7,2	6,4	2,5
EGA	3,7	5,2	7,4
Construcción	3,2	10,8	3,9
Comercio	6,7	8,1	5,2
Transporte	4,7	5,1	4,7
Comunicaciones	8,6	10,2	9,9
Serv. Financieros	8,5	7,7	5,1
Prop. Vivienda	2,6	3,2	3,4
Serv. Personales	3,4	2,9	3,0
Adm. Pública	2,2	3,6	3,5

Fuente: Elaborado en base a DIPRES (2007)

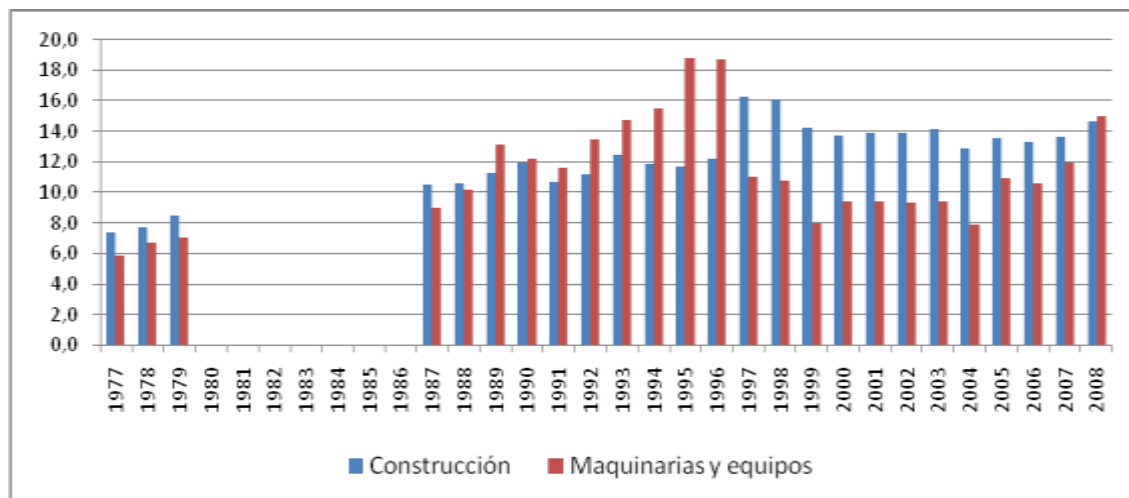
La inversión, post crisis de los años 80s, ha sido el determinante básico del crecimiento de largo plazo, mostrando una tendencia al alza a partir del período 1984 logrando su cima relativa en el año 1996, previo a la crisis asiática, teniendo la inversión sobre el PIB un porcentaje promedio en este período de 22.9%. Post crisis asiática, se observa un aumento de dicho promedio (24.3%), igualmente con tendencias alcistas (Figura 7).

*Figura 7: Inversión como porcentaje del PIB de cada año (1997 a 2008)*



Fuente: Cepal (2009) y Banco Central de Chile

*Figura 8: Inversión en construcción y maquinarias y equipos en % sobre PIB de cada año*



Fuente: Cepal (2009) y Banco Central de Chile

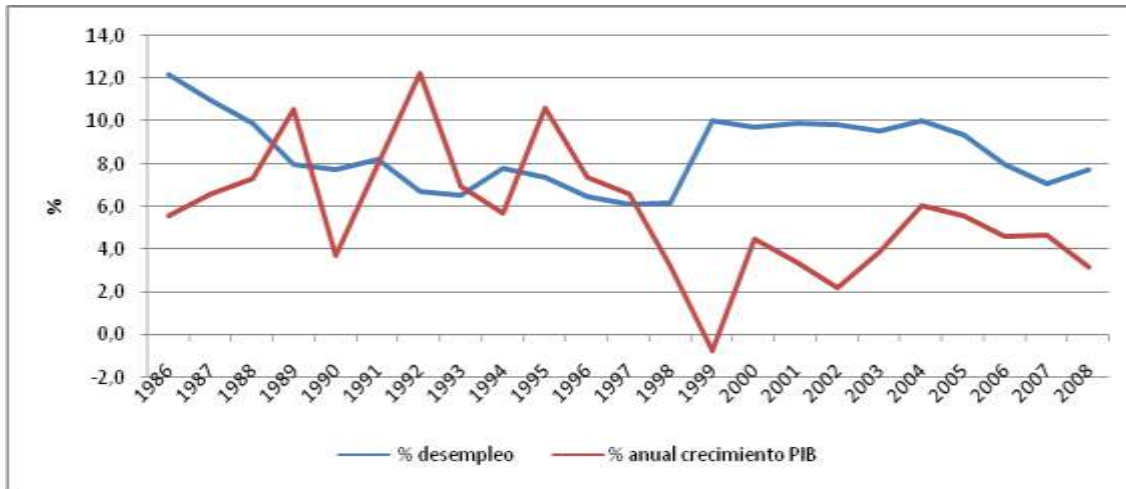
Al analizar la información disponible, se observa que en el primer período descrito, la inversión se concentra en maquinarias y equipos, siendo ésta superior en casi todos los años a la inversión en construcción; situación inversa ocurre previo, durante y posterior a la crisis asiática, donde la inversión se centra en la construcción, donde según datos disponibles para el 2008 ambos tipos de inversión prácticamente se igualan (Figura 8). Post crisis asiática la inversión cobró fuerza, llegando a alcanzar en su conjunto más del 24% del PIB; donde la construcción cobra relevancia, hecho que se explica por la materialización de grandes proyectos, tanto mineros como vinculados a las concesiones de obras públicas.

Unido a los vaivenes del PIB, la tasa de empleo muestra un comportamiento muy similar a éste. Luego de la profunda crisis financiera y real de inicios de los 80s, en donde la tasa de desempleo se empinó por sobre el 20%, ésta se mantuvo baja pero en dos dígitos durante toda esa década y sólo llegó a niveles de 6% en la década del 90s. Sin embargo, la desaceleración de la economía causada por la crisis asiática y problemas energéticos en 1998 elevaron la tasa de desempleo nuevamente a los dos dígitos, para caer muy lentamente a 6-7% a fines del 2006. Esta evolución se muestra en la Figura 9.

Si bien la tasa de desempleo en períodos de bonanza se ha situado en torno al 6%, su composición es muy dispar. En efecto, el desempleo es significativamente más elevado en los

jóvenes y en los trabajadores menos calificados, alcanzando el desempleo juvenil, niveles de tres a cuatro veces los niveles de desempleo de adultos sostenidamente durante los últimos veinte años (Coloma y Vial, 2003). Esta situación afecta negativamente las condiciones sociales de los más desposeídos, en particular por la desigualdad de oportunidades que genera, siendo así fuente de una creciente tensión social en el país.

*Figura 9: Desempleo anual y crecimiento PIB (% anual)*



Fuente: elaborado en base a datos de INE y Banco Central de Chile

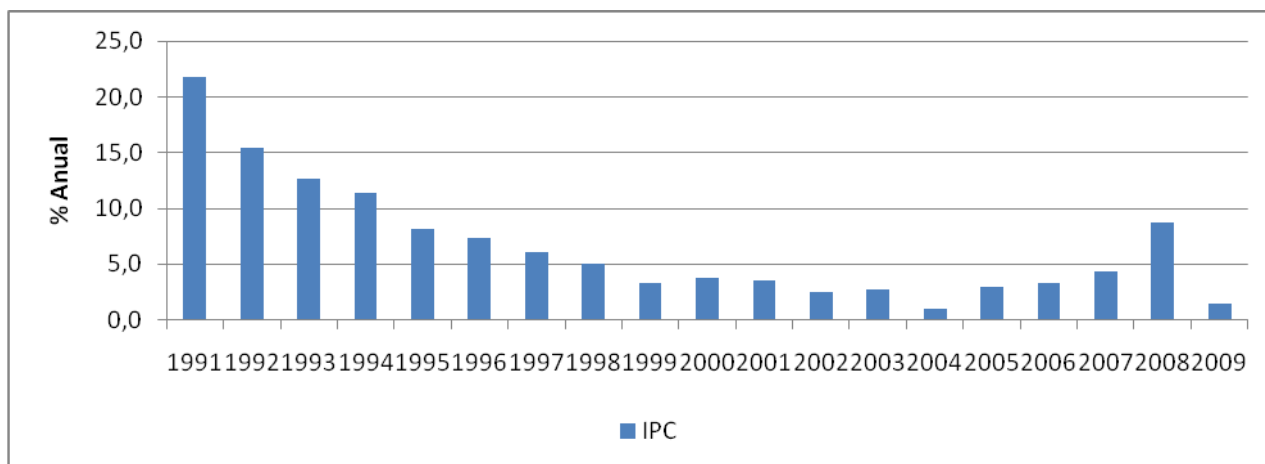
Una categoría importante para calificar la estructura de la economía de un país es la participación de los insumos productivos, principalmente la relación trabajo/capital en el producto. De acuerdo a información de la matriz insumo-producto del año 1996, la participación del trabajo alcanzaría sólo el 38% del producto. No obstante esta cifra, no incluye a los trabajadores por cuenta propia ni a los asalariados. Considerando a estos últimos y con información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) se tiene que la participación del trabajo habría oscilado desde el año 1990 en torno al 52% del PIB.

Adicionalmente, al descomponer el crecimiento de Chile de acuerdo a la contribución de capital, trabajo y productividad, según Fuentes, Larraín y Schmidt-Hebbel (2004), se tiene que la acumulación de capital fue el factor dominante que explica el (escaso) crecimiento entre 1961 y 1973; durante la dictadura militar, fue el trabajo el factor dominante en el crecimiento; mientras que desde 1990 a 2003, lo fue la productividad total de factores, siendo sus determinantes

factores cíclicos como las reformas estabilizadoras y estructurales; donde en períodos de mayor estabilidad el efecto de las reformas es más fuerte sobre el crecimiento de la productividad total de los factores.

Como puede observarse en la Figura 10, la tasa de inflación se ha mantenido con una tendencia a la baja desde 1991 al 2004, manteniéndose controlada en el período 1998 a 2006 dentro o muy cercano al rango meta fijado por el Banco Central de Chile, (entre un 2 a un 4% anual). A partir de mediados de 2006, la inflación comenzó a superar lo establecido por la autoridad, acentuándose en 2007, como reflejo principalmente de los shocks de oferta (precio de los combustibles y tarifas eléctricas) y de presiones internas de demanda. Con todo, en 2008 la inflación llegó al 8.7%, generando una fuerte política contractiva vía reducción de tasas de interés.

***Figura 10: Inflación en base al crecimiento anual del Índice de precios al consumidor en %.***



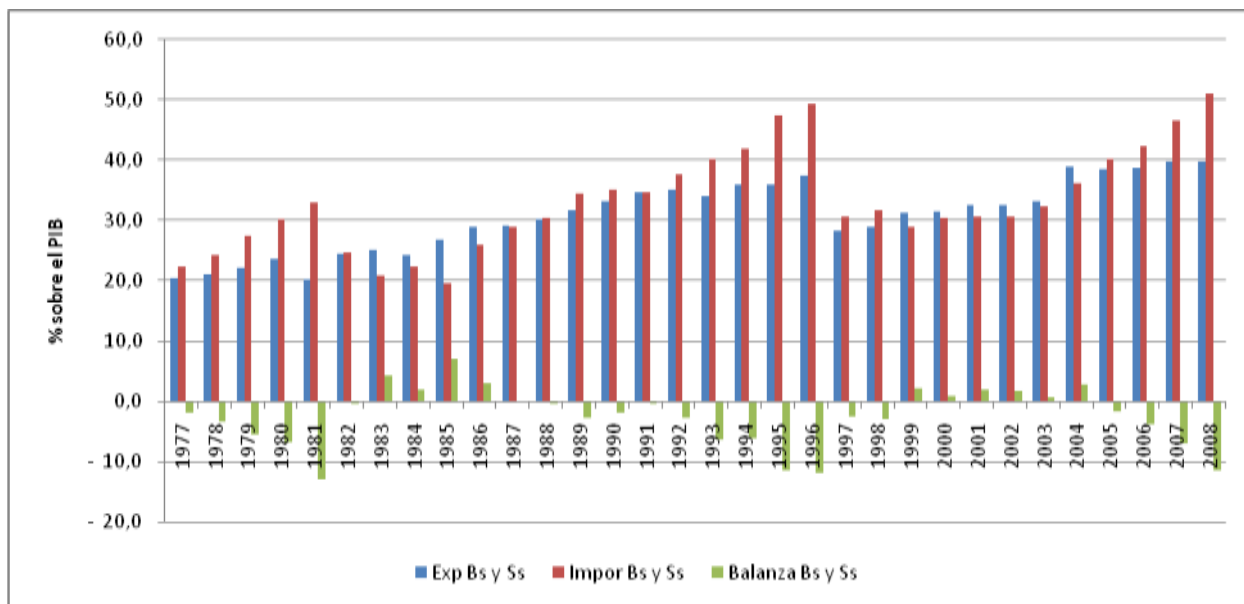
Fuente: Elaborado en base a INE y Banco Central de Chile

La reducción significativa del nivel de endeudamiento neto del Gobierno Central en Chile es un hecho que destaca sobre las cuentas públicas. Esto se debe a los altos superávits fiscales obtenidos como resultado de la aplicación de la regla del balance estructural. La deuda pública neta del Gobierno Central, incluyendo bonos de reconocimiento, muestra un perfil marcadamente decreciente desde el año 2002, pasando de una posición neta deudora de 26% del PIB en dicho año a tan sólo 1% del PIB en el 2007, fijándose como meta del superávit

estructural, un 0,5% del PIB. Según el Ministerio de Hacienda (2007), la implementación de la regla del balance estructural ha generado los siguientes beneficios para la economía chilena: sostenibilidad en el tiempo de las políticas públicas; acción contra cíclica de la política fiscal, reduciendo la incertidumbre respecto de la trayectoria de la economía en el mediano plazo; resguardo de la competitividad del sector exportador al sostener un tipo de cambio real más competitivo (en períodos de auge en el precio del cobre y de expansión sobre el PIB potencial).

El comercio exterior, medido como la suma de exportaciones e importaciones en valores absolutos, representa en promedio, en el periodo 1977 a 2008, el 64.2% del PIB de Chile, cuya evolución se muestra en la Figura 11.

**Figura 11: Exportaciones, Importaciones y Balanza de Bienes y servicios en % sobre el PIB de cada año:**



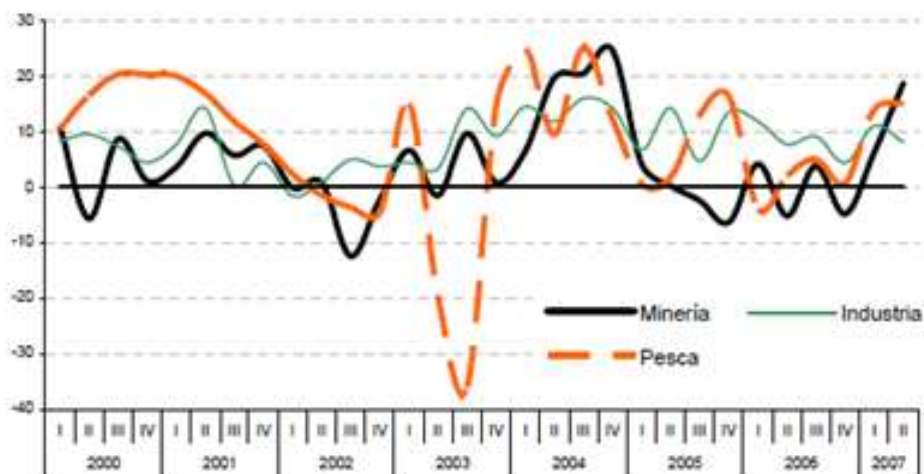
Fuente: Banco Central

Las exportaciones se componen en su mayoría de productos primarios, y aproximadamente 40% del total exportado corresponde a cobre, debido a aumentos en ventas y a los altos precios internacionales desde 2006, cercanos a máximos históricos, Después del consumo, los componentes más importantes del producto por el lado de la demanda son las

exportaciones y las importaciones. Ambas variables promediaron, durante el período 1995-2005, más del 30% del PIB cada una.

Los altos precios del cobre, ha llevado que las exportaciones mineras en muchos períodos lideren el dinamismo del sector chileno (Figura 12) siguiéndole las exportaciones de celulosa, pesca y de productos agrícolas, debido a los precios pero también al aumentos en la capacidad productiva. Por otra parte, la demanda doméstica ha mostrado una importante expansión incrementándose las importaciones de bienes y servicios, principalmente bienes de capital así como bienes de consumo durable, debido al creciente ingreso disponible y a la caída del tipo de cambio real en los últimos 3 años.

*Figura 12: Exportaciones por tipo de bien, % variación anual*



Fuente: Banco Central de Chile

### 1.3 Medios y fines de política en el sector silvoagropecuario. Período 1973-2007

El período de implementación de políticas de ordenación, esta marcado por dos premisas fundamentales: primera, “El crecimiento económico acelerado es suficiente para alcanzar el desarrollo”; y segunda, el considerar la apertura al exterior como motor del crecimiento. Los efectos principales de la implementación de instrumentos de políticas bajo estas premisas fueron observados en la propiedad de tierra y agua y en la política laboral.

En efecto, se establece el mercado libre de tierras con lo que se deroga la ley de protección a tierras indígenas, posibilitando que éstas puedan ser transadas en el mercado. Por otra parte, ocurre el proceso de “regularización de la Reforma Agraria”, restituyéndose a los antiguos propietarios más de 3800 predios de un total de 5809 predios expropiados en el gobierno anterior. En cuanto a la política laboral, se establece una nueva modalidad de empleo para el sector agrícola, el trabajo temporal, lo cual incrementa la inestabilidad laboral y estacionalidad del empleo, lo anterior junto a la no posibilidad de conformar sindicatos de trabajadores provoca un detrimento en la calidad del empleo agrícola.

En riego, ocurre una drástica disminución de la inversión pública lo cual condujo que la superficie bajo riego permaneciera prácticamente estancada en este período, a excepción de algunas grandes obras que son ejecutadas por inversionistas privados. Un aspecto relevante es el nacimiento del mercado de derechos de aprovechamiento de agua, donde el agua pasa a ser un bien de mercado separado de la tierra lo que produce en el tiempo un mercado especulativo de estos derechos y un perjuicio de la propiedad de la tierra ya que en algunos casos predios que contaban físicamente con fuentes de agua no podían hacer uso de ella ya que no contaban con sus derechos.

Por otro lado, la liberación de los mercados agropecuarios, producto de la reducción arancelaria, la privatización de las empresas del Estado (en 1980 quedan en manos del Estado sólo 43 empresas de las 500 empresas que controlaba en 1973) y la transnacionalización de los agronegocios provocó un fuerte impacto sobre ciertos sectores productivos tradicionales concentrándose las inversiones e innovación tecnológica en sectores fuertemente vinculados con la exportación.

Es así que al año 1978, 15 empresas controlan el sector forestal y el sector agroindustrial es manejado por 31 empresas, la mayoría de ellas asociadas a importantes grupos económicos de carácter familiar, como se observa en el Cuadro 3. En cuanto a la innovación tecnológica, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), deja la investigación relacionada a rubros tradicionales, manejados preferentemente por pequeños

productores, enfocándose la investigación hacia necesidades de medianos y grandes productores. Lo anterior, debido a la fuerte reducción presupuestaria del Estado para investigación, lo que obliga a investigadores a la búsqueda de nuevos recursos los que son proporcionados por productores/empresarios privados vinculados con la exportación.

Lo anterior bajo la premisa de que son las empresas quienes se deben procurar y acceder a la tecnología, donde el Estado financia sólo aquellas actividades donde el sector privado no es competitivo. Esto conduce a una importante brecha tecnológica entre los sectores productivos.

Otra institución estatal que suspende sus programas de transferencia tecnológica, es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), manteniendo su accionar solamente a aspectos de fiscalización. De la misma forma, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), disminuye su accionar a apoyo crediticio para el sector y la asistencia técnica es traspasada a manos de consultores privados. La Corporación para la Reforma Agraria (CORA) desaparece.

*Cuadro 3: Grupos económicos controladores en el área forestal y agroindustrial.*

Grupos de Control económico	Area Forestal		Area Agroindustrial	
	nº empresas	Patrimonio Millones de US\$	nº empresas	Patrimonio Millones de US\$
Cruzat- Larrain	5	270	8	205
Matte (Papelería)	3	176	2	26
Vial	1	57	4	39
Angelini	3	30	0	0
Luksic	2	13	1	9
Edwards	1	6	0	0
Transnacionales	0	0	4	47
Otros grupos	0	0	4	47
Nacionales	0	0	8	55
Familias y particulares	0	0	0	0
<b>Total:</b>	<b>15</b>	<b>552</b>	<b>31</b>	<b>428</b>

Fuente: Gómez, 1998



En cuanto a la política crediticia, en este período el sector privado es quién mayoritariamente toma esta responsabilidad, donde se establece una política de “no discriminación entre sectores productivos y por tanto, el sector agropecuario no accede a tasas preferenciales, esto provoca un acelerado endeudamiento que compromete el patrimonio de los productores silvo-agropecuarios.

Este período termina con el colapso del sistema financiero donde el gobierno interviene los principales bancos del país, acción que le cuesta al Estado US\$ 7.000 millones, 20 veces el PIB agropecuario de 1983.

Las consecuencias de las políticas instauradas en este período se resumen en los siguientes resultados: Endeudamiento equivalente al 17,2% del PIB en 1981, la deuda externa se triplica de 4 a 12,5 mil millones de dólares entre 1974 y 1981; el desempleo se duplica alcanzando un promedio de casi 14% en el período 1975 y 1982. El desempleo a finales de 1982 alcanza cifras cercanas al 30%

Desde 1984 -1989, las orientaciones macroeconómicas se vinculan principalmente a apoyar al sistema financiero, con una fuerte intervención y recursos del Estado. En cuanto a políticas sectoriales silvoagropecuarias, éstas se concentran en la estabilización de precios, fomento a las exportaciones y desarrollo tecnológico, pero con un nuevo matiz: los fondos concursables.

La estabilización de precios se instaura para productos sensibles, principalmente trigo y remolacha para la producción de azúcar, estableciéndose además poderes compradores del Estado como Comercializadora de Trigo S.A. (COTRISA).

El fomento a las exportaciones esta dado principalmente por dos instrumentos: la recuperación de los derechos de importación de materias primas a favor de los productores y por el subsidio directo a las exportaciones de productos no tradicionales a partir de 1987. Lo anterior implicó el reintegro simplificado a las exportaciones menores a US\$ 2,4 millones, donde dichas exportaciones podían recuperar los derechos de importación pagados por materias

primas e insumos y el reintegro del 10% a rubros no tradicionales para exportaciones por un monto menor o igual a US\$ 10 millones anuales.

Respecto a la política de desarrollo tecnológico, ésta continua con la misma tendencia a la reducción de la participación del Estado en forma directa, pero en este período se incentiva la generación de investigación y tecnología por medio de la instauración de distintos fondos concursables, tales como: Apoyo a la constitución de Centros de Transferencia Tecnológica, Estudios de preinversión para escalamiento productivo de proyectos de innovación, Financiamiento de Capital Semilla, Financiamiento de infraestructura tecnológica, Financiamiento de proyectos de innovación tecnológica empresarizables, Financiamiento para la creación de incubadoras de Negocios, Financiamiento para proyectos de innovación tecnológica, Financiamiento para proyectos de transferencia tecnológica asociativa y Fondos de Desarrollo e innovación, entre otros.

Con la llegada de la democracia a Chile (1990), las directrices fundamentales del modelo del gobierno anterior se mantienen, esto es: la apertura económica es clave para el desarrollo y se continúa asignado un claro e importante rol al mercado y a la empresa privada. Pero el gobierno incorpora además el concepto de “equidad” como objetivo fundamental al proceso de desarrollo.

La incorporación de este concepto en las políticas públicas relacionadas con las zonas rurales del país, implica un fortalecimiento de este segmento, asumiendo la heterogeneidad del sector agropecuario, reconociendo la coexistencia e incluso grados de vinculación entre los distintos actores sociales participantes, tales como: complejos agroindustriales, empresarios modernos y tradicionales, pequeños productores integrados a las cadenas agroalimentarias actuales y por tanto, al mercado, pequeños productores con potencial agropecuario y aquellos sin potencial agropecuario y que desarrollan una agricultura de subsistencia, donde es necesario buscar otras alternativas para la superación de la pobreza y asalariados rurales.

Teniendo en cuenta la complejidad del mundo rural y sus interrelaciones urbano-rural, se sigue manteniendo políticas e instrumentos para la inserción de la agricultura en los mercados internacionales, la estabilización de precios, apoyo a la competitividad por medio del apoyo al mejoramiento de la infraestructura de riego, recuperación de suelos degradados y a los rubros más vulnerables y el fortalecimiento a la continua inserción de rubros en expansión.

El período 2000-2009, tiene como eje orientador las directrices estratégicas dadas en: “Una política de Estado para la Agricultura Chilena”, política oficial del Ministerio de agricultura de Chile. En ella básicamente se plantea el fortalecimiento de instrumentos en 7 líneas de acción prioritarias:

- Confianza y seguridad para los productores agrícolas, con la instauración de diversos instrumentos como el seguro agrícola, entre otros.
- Desarrollo de Mercados, involucrando la inserción en nuevos mercados como la incorporación de la concepción de “cadena agroalimentaria” y apoyo a cluster
- Mejoramiento de la productividad de los recursos naturales, con instrumentos como incentivos para la recuperación de suelos degradados
- Desarrollo de la competitividad, por medio de fondos concursables de Investigación y Desarrollo
- Agricultura Limpia – Agricultura de Calidad, constitución de mesas de trabajo público privado para la conformación de acuerdos de producción limpia y de buenas prácticas
- Desarrollo forestal
- Un nuevo mundo rural, basado en un reconocimiento a la complejidad de éste y de sus interrelaciones con actores de lo urbano y rural y la diversidad de estrategias de sobrevivencia y de superación de la pobreza.

#### 1.4 Principales instrumentos de política sectorial silvoagropecuaria

A partir de la década de los 90, los Servicios públicos vinculados al agro, cambian su lógica de acción en el mundo rural. Desde una, en la que la autoridad buscaba a grupos de “beneficiarios” para la aplicación de instrumentos/programas, a otra en que son los “usuarios” los que demandan instrumentos/programas que les satisfagan sus necesidades; ofreciendo las instituciones públicas, una variada oferta de instrumentos específicos y flexibles. Los programas e instrumentos, por tanto, tienen carácter nacional, ya que son los usuarios los que seleccionarán aquellos programas/instrumentos que mejor den cuenta de sus necesidades. Esta lógica se encuentra vigente hasta la actualidad.

##### *1.4.1 Sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados*

El sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados (SIRSD) es un programa del Ministerio de Agricultura de Chile; fundamentalmente el programa entrega recursos financieros para que los productores agrícolas realicen acciones que les permita mejorar el estado de degradación que presentan los suelos en Chile. Este programa tiene sus orígenes en el Programa de Recuperación de Suelos Degradados (PRSD), el cual se inicia en marzo de 1995, donde el Ministerio de Agricultura mediante el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) e Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) aplicó una serie de medidas para apoyar el proceso de transformación de la agricultura y en el caso de este último organismo, estas medidas se implementaron principalmente a través del Programa de Establecimiento y Mejoramiento de Praderas a partir del mismo año (1995), siendo utilizado como un instrumento de apoyo a la ganadería del sur de Chile. En el caso del SAG, el programa comienza a operar en el año 1996.

En el año 1997, a través del D.L. N° 24, nace el Plan de Recuperación de la Productividad de los Suelos, en reemplazo del anterior, y se constituye como una de las herramientas más importantes para estimular y promover el desarrollo de la pequeña agricultura campesina y la conservación de la fertilidad de los suelos. En el año 1999 el programa toma el

nombre actual: Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD); el que se dictaminó a través de un Decreto Ley (D.L. N° 235), determinando la renovación de la bonificación a la recuperación de los suelos degradados por un plazo de 10 años, es decir, este programa estuvo en vigencia hasta noviembre de 2009<sup>6</sup>.

El programa SIRSD estaba conformado por distintos componentes, los cuales se diferencian por las obras implicadas en cada uno de ellos (DFL. N° 235 Refundido). En su momento, los componentes de dicho programa eran seis: programa de fertilización fosfatada (PFF); programa de enmiendas calcáreas (PEC); programa de recuperación de praderas (PRP); programa de conservación de suelos (PCS); programa de rehabilitación de suelos (PRS); programa de mejoramiento y conservación de suelos mediante rotación de cultivos (PRC), los cuales se encontraban disponibles para todos los productores agrícolas del país.

Los incentivos que otorgaba INDAP -para el período de análisis del presente estudio- se asignaban directamente, de acuerdo a la demanda de los usuarios o mediante un sistema de selección de postulaciones, sólo para quienes acrediten la calidad de pequeño productor agrícola.

La participación de los agricultores en el programa es voluntaria y se definen mediante un proceso de postulación, con criterios que definen la adjudicación - de conocimiento público- otorgando el beneficio a aquellos postulantes con mayores puntajes. La mayor parte de ellos son productores agrícolas que participan de otros programas del instituto, siendo incluso éste un requisito -no excluyente- de ser beneficiario.

El servicio agrícola y ganadero, localiza su atención en aquellos productores que no son usuarios del Instituto de Desarrollo Agropecuario y poseen gran similitud en el proceso de asignación a excepción de que el SAG, no privilegia ni participa en el financiamiento de créditos para la actividad agropecuaria como lo hace INDAP con otros instrumentos complementarios

---

<sup>6</sup> Posterior al SIRSD, entró en vigencia el Sistema de Incentivos Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SISASA) el cual se encuentra activo hasta la actualidad.

A nivel nacional, la distribución porcentual de los usuarios del programa entre 1996 y 2000, muestra que el componente de recuperación de praderas (PRP) es el más demandado, siendo entregado a un 44% de los productores que participaron en el programa. En segundo lugar se encuentra el componente de fertilización fosfatada (PFF) el que se entregó a 28% de los mismos.

En el último tiempo ha cobrado especial relevancia el componente de conservación de suelos (PCS). En cuanto a la distribución regional del programa, hasta el año 2000, la mayor parte de los recursos se concentraba en las regiones del Maule y de Los Lagos, con el 91% de los recursos destinados a estas dos regiones, con especial énfasis en la Región de Los Lagos, en donde se concentran cerca del 50% de los recursos del programa entre los años 1996 y 2000.

Según el Cuadro 4, se observa que para la zona en estudio, el programa parte efectivamente el año 1999, donde en promedio para los años considerados para este efecto (1999 a 2007) se observa que las hectáreas reales bonificadas han seguido una tendencia al descenso.

Esto se explica por que las mismas hectáreas físicas pueden ser sujetas de bonificación por uno o más componentes del programa SIRSD. En efecto, normalmente el componente de enmienda calcárea puede emplearse en conjunto con la fertilización fosfatada para actividades agrícolas y así mismo estos componentes pueden ser utilizados conjuntamente con el incentivo de praderas para la recuperación de praderas permanentes (uso praderas intensivas en este estudio).

Del mismo cuadro se desprende, que el componente más utilizado en la zona de estudio es el de fertilización fosfatada (50,29 % de la superficie que ha accedido al programa a hecho uso de este componente); en segundo lugar, enmiendas calcáreas (30.37%). El mayor uso de los componentes antes señalados, se explican por las características típicas de los suelos ácidos y deficitarios en fósforo lábil en los suelos de la zona. El tercer componente utilizado es

el de praderas (23,89%), luego recuperación de suelos (9.04%) y conservación de suelos (6.79%).

Cuadro 4: Incentivos entregados en el programa de recuperación de suelos degradados

año	Total ha reales	Total usuarios	Representatividad hectáreas con incentivo y el territorio de la zona de estudio											
			Fertilización Fosfatada		Enmienda calcárea		Praderas		Recuperación de suelos		Conservación de suelos			
			ha	% estudio	ha	% estudio	ha	% estudio	ha	% estudio	ha	% estudio		
1999	11851,7	2704	4.770	1,16	1.413	0,3	8.663	2,1	1332,15	0,3	0	0,00		
2000	13609,5	4132	6.288	1,53	944	0,2	4.700	1,1	1680,05	0,4	0	0,00		
2001	11181,0	4678	6.600	1,61	862	0,2	2.252	0,5	1470,4	0,4	0	0,00		
2002	11835,0	3561	7.189	1,75	1.918	0,5	1.097	0,3	1414,6	0,3	228	0,06		
2003	11345,9	3807	4.937	1,20	5.326	1,3	717	0,2	662,2	0,2	175	0,04		
2004	10834,0	2985	4.117	1,00	4.544	1,1	1.412	0,3	694	0,2	909	0,22		
2005	8494,0	2654	4.198	1,02	4.381	1,1	1.302	0,3	545	0,1	1.678	0,41		
2006	7265,0	2162	5.360	1,30	6.430	1,6	1.333	0,3	275	0,1	2.434	0,59		
2007	6413,0	1395	3.224	0,78	2.376	0,6	702	0,2	318	0,1	878	0,21		
prom	10.314	3.120	5.187	1,26	3.133	0,76	2.464	0,6	932	0,23	700	0,17		
Representatividad por componente (%):					50,29		30,37		23,89		9,04		6,79	

Fuente: elaborado en base a información oficial entregado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario. Ministerio de agricultura de Chile.

Al analizar la cobertura de este programa, en consideración a la superficie total del territorio analizado, ésta no supera el 4% - como es posible apreciar en el cuadro anterior. No obstante, al analizar la cobertura de los incentivos a la actividad agrícola en comparación a la evolución de la superficie estimada para cada año, se estima que el incentivo para la actividad agrícola posee una cobertura promedio del incentivo de un 19,06% para los años en que existió.

#### 1.4.2 Fomento al sector forestal

El sector forestal chileno ha logrado un importante desarrollo en las últimas décadas basado principalmente en la generación y aprovechamiento de bosques de rápido crecimiento, en los que predomina la especie *Pinus radiata* D. Don y en menor medida algunas variedades del género *Eucalyptus*.

Uno de los elementos centrales que explica este desarrollo es la existencia del Decreto Ley núm. 701 (DL. 701) de fomento forestal, promulgado en 1974 y destinado a incentivar la forestación en terrenos de aptitud preferentemente forestal, desprovistos de cubierta arbórea y, en muchos casos, sometidos a fuertes procesos de degradación. Esta ley, concebida inicialmente con una vigencia de 20 años, estableció un incentivo directo a la forestación y, además, otorgó exenciones tributarias y una serie de regulaciones relativas al manejo de los bosques naturales y plantados. (Conaf, 1988).

El D.L.701 es el instrumento de una política forestal pública destinada a incentivar el desarrollo del sector, por un período de 20 años, sobre la base de tres elementos:

Bonificación, por una sola vez, para cada superficie forestada incluida en un plan de manejo, de un 75% a 90% en casos muy especiales, de los costos de forestación, administración, poda y raleo en que incurran las personas naturales o jurídicas de cualquier naturaleza y que se realicen en terrenos de aptitud preferentemente forestal.

Exención de la obligación de declarar renta para efectos tributarios en los años previos a la cosecha. También exime a los terrenos declarados de aptitud preferentemente forestal del impuesto territorial y de los impuestos de herencias, asignaciones y donaciones y establece una rebaja del 50% en el Impuesto Global Complementario asociado a las rentas que provienen de la cosecha de bosques acogidos a esta ley.

Obligación de reforestar la misma superficie acogida a este decreto ley.



Sus efectos directos se tradujeron en el establecimiento de 1,35 millones de hectáreas, de las cuales se bonificaron 800 mil. Dicha iniciativa culminó en 1995 con la consolidación de un patrimonio nacional forestal de 1,8 millones de hectáreas plantadas (Valdebenito, 2005).

A pesar del notable incremento de la forestación durante el período, la efectividad de esta ley ha sido cuestionada. Algunos estudios le asignan poca importancia, llegándose a señalar que "una parte minoritaria de las plantaciones son mérito particular de la ley de Fomento, siendo atribuible sólo el 11% de las plantaciones del sector privado". (Gutiérrez et al. 1993, en CONAF, 1998). Efectivamente una evaluación de impacto para el periodo 1980- 1997, medidos mediante métodos econométricos, dan cuenta de un efecto no significativo de la bonificación sobre la superficie forestada, el ingreso predial total y el ingreso predial por hectárea. (Min.Hacienda, DIPRES); donde variables claves en torno al instrumento legal fueron de mayor relevancia: barreras de salida, nivel de riesgo de largo plazo, seguridad frente al derecho de propiedad y estabilidad del marco legal. Estudios realizados con anterioridad, respaldan estos resultados: (Chacón, 1998; Fierro y Morales, 1994; Proconsult, 1991; Herrera, 1985, CONAF, 1998). Otros estudios, en cambio, le asignan gran importancia y la consideran un elemento clave en el cambio experimentado en el sector (Aninat et.al., 1982; Valdés y Bermúdez, 1994, Leyton, 1998).

Por razones sociales, económicas y tecnológicas el incentivo fue asimilado principalmente por las medianas y grandes empresas, y quedó marginado de sus beneficios el sector de pequeños propietarios rurales, los que sólo lograron forestar entre 1974 y 1995 un 3% del total plantado, equivalente a 55.991 hectáreas (Cornejo, 1999; Sotomayor, García y Valdebenito, 1999), las cuales se distribuyeron espacialmente en las actuales regiones del Maule, del Bío Bío y de La Araucanía concentrando un 77,8% de las bonificaciones durante el periodo 1974-1995 (Infor, 2004)

En ese contexto, surgió un amplio acuerdo sectorial para promover la generación de un nuevo cuerpo legal que contribuyera al fomento de las plantaciones forestales, esta vez con una fuerte orientación hacia los pequeños propietarios rurales.

En 1995 el Ejecutivo despachó una nueva iniciativa que constataba que el desarrollo forestal exhibía algunas distorsiones. «La marginación de los pequeños propietarios de sus beneficios y la concentración de la actividad forestal en un reducido número de agentes, son ejemplos de los problemas que se han encontrado en la aplicación de este cuerpo legal. En efecto, la utilización del sistema de bonificaciones del DL. 701 ha beneficiado mayoritariamente a los predios de grandes superficies» (Mensaje Presidencial núm. 642-330 de 1995).

El 16 de mayo de 1998 se publicó en el Diario Oficial la Ley núm. 19.561 que introduce una serie de modificaciones al DL. 701 de 1974. De partida, prolongó su aplicación por 15 años, con efecto retroactivo a partir de 1996. El objetivo central de esta nueva iniciativa legal se estipuló en su artículo núm. 1: «esta ley tiene por objeto regular la actividad forestal en suelos de Aptitud Preferentemente Forestal (APF) y degradados e incentivar la forestación, en especial, por parte de los Pequeños Propietarios y aquella necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de suelos». De esta forma se pretendió favorecer en promedio a 240 mil unidades productivas, con cerca de dos millones de hectáreas susceptibles de ser forestadas, las que se encuentran, a su vez, con avanzados niveles de degradación a raíz de prácticas agrícolas inadecuadas.

Con el objetivo de instrumentalizar y normalizar la implementación de este nuevo cuerpo legal, el 29 de septiembre de 1998 se publicó el DS. núm. 193 del Ministerio de Agricultura, que estableció el Reglamento General del DL. 701, y el DS. núm. 192, relativo a la regulación del pago de bonificaciones.

Esta nueva ley de fomento forestal tiene tres objetivos fundamentales: un objetivo de tipo social, que se logra a través del incentivo a la forestación de los terrenos de pequeños propietarios rurales; un objetivo con una orientación netamente ambiental, ya que establece bonificaciones y exenciones para la recuperación de terrenos degradados; el cuidado de suelos frágiles y la protección de los bosques cuya función prioritaria sea la protección del suelo y el agua. El tercer objetivo de esta ley es modernizar los procedimientos de administración de la bonificación y perfeccionar el régimen de sanciones.

Para el logro del primer objetivo, la nueva ley establece tres mecanismos. Asigna una bonificación del 90 % de los costos de forestación respecto de las primeras 15 ha de una propiedad rural pequeña (definida en la ley) y de un 75 % respecto de las restantes y establece, a través del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) líneas de crédito especiales para financiar la forestación de los pequeños propietarios forestales. Estas líneas de crédito tienen tasas preferenciales y son cubiertas, una vez realizada la forestación, por las bonificaciones entregadas por la Tesorería General de la República.

Por último, los pequeños propietarios forestales que se acojan a las nuevas disposiciones tributarán por el sistema de renta presunta, con lo cual se supera uno de los principales obstáculos que impedía el acceso de estas personas al régimen de bonificaciones del D.L. 701, ya que este establece que quienes se acojan a sus beneficios deben llevar contabilidad completa de sus actividades y tributar en base a la renta efectiva.

A pesar que la nueva ley de fomento a la forestación está enfocada a ayudar a los pequeños propietarios, aún se visualizan algunos problemas para que realmente se logre integrar a este grupo al desarrollo forestal, o en otras palabras, para que éstos puedan hacer uso de la herramienta que se pone a su disposición.

El principal problema que los pequeños propietarios deben enfrentar es el uso de sus tierras, que les dan el sustento, en un negocio de largo plazo, como es la actividad forestal. En el mejor de los casos, los propietarios tendrán ingresos después de 10-12 años de establecida la plantación, haciéndose incierta su capacidad de subsistencia en ese período. Otro problema que también debe resolverse para la aplicación exitosa de los mecanismos establecidos mediante esta ley, es el de la propiedad de la tierra por parte de los pequeños propietarios forestales. En muchos casos estos propietarios no cuentan con títulos de dominio de sus tierras, lo cual les impide acceder a los beneficios establecidos por la Ley. El Estado está haciendo un importante esfuerzo, a través del Ministerio de Bienes Nacionales, para dar solución a este problema.

Finalmente, otro elemento fundamental para lograr una aplicación exitosa de esta política de desarrollo rural a través de la forestación, es el apoyo que pueda dar el Estado en materia de transferencia tecnológica. El establecimiento de plantaciones de rápido crecimiento requiere de un alto nivel tecnológico, para lograr una rentabilidad adecuada.

## 2. Sistema de mercado de insumos y productos silvoagropecuarios

Normalmente, el mercado de los productos agropecuarios “commodities”, se considera un mercado de comportamiento casi perfecto, desde el punto de vista de la oferta de productos agropecuarios. Lo anterior derivado al gran número de productores y a la homogeneidad presentada en sus productos; por otra parte, se observa la existencia de un número limitado de poderes compradores; lo que en su conjunto hace que el productor local sea precio aceptante, ya que por su nivel de atomización no puede influir en el precio transado<sup>7</sup>.

En cuanto al mercado de insumos de productos silvoagropecuarios los más relevantes son los fertilizantes, donde casi la totalidad de ellos son importados a excepción del salitre y otros micronutrientes, razón por la cual se rigen por el precio internacional más los costos de transportes e internación al país.

### 2.1 Precios de los insumos en el pasado reciente y sus proyecciones para el futuro cercano

En la Figura 13, se presenta la evolución de los precios domésticos de los principales insumos considerados en la presente investigación. En ella es posible observar un comportamiento cíclico con tres valles claros, dos de ellos coincidentes con las crisis económicas de 1982 en Chile y la crisis asiática en 1999, para luego presentar un período de alza, siendo el precio del fertilizante que muestra la tendencia más marcada, la urea.

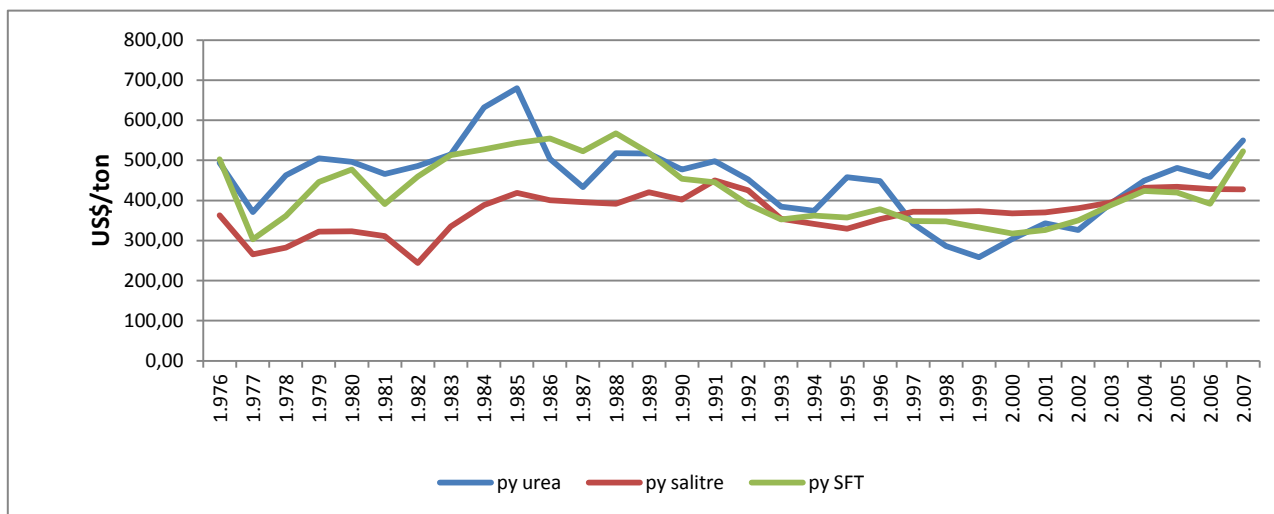
De acuerdo a un reciente estudio encomendado por ODEPA (2010), se concluye que el precio de los fertilizantes importados comercializados en Chile se determina sobre la base del

---

<sup>7</sup> Ejemplo de ello es el mercado de la leche bovina, que será visto más adelante

valor CIF de los productos, que a su vez depende de los siguientes factores: precio internacional (95,2%); servicios portuarios, ensacado, bodegaje y transporte (4,7%), y gastos de internación (0,1%). A lo anterior hay que agregar aquellos costos vinculados a los descuentos basados en los volúmenes o cantidades compradas. En el Figura 14 se observa el comportamiento que han tenido los precios CIF de los fertilizantes *commodities* en los últimos años.

**Figura 13. Evolución de precios de fertilizantes en el mercado doméstico periodo 1976 -2007**

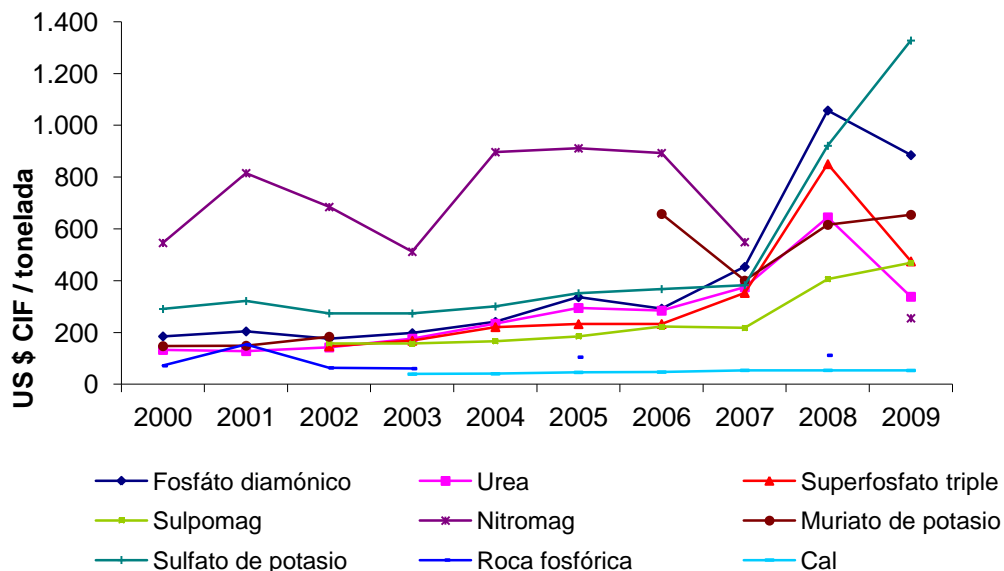


Fuente: elaborado en base a estadísticas de ODEPA, 2010

No obstante lo anterior, se debe considerar que los fertilizantes no pueden ser almacenados desde una temporada a otra, por lo cual la extracción, producción y comercialización de fertilizantes esta fuertemente influenciada por las expectativas de los productores de fertilizantes a nivel mundial. Esta característica, explica en gran parte el alza de precios generalizada de los fertilizantes para el año 2007, teniendo sus orígenes en cuatro aspectos principales: (1) el *sobre-stock* por parte de los principales oferentes de fertilizantes y dealers de los EEUU y, en consecuencia, del resto del mundo; (2) las expectativas de mayor producción de biocombustibles (etanol y otros) durante el año 2006; (3) cierre de plantas productoras de fertilizantes nitrogenados en Estados Unidos; y, (4) aumento de los costos de transporte en general (terrestre, marítimo).

La tendencia alcista observada en el 2008, se debe principalmente a un desbalance entre oferta y la demanda mundial de fertilizantes; la instauración de fuertes impuestos en los principales países productores de fertilizantes, la caída de la moneda norteamericana y el alza de precios del petróleo.

Figura 14: Evolución de los precios de importación de los fertilizantes. Años 2000 a agosto de 2009.



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Nacional de Aduanas 2010.

En efecto, China e India aumentaron fuertemente su demanda; Estados Unidos, Brasil y Europa iniciaron una fuerte inversión en plantaciones e industrias de biocombustibles que, obviamente, elevaron sus requerimientos de fertilizantes; hubo un incremento en la ganadería mundial que requirió de pastos y granos para su actividad, lo que llevó a bajar las reservas mundiales de cereales y forrajes, incrementando con esto los precios de los mismos, incentivando a los productores a incrementar sus producciones. En cuanto a la oferta disponible, se suma el cierre progresivo de plantas productoras de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, principalmente de Estados Unidos.

En este escenario, países productores como China, instauraron altos impuestos para la exportación de fertilizantes, con el objetivo de asegurar el abastecimiento interno, afectando de

esta forma, la oferta disponible en el mercado internacional. Por su parte, la gran alza en el precio de este combustible fósil elevó los precios de otros energéticos, incrementando así el precio del gas natural, el cual es esencial para la producción de fertilizantes nitrogenados, entre otros, encareciendo por tanto el precio final de los fertilizantes (ODEPA, 2010).

Por las razones señaladas anteriormente, es difícil establecer una proyección de precios en el mercado de los fertilizantes. No obstante lo anterior, para la construcción de la serie de precios futura se consideró los siguientes supuestos:

1. Debido a que el salitre es un fertilizante de producción nacional éste mantendrá sus precios durante todo el período de análisis futuro
2. Se plantea que tanto el precio del superfosfato triple como el de la urea mantienen similar comportamiento que en el pasado.

Tanto para la proyección de los precios del superfosfato triple como de la urea, se toma en consideración el comportamiento cíclico de precios observado en el pasado reciente (Figura 15).

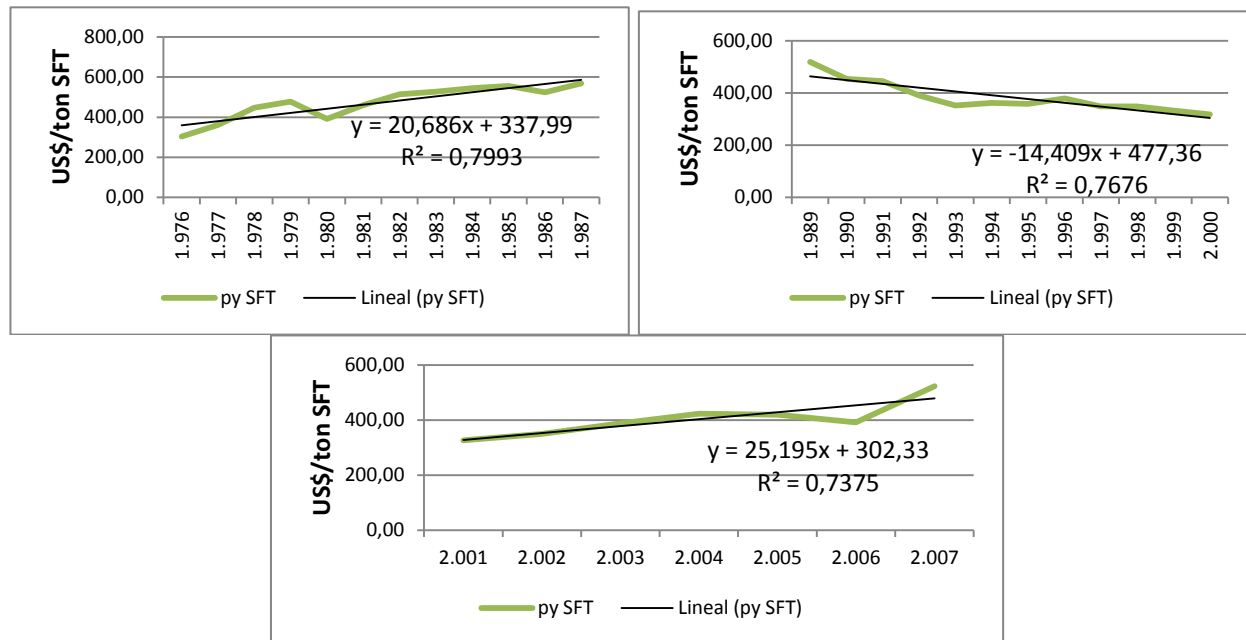
Considerando, los períodos de alza y disminución de precios observados y en vista a los buenos coeficientes de determinación para cada uno de los períodos – en todos ellos por sobre el 74%- se procede a construir los precios simulados del superfosfato triple para el período de precios ascendente en los años faltantes para cumplir el período de 12 años (hasta el 2012) y luego el período descendente de precios considerando las ecuaciones lineales de regresión dispuestas precedentemente (La serie completa puede ser consultada en anexos).

Para el caso del superfosfato triple, se observa claros períodos de 12 años, el primero ascendente que comienza en 1976 y termina en 1987 con la cima de precios y luego uno descendente que se inicia en 1988 y termina con el valle del año 2000 para comenzar un nuevo ciclo de alza a contar del año 2001, según se aprecia en la Figura 15.

La evolución de precios de la urea presenta similares tendencias a las descritas observándose un ciclo de tendencia alcista de precios (1976-1985), una a la baja (1986-1999) y

una al alza (2000-2007) todas ellas con buen nivel de coeficiente de determinación, como es posible apreciar en la Figura 16.

**Figura 15: Tendencia período creciente (1976-1988 y 2001-2007) y decreciente(1989-2000) de precios SFT**



Fuente: elaborado en base a información ODEPA, 2010.

De forma análoga se proyectó los precios futuros considerando las ecuaciones descritas de los distintos períodos señalados (figura 16 y ver serie de precios completa en anexos).

### 2.2 Precios de los productos silvoagropecuarios en el pasado reciente y sus proyecciones para el futuro cercano

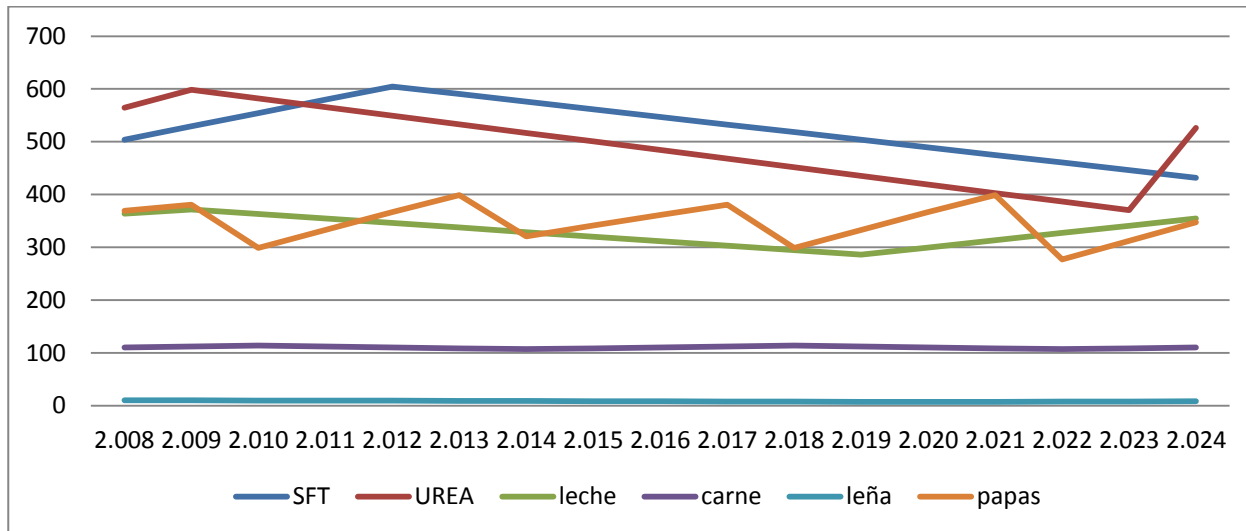
Al realizar un análisis a nivel local, el resto de las condiciones de un mercado perfecto, para productos agropecuarios no se cumple existiendo oligopolios de la demanda de los productos agropecuarios principalmente de leche y carne bovina.

En efecto, en Chile se observa un número limitado de plantas compradoras de leche, constituyendo un oligopolio de la demanda y más aún donde las más importantes - considerando su participación en el mercado- son transnacionales como Nestlé y Watt´s y otras



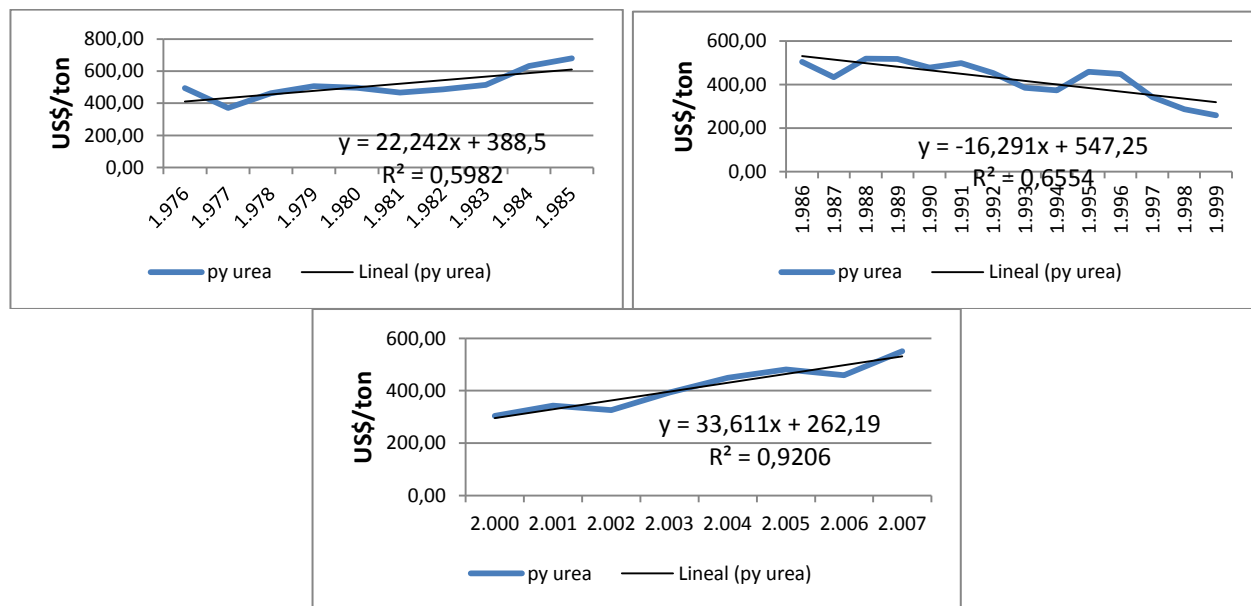
locales, como COLUN, SOPROLE y algunas de menor dimensión como Lácteos Puerto Octay y Lácteos Puerto Varas.

**Figura 16: Tendencias proyectadas para el futuro cercano de insumos y productos silvoagropecuarios**



Fuente: elaboración propia en base a tendencias pasadas

**Figura 16: Tendencia período creciente (1976-1985 y 2000-2007) y decreciente (1986-1999) de precios urea**



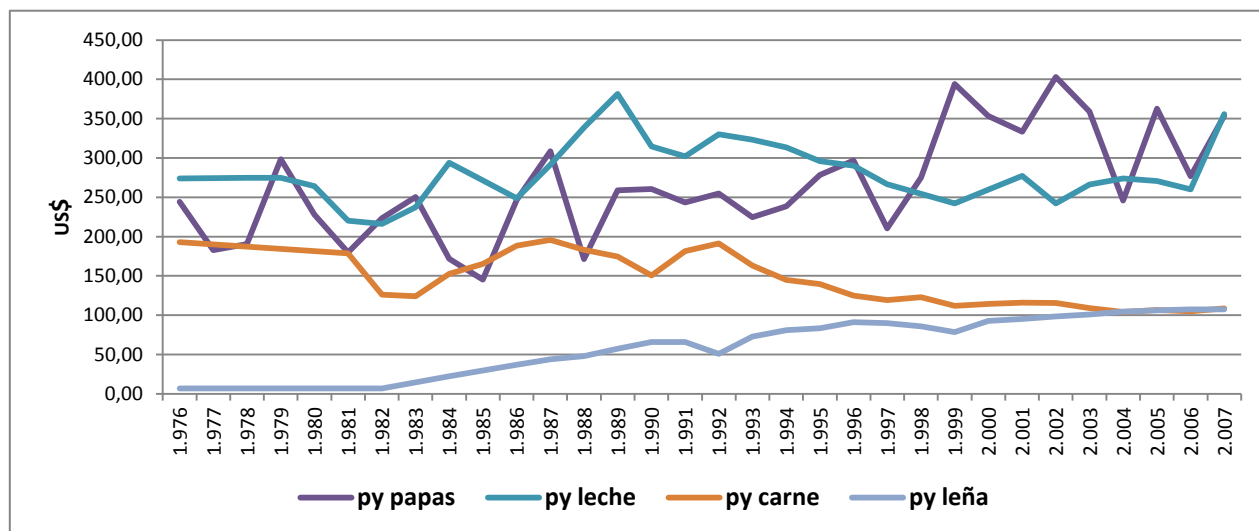
Fuente: elaborado en base a información ODEPA, 2010.

Son las grandes empresas: Nestlé y Watt's quienes fijan estándares para la compra de la leche a los productores locales, los cuales dicen relación con ciertas características de calidad higiénica, sanitaria y composicional de la leche, que se traducen en un manejo determinado cruzado por la tenencia de infraestructura específica.

Además para que un productor pueda vender leche a cualquier planta, debe ser aceptado previamente por ésta y debe vender únicamente a la misma y en algunos casos como COLUN, debe tener la calidad de cooperado para acceder a la posibilidad de vender con mejores expectativas de precio y/o servicios adicionales. Las situaciones descritas no permiten una libre entrada y salida del rubro y su conversión a otro sector en el corto plazo (Cortés, M. y M. Mora, 2010). Por su parte, el mercado nacional de carne bovina es dominado por unas pocas empresas faenadoras de carne a partir de los años 90s.

En la Figura 17, es posible apreciar que todos los productos silvoagropecuarios, con sus diferencias propias, mantienen una tendencia al alza, a excepción del precio de la carne que a partir de los noventas, exhibe una tendencia decreciente de precios. A continuación se analizará por separado cada uno de los productos silvoagropecuarios considerados.

**Figura 17: Evolución de precios a productor de los principales productos silvoagropecuarios en el período 1976 -.2007 en US\$/ton papas; US\$/M l leche; US\$/100 kg carne en pie y US\$/10 m<sup>3</sup> leña.**



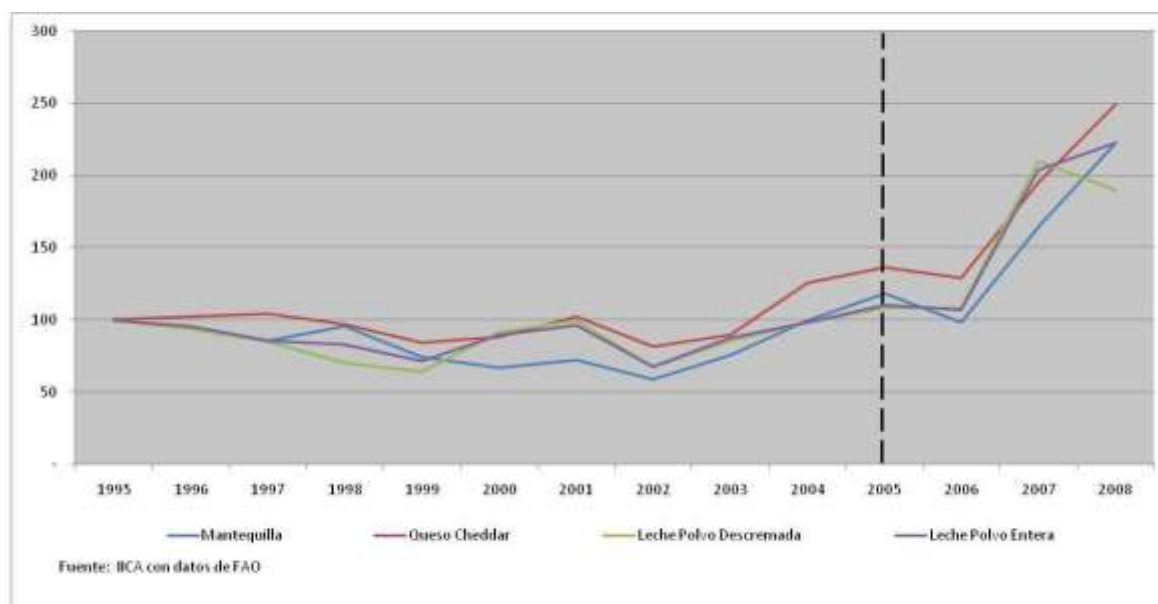
Fuente: elaboración propia en base a información de ODEPA, INFOR, INE

### 2.2.1 Leche bovina

El mercado internacional de productos lácteos se caracteriza por ser uno de los más distorsionados a nivel mundial. En efecto, a mediados de la década del '90, en la llamada Ronda Uruguay se crea la Organización Mundial de Comercio (OMC, seguidora del GATT), en lo que fue el mayor intento de las últimas décadas para crear un mercado internacional más transparente y basado en “reglas” para el comercio internacional. En los años post-acuerdo OMC el mercado internacional de productos lácteos ha cambiado, pudiéndose definir tres sub períodos diferentes.

Entre los años 1995 y 2003 el patrón de precios en el mercado internacional de productos lácteos fue bastante similar al que caracterizó a los años pre-OMC. La leche en polvo fluctuó alrededor de los US\$ 1.800 por tonelada; con un mínimo de US\$ 1.592 /ton y un máximo de US\$ 2.260 /ton para ese período (Figura 18).

**Figura 18:** Evolución de los precios internacionales de productos lácteos( Índice de precios)



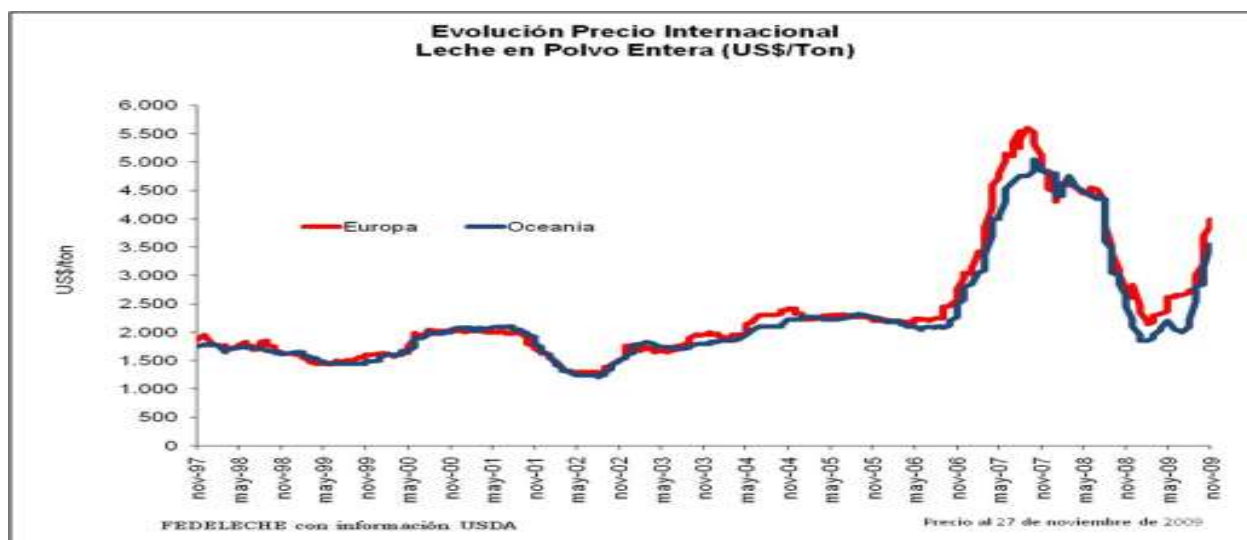
Aunque los precios internacionales aumentaron levemente entre los años 1995 y 1996, e incluso se llegó a especular de un impacto positivo de la Ronda Uruguay, estos volvieron a caer a partir de 1997-1998. Probablemente, la causa de dicho aumento fueron las importaciones de

Brasil, que en el año 1996 alcanzaron el equivalente de 2300 millones de litros de leche, además del comportamiento del dólar (y su relación con el euro o el marco alemán, según los años) y del precio del petróleo.

El cambio más importante en el sub-período inmediatamente posterior a la Ronda Uruguay fue la participación relativa de los distintos exportadores en el mercado internacional, pues la UE perdió importancia, pasando del 45 a menos del 30 % de las exportaciones (en equivalente-leche) y Nueva Zelanda afianzó su condición de liderazgo, alcanzando casi a la UE, mientras que Australia mantuvo prácticamente su participación, lo mismo que Estados Unidos. Posteriormente se observa un aumento sostenido en los precios. El año 2004 sube casi el 20% con respecto al precio del año 2003; el año 2005 un 46%; el 2006 un 46%; el 2007 un 73%; el 2008 alcanza su pico de precios con un alza de un 188% y parte del 2009 un 67%; porcentajes calculados en base al año 2003.

No todos los productos tienen el mismo comportamiento, ya que mientras la leche en polvo entera aumentó y prácticamente mantuvo su precio, el de la leche en polvo descremada experimentó un importante retroceso, producto en gran parte de la aparición de Estados Unidos como exportador competitivo.

**Figura 19: Evolución precio internacional Leche en Polvo Entera (UD\$/Ton)**



Fuente: FEDELECHE con información USDA

Así se puede identificar un segundo sub-período, entre 2004 y 2006, en que los precios internacionales se mantuvieron por encima de los valores medios del período anterior. Se hizo cada vez más evidente la influencia que ejercen sobre el precio internacional de los productos lácteos las siguientes variables: la relación de cambio entre el dólar y el euro, el precio del petróleo y el nivel de ingresos de la población. A partir de diciembre de 2006 la combinación de estas 3 fuerzas: tipo de cambio, precio del petróleo y nivel de ingresos, comenzó un ciclo que ha llevado el precio internacional de los productos lácteos a niveles impensados para los principales productos de exportación: leche en polvo entera, leche en polvo descremada, mantequilla y queso. Estos productos experimentaron tasas de crecimiento anual de precios superiores al 22% durante el período 2005-2009 (Figura 19).

Este aumento está vinculado a la reducción de la oferta debido a condiciones climáticas adversas que ha afectado importantes zonas productivas, especialmente de Nueva Zelanda y Australia, países que son los principales productores y exportadores a nivel mundial. Asimismo, la reducción de los subsidios aplicados por la Unión Europea ha afectado su oferta lechera.

Por el lado de la demanda, ella se ha visto estimulada por el crecimiento de ingresos en países en desarrollo, principalmente la India y China, y por el ingreso de nuevos derivados lácteos (productos funcionales) que han generado una creciente demanda en países desarrollados.

Las estadísticas ponen de relieve la gran volatilidad de precios en el período 2007-2009. El IFCN Dairy Report de 2009, indica que el precio de la leche fluctuó entre los US\$ 1.380 y 4.620 /ton en el período 1996 – 2009. El máximo histórico ocurrió en el transcurso del 2007 y, posteriormente, sufrió una drástica caída volviendo por debajo de los US\$ 2.000 /ton a principios del 2009. Además, al comparar el comportamiento de precios de las principales zonas productoras y consumidoras de productos lácteos, se observa que en el caso de la leche en polvo entera esta sigue tendencias muy similares en Europa y Oceanía.

La OCDE estima que para 2014 los precios internacionales de las leches en polvo habrán disminuido levemente. Para la leche entera proyecta que en 2014 el precio FOB Norte de Europa se ubicará 3% por debajo del nivel de 2004; mientras que para la descremada prevé una merma del 1% en el mismo período de comparación. No obstante, esta misma organización sostiene que los precios se mantendrán durante toda la serie proyectada por encima de los niveles promedio registrados en la década pasada. Esta afirmación se basa en el repliegue de la UE y Estados Unidos en el mercado de leche en polvo descremada; y por otro lado, debido a la demanda sostenida proveniente de los países en desarrollo, en los que se verificará una mayor expansión de la población y de los ingresos, acompañados por cambios hacia dietas más ricas en proteínas de alto valor. Por otro lado, no hay que olvidar la entrada en vigencia de la PAC europea que hace estimar una disminución progresiva en la producción de leche europea.

En un contexto doméstico, la Figura 17 presenta la evolución de los precios silvoagropecuarios a nivel de productor chileno en el pasado reciente. En ella es posible apreciar que para el caso de la leche, la evolución de precios a productor no coincide plenamente con la tendencia señalada en los períodos descritos precedentemente a nivel internacional. En efecto, es posible observar que el menor precio observado ocurre en el año 1982 año coincidente con la crisis interna chilena, donde por otra parte el máximo precio obtenido para la serie analizada ocurre en el año 1989, a diferencia de lo señalado a nivel internacional donde el máximo precio fue logrado en mayo del año 2007 (ver Figura 17 y Figura 19).

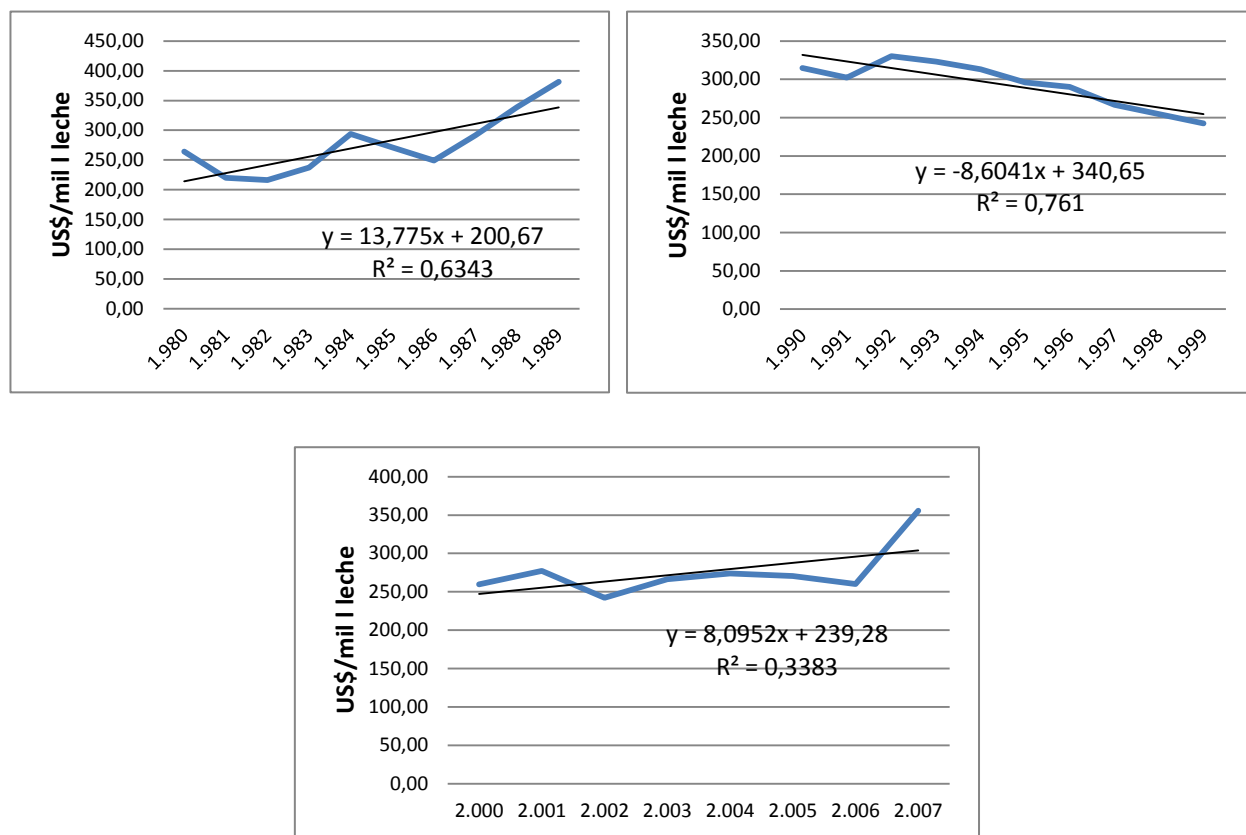
La explicación de lo anterior, puede estar dada debido a que el mercado doméstico toma las tendencias internacionales con un cierto rezago. Nahuelhual y Engler (2004) realizaron un análisis considerando los precios internacionales y domésticos de una serie de 12 años, encontrando un alto grado de integración del precio de leche pagado a productor en el mercado doméstico y las variables externas como el precio CIF (Cost, insurance and Freight).

En esta investigación se determina, mediante un análisis de perfiles de persistencia, que frente a un shock al vector de cointegración, el sistema se demora aproximadamente 14

meses en retornar a su relación de equilibrio de largo plazo, demostrándose además que el impacto de CIF sobre el precio nacional es de carácter permanente.

En consideración a lo expuesto, se realiza un análisis del comportamiento de los precios de la leche a nivel doméstico como un reflejo con rezago de la situación internacional. Se ha considerado la serie de precios desde 1980<sup>8</sup> hasta el 2007. En este período es posible observar 3 claras etapas: un período de precios crecientes hasta 1989; un periodo de precios decrecientes – desde 1990 hasta 1999- y finalmente un período irregular, pero con tendencia creciente desde el 2000 al 2007, como se puede apreciar en la Figura 20.

Figura 20: Período de precios crecientes (1980-1989 y 2000-2007) y decrecientes (1990-1989) de leche a productor



Fuente: elaboración propia en base a información de ODEPA

<sup>8</sup> Debido a que en 1979 se produce una de las reformas de ordenación más importantes en Chile: el ajuste estructural y liberalización total de fronteras para intercambio económico que provocó profundos efectos económicos y sociales y fue precursora de la crisis del año 1982.

En base a las ecuaciones de los períodos señalados se proyectó los precios pagados a productor hasta el 2034, considerando períodos alternados de crecimiento y decrecimiento de precios, proyecciones que pueden consultarse en anexos.

### 2.2.2 *Carne bovina*

En Chile, el mercado de la carne bovina considerando al animal en pie, está formado por empresas faenadoras y productores ganderos/lecheros de diverso tamaño. Las empresas faenadoras satisfacen su demanda de animales con la oferta nacional de animales provistas por los productores nacionales siendo su canal de comercialización las ferias de ganado en pie, y por la importación de carne en corte, principalmente.

En los años noventa entró en vigencia con “la ley de la carne”, Ley 19.162 (Chile 1994) y la aplicación del Reglamento de Mataderos, Cámaras Frigoríficas, Centrales de Desposte y equipamiento mínimo de tales establecimientos. Las normativas del Reglamento de Mataderos establece los requisitos que deben cumplir los mataderos de 1ª y 2ª categoría como también los denominados “Centros de Faenamiento de Autoconsumo” (CFA) (Luengo, et al. 2007).

El objetivo fundamental de esta ley era entregar una normativa que brinde seguridad alimentaria a los consumidores finales toda vez que permitiría mejorar la calidad e inocuidad de las carnes faenadas en el país, no obstante también produjo otros efectos: la concentración de las plantas faenadoras y un posible poder de oligopsonio en desmedro de los productores ganaderos de carne bovina nacionales.

Vásquez, (2010) estima el poder de oligopsonio para el período 1975-2008 mediante un sistema de ecuaciones simultáneas de oferta y demanda inversa por bovinos, demostrando la existencia de oligopsonio debido a que el poder de mercado de las empresas faenadoras corresponde a 47,59% en el corto plazo y 6,9% en el mediano plazo. Esta estimación pudo llevarse a cabo por medio de la elasticidad oferta precio de animal en pie y el parámetro de concentración de mercado ( $\lambda$ ), cuyo valor fue de 0,06. La constatación anterior, puede explicar

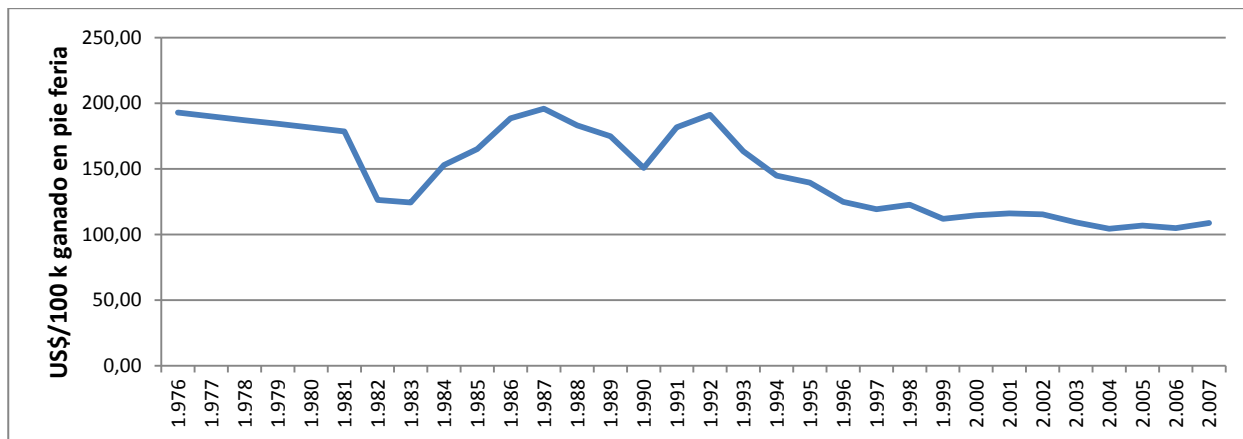


la razón de la caída de precios constante en Chile a partir de la década de los '90, coincidentemente con la entrada en vigencia de la mencionada Ley.

Como se observa en la Figura 21, el comportamiento de precios ha sido errático desde 1976 hasta 1994, logrando su último pico de precios de importancia en el año 1992. Desde 1996, se observa un precio promedio del ganado bovino de carne en pie transado de US\$ 113,21 por cada 100 kilos, con una desviación estándar de US\$ 5,80.

Se ha considerado el último período señalado (1996-2007), 2 años posteriores a la entrada en vigencia y aplicación de la llamada “Ley de la carne” para realizar las proyecciones futuras de precios de la carne bovina a productor, teniendo en cuenta la pendiente de la ecuación lineal, el promedio y desviación estándar del período (Figura 22), y el supuesto de que el gobierno no intervendrá en la regulación de este mercado, es decir, que el poder de oligopsonio de las plantas faenadoras se mantendrá en los próximos años.

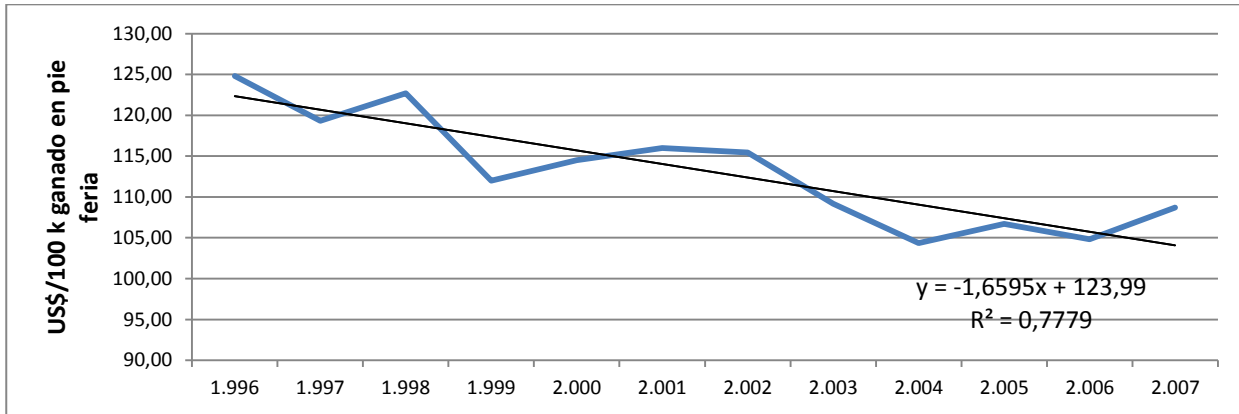
*Figura 21. Evolución del precio de la carne bovina en pie transado en feria*



Fuente: Elaborado en base a información de precios de ODEPA.

Finalmente en la proyección de precios se cuidó de no desviarse de los precios máximos y mínimos proyectados de acuerdo a la desviación estándar (la serie completa de precios proyectada, puede consultarse en anexos).

**Figura 22: Tendencia evolución del precio de la carne bovina en pie transado en feria**

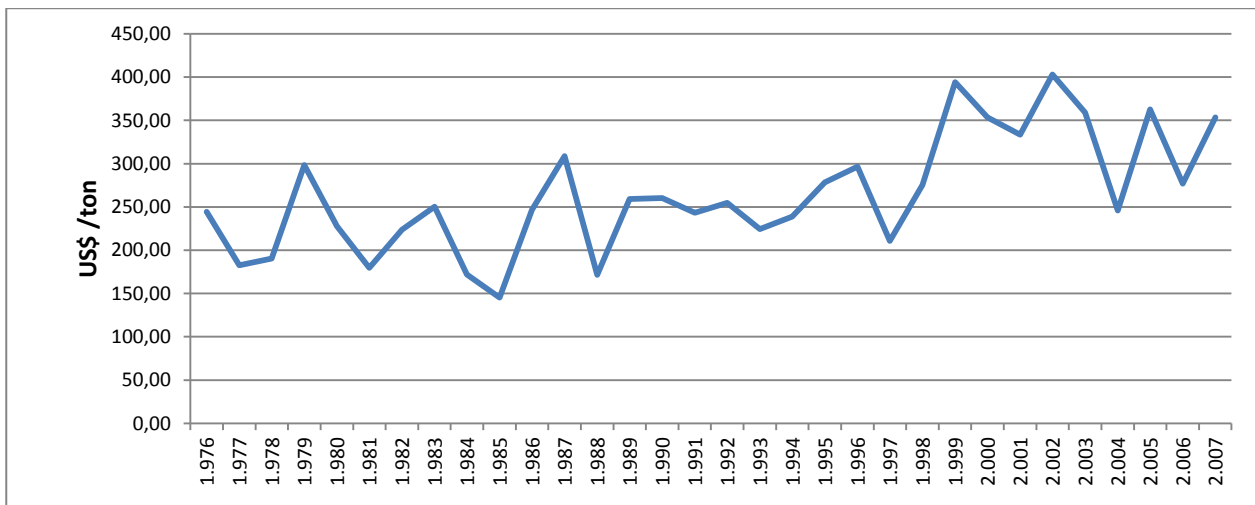


Fuente: Elaborado en base a información de precios de ODEPA.

### 2.2.3 Papas

La Figura 23, presenta la evolución del precio a productor de la papa en US\$ por tonelada de producto, en ella es posible apreciar el comportamiento clásico de este producto que se caracteriza por ciclos de aproximadamente 4 años con aumentos, picos, descensos y valles de precios, dados principalmente por ser un producto de producción y consumo local, sin influencia de importaciones ni exportaciones; siendo entonces los propios productores los que definen la oferta de producto en fresco y con ello, el precio del mismo.

**Figura 23: Evolución del precio a productor de la papa en US\$ por tonelada**

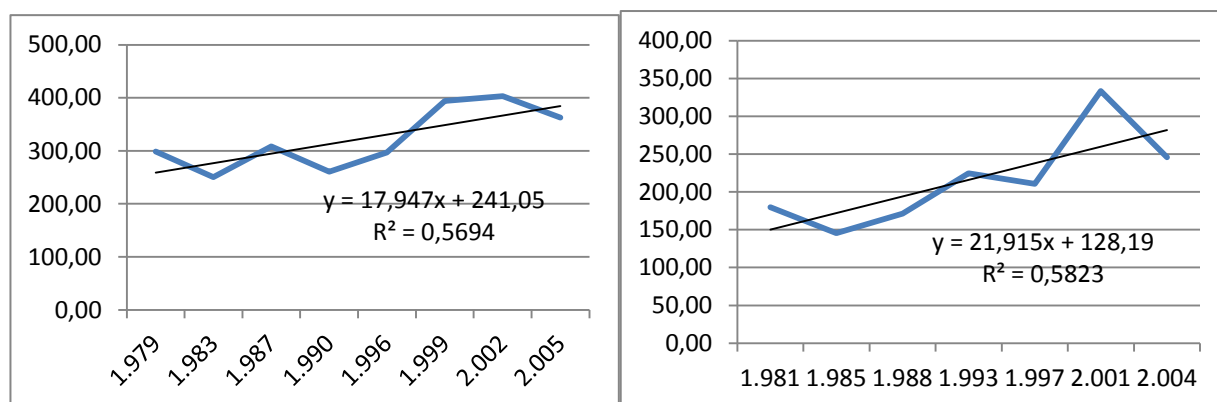


Fuente: Elaborado en base a información de precios de ODEPA.

Por su parte, los agentes productores de papa se localizan en dos zonas principales en Chile: zona norte, con asiento en la Región de Coquimbo y en la zona sur, regiones de: La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Existen productores que, independientemente de las fluctuaciones de precio, siempre desarrollan este cultivo y otros oportunistas, que establecen el cultivo, en los años de mejor precio y salen del mismo, en los de bajo precio.

Considerando los picos y valles (Figura 24) de precios de la serie 1976-2007 se proyectó picos y valles para el período 2008-2024 considerando la tendencia observada y ciclos de cuatro años y bajo el supuesto que permanece constante la condición de ser un producto de producción y consumo local, sin influencia de importaciones y exportaciones de papa. La serie proyectada puede ser consultada en anexos.

**Figura 24: Tendencias de picos y valles de precios a productor de papa fresca en US\$ por tonelada de producto**



Fuente: Elaboración propia en base a información de ODEPA.

#### 2.2.4 Leña

En la zona sur de Chile, uno de los recursos energéticos renovables de mayor importancia es la utilización de leña, la cual es extraída de la explotación del bosque nativo. La leña es utilizada tanto para la calefacción y cocción de alimentos tanto en zonas urbanas como rurales. Por otra parte, la extracción de leña determina superficie potencial a utilizar en distintos usos de suelos alternativos.

En los últimos años se ha incrementado la preocupación por el uso de la leña como principal fuente energética de calefacción y cocción de alimentos, por dos razones principales: la degradación y fragmentación del bosque nativo del sur de Chile debido a que es el bosque nativo el principal proveedor de este recurso y la contaminación ambiental en las ciudades del sur de Chile producto de la quema de leña, que en algunas ciudades, superan la norma nacional de concentración de PM10<sup>9</sup>.

Debido a lo informal del comercio de la leña (Lara, A. *et al* 2002), no se poseen cifras oficiales de la transacción, tanto en volúmenes como de precios de este recurso. Esta es la razón por lo que existen numerosas estimaciones del consumo per cápita y por hogar en el sur de Chile. Sólo a manera de referencia algunos investigadores han estimado que un hogar consume al año en promedio 18,1 m<sup>3</sup> de leña por persona al año en las zonas urbanas de Aysén (Región de Aysén), 6,4 m<sup>3</sup> en Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro (Región de Los Lagos), 3,2 m<sup>3</sup> en Temuco y Padre Las Casas (Región de La Araucanía), y algo menos en Chillán (Región del Maule) y Rancagua (Región de O'Higgins) (CNE-INFOR 2004; CNE-INFOR 2005 a y b; CONAMA-VITAE 2002). Lo claro es una tendencia a mayor consumo conforme se avanza hacia el sur de Chile.

Un acercamiento más concreto sobre la estimación de consumo de leña en la zona de estudio la entrega el investigador Reyes, R. quien en el marco de un proyecto de investigación Fondecyt<sup>10</sup> estima el consumo de leña por habitante local en la zona de estudio de 3.42 m<sup>3</sup> al año independientemente de si son rurales o urbanos y el consumo de leña por habitante en zona aledaña a la zona de estudio en 2.96 m<sup>3</sup> al año; donde un metro cúbico de leña equivale aproximadamente a 700 - 900 Kg., dependiendo del tipo de leña y de su humedad (Gómez-Lobos, 2005).

---

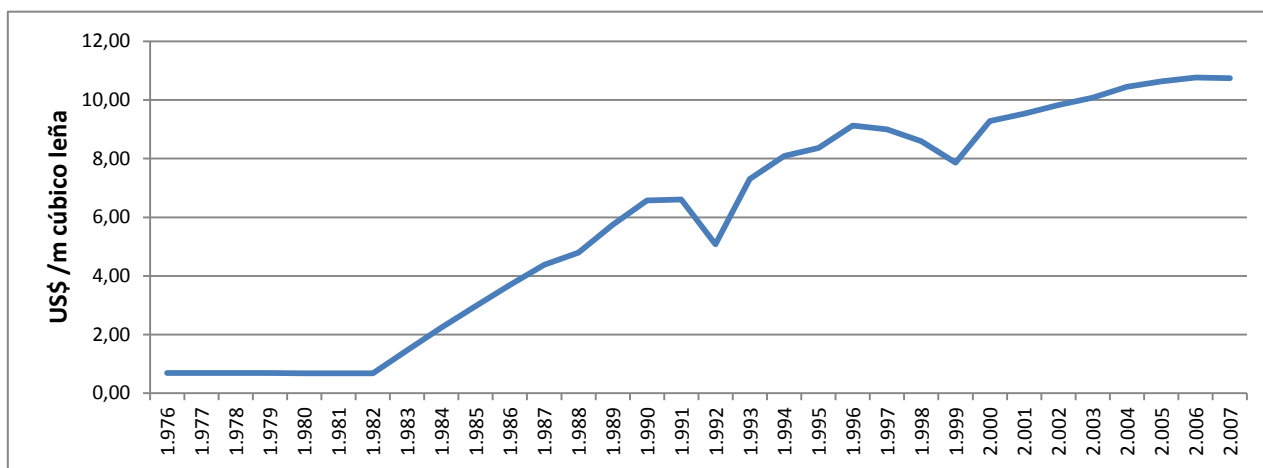
<sup>9</sup> Norma Primaria Chilena de concentración de MP10, valores críticos: 150 mg/m<sup>3</sup> como promedio diario y promedio anual no superior en todos los años a los 50 mg/m<sup>3</sup>

<sup>10</sup> Proyecto FONDECYT: 1085077 (2008-2009) "Integrating environmental, social and economic systems in modeling land -use change in southern Chile"

Debido a lo anterior, se ha considerado en el presente estudio la información de consumo estimada por los autores precedentemente señalados y se considerará los precios provenientes de explotaciones de plantaciones exóticas como precios homólogos para el mercado de leña de la zona sur proveniente desde bosque nativo (Figura 25).

La evolución de precios de leña se observa en la Figura 25, en ella se aprecia una tendencia permanente al alza a partir del año 1982 a la fecha con excepciones en los años 1992 y 1999. En las proyecciones se ha supuesto que el precio de la leña proveniente del bosque nativo mantendrá similares tendencias a las presentadas en la leña proveniente a las plantaciones exóticas. Cabe señalar que las medidas de venta son distintas en la zona sur que en la zona central, donde en el sur la forma de venta es por metro cúbico y en la zona central por kilo; pero para estos efectos fueron homologados los valores a metro cúbico equivalente, para realizar una adecuada utilización.

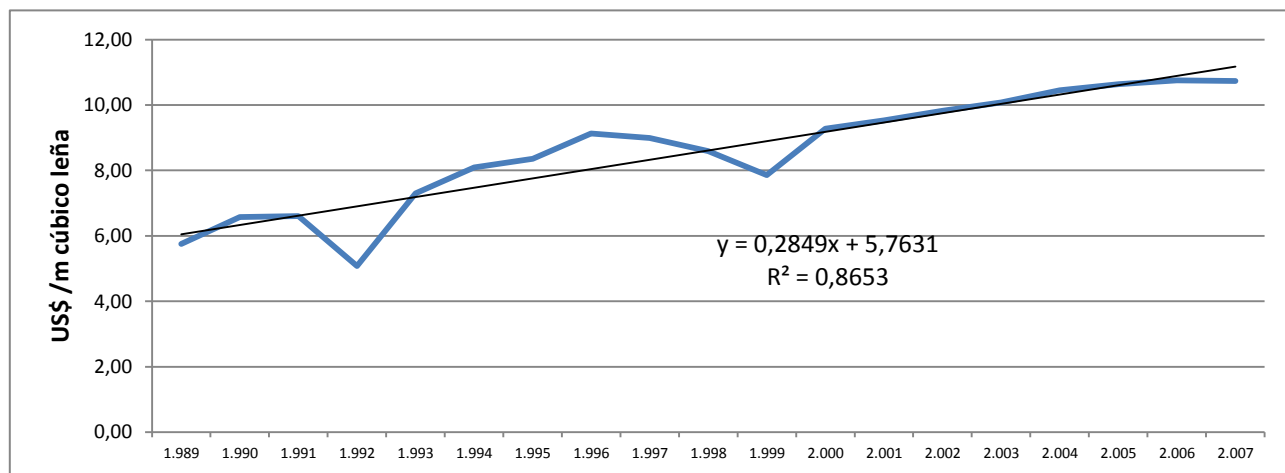
**Figura 25: Evolución de precios de leña en US\$ por metro<sup>3</sup>**



Fuente: elaboración propia en base a datos de INFOR.

De igual forma, la proyección de precios futura considera la serie desde el año 1996 a la fecha, donde se observa un precio promedio de 8.61 US\$ por metro cúbico de leña con precios máximos y mínimos de 10,76 y 5,08 US\$ por metro cúbico de leña, respectivamente y una desviación estándar del período de 1,72 US\$ por metro cúbico de leña ( Figura 1526).

Figura 26: Evolución de precios de leña en US\$ por metro<sup>3</sup> período 1989-2007.



Fuente: elaboración propia en base a datos de INFOR.

En base a lo anterior, se proyectó la serie de precios a considerar en este escenario (consultar anexos).

### 3. Sistema socio cultural demográfico

En términos generales, las estimaciones disponibles para toda Latinoamérica muestran que en promedio, para el año 2006, un 36,5% de la población se encontraba en situación de pobreza, mientras la indigencia alcanzaba a un 13,4% de la población. El año 2002, la pobreza en Latinoamérica correspondía al 44% y la indigencia, 19,4%.

Por su parte, Chile muestra una disminución importante en la pobreza e indigencia a partir de 1990, tal como se puede observar en el Cuadro 5. En efecto, dos de cada cinco chilenos se encontraban bajo la línea de pobreza en 1988; diez años después esta relación era de uno de cada cinco personas en situación de pobreza. En el 2006 los niveles de pobreza promedio son de 13,7% y los de indigencia, de un 3,2%

La disminución de las personas que se encuentran en condiciones de pobreza o indigencia no ha generado cambios importantes en la desigualdad de ingresos en Chile. En efecto, el índice de Gini en Chile no ha variado sustancialmente del 55,4% que mostraba en el

año 1990, pues en el año 2000 fue de 55,9% y en el 2003 baja levemente a 54,9% y para el año 2006 alcanza un 52,2% (Cuadro 6). Por tanto, las políticas asistenciales tendientes a aliviar a quienes se encuentran en situación de pobreza ha generado mejoras marginales en el indicador, en torno a 3 puntos porcentuales (Contreras, 1999)

*Cuadro 5: Evolución de la tasa de pobreza e indigencia en Chile (%)*

Año	Pobres	Indigentes	Brecha de pobreza como % del PIB*
1990	38,4	12,8	4,09
1996	23,1	5,8	1,36
2000	20,5	5,7	1,2
2003	18,7	4,7	0,95
2006	13,7	3,2	0,49

\*: Porcentaje del PIB que habría que destinar a los hogares pobres para que alcanzaran la línea de pobreza vigente el año respectivo

Fuente: PNUD (<http://www.pnud.cl/areas/ReduccionPobreza/datos-pobreza-en-Chile.asp>)

En lo que respecta a los indicadores sociales relacionados al acceso a servicios básicos se observa una mayor concentración de estos servicios en las zonas urbanas, donde para el año 2008 su cobertura es superior al 99%, no así en las zonas rurales donde para el mismo año (2008) sólo un 53% de los hogares posee agua potable (Cuadro 7).

*Cuadro 6: Indicadores de desigualdad 1990-2006 (ingreso per cápita hogares)*

Año	Q5/Q1*	D10/D1**	P90/P10***	Índice de Gini
1990	16,9	36	10,6	55,4
1996	17,1	35,3	11	55,1
2000	17,5	38	10,6	55,9
2003	16,2	34,6	9,8	54,9
2006	14,1	28,5	9,1	52,2

Fuente: PNUD (<http://www.pnud.cl/areas/ReduccionPobreza/datos-pobreza-en-Chile.asp>)

En el mismo cuadro, se observa un aumento de la cobertura de los servicios de electricidad en las zonas rurales, alcanzando a un 94,3% de los hogares. Llama la atención la baja cobertura de sistema de eliminación de excretas o alcantarillado donde a nivel nacional

(zonas urbanas y rurales) para el año 2008, sólo un 82,5% posee algún tipo de sistema de evacuación, donde en las zonas rurales alcanza un bajísimo 10,9% (Cuadro 7).

*Cuadro 7: Acceso a servicios básicos por zonas*

Servicio	Agua Potable		Electricidad		Alcantarillado	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008
Nacional	90,6	92,9	97,5	99,0	79,5	82,5
Urbana	98,8	99,0	99,7	99,7	91,1	93,3
Rural	37,2	53,0	83,1	94,3	4,1	10,9

Fuente: CEPAL

En materia de educación, según CEPAL, la tasa de analfabetismo en ambos sexos en 1990 alcanzaba el 5,2% de la población, mientras que en el 2006 cayó a un 3,5%, donde para todos los años el nivel de analfabetismo es mayor en mujeres comparados con los hombres (Cuadro 8). Asimismo, los años promedio de escolaridad de la población pobre han aumentado significativamente; por ejemplo la de los mayores de quince años era de 7,7 años en 1990 y de 10,3 años en el 2006.

*Cuadro 8: Porcentaje de analfabetismo en la población mayor de 15 años*

Año	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
1990	6,0	5,6	6,4
1995	5,1	4,8	5,3
2000	4,2	4,1	4,4
2005	3,5	3,4	3,6

Fuente: CEPAL

Este indicador si bien parece realmente importante, por ser el capital humano un factor clave en el desarrollo de un país, no da cuenta de las brechas crecientes en el acceso y calidad de la educación que reciben las personas de mayores ingresos (colegios privados con altos rendimientos académicos) versus la educación que reciben los más pobres (principalmente en



colegios públicos de bajo rendimiento académico) a lo que se suma la baja inversión en educación como se observa en el Cuadro 9.

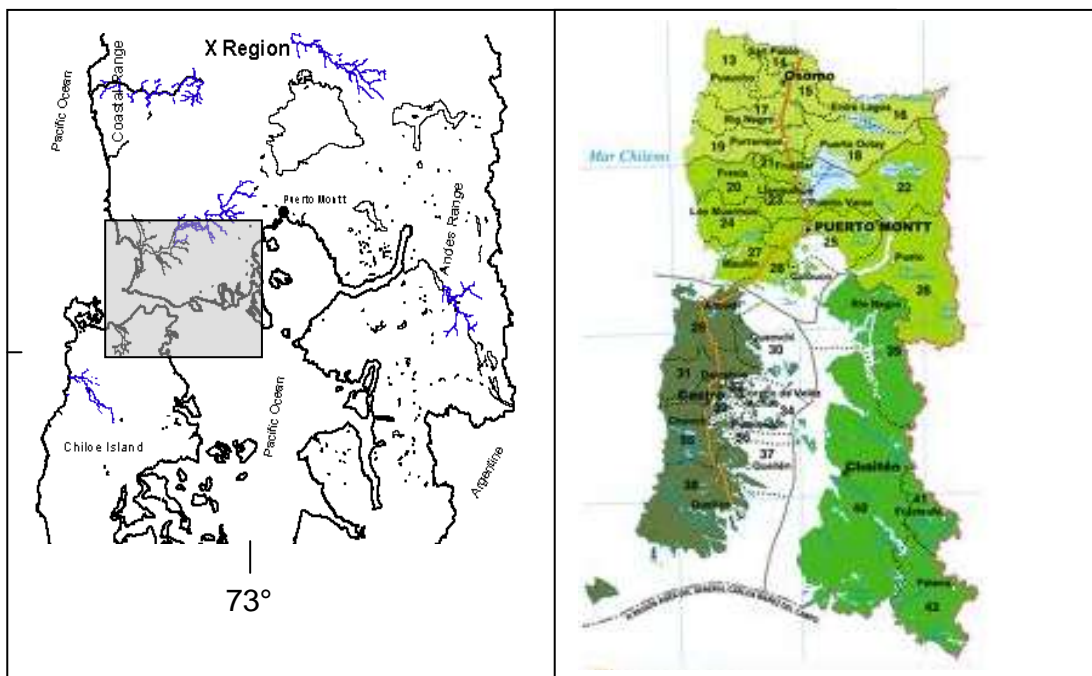
**Cuadro 9: Inversión en educación (porcentaje sobre el PIB de cada año)**

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	PROMEDIO
Inversión en educación (% del PIB)	3,9	s/i.	4,2	4,1	3,7	3,4	3,2	3,4	3,7

s/i: sin información  
Fuente: CEPAL

En suma, Chile muestra un muy buen desempeño agregado macroeconómico, en particular comparado al estándar latinoamericano, pero lamentablemente muestra indicadores sociales dispares. Por un lado la pobreza e indigencia han caído fuertemente, pero por otro lado la desigualdad y la falta de acceso a servicios básicos, salud y educación siguen siendo muy dispares.

**Figura 27: La zona de estudio**



En cuanto a la zona de estudio, comprendida entre 41° 30 'S y 41° 54 'S, corresponde a una pequeña parte de la Patagonia chilena y administrativamente equivale a las comunas de Ancud, Calbuco, Los Muermos, Maullín. La primera de ellas, pertenece a la provincia de Chiloé en la Isla Grande de Chiloé; las tres restantes comunas, son parte de la Provincia de Llanquihue, todas ellas se encuentran en la Región de Los Lagos en el sur de Chile (Figura 27).

Las comunas de Calbuco, Los Muermos y Maullín se encuentran colindantes de la comuna de Puerto Montt, siendo la capital comunal y regional, la ciudad de Puerto Montt, la cual se encuentra a 1.016 kilómetros al sur de Santiago. Otra ciudad de importancia es Puerto Varas distante 20 kilómetros al norte de Puerto Montt. La comuna de Ancud, cuya capital regional es la ciudad del mismo nombre, se encuentra en el norte de la Isla de Chiloé, al sur de las comunas indicadas, cruzando el canal de Chacao.

El porcentaje de población rural en la región de Los Lagos correspondía en el año 2002, al 31.6 %, siendo el promedio nacional de 17% (INE 2002). No obstante, se estima que para el año 1975-76 la ruralidad correspondería a un 71% de los habitantes de la zona de estudio, siendo la comuna con mayor porcentaje de ruralidad, Los Muermos (98%).

Según los datos del censo de población del año 1992 y 2002, el porcentaje de ruralidad en la zona de estudio corresponde al 57% y 49%, manteniéndose siempre como la comuna con mayor ruralidad comparativa, la comuna de Los Muermos (78% y 66%, para los años 1992 y 2002, respectivamente).

**Cuadro 10: Evolución de la esperanza de vida en Chile, en años y por sexo**

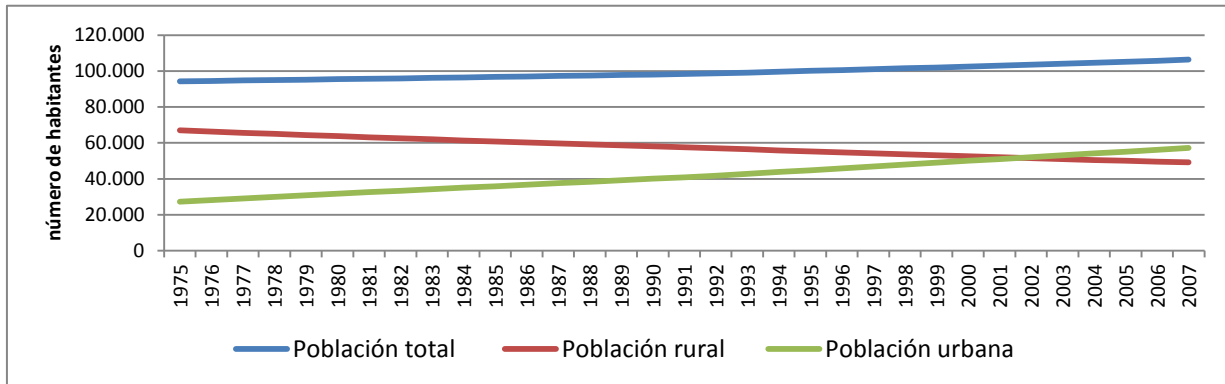
Periodo	1950-1955	1955-1960	1960-1965	1965-1970	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025
Ambos sexos	54,8	56,2	58,05	60,64	63,57	67,19	70,7	72,68	74,3	75,71	77,74	78,45	79,1	79,68	80,21
Hombres	52,91	53,81	55,27	57,64	60,46	63,94	67,38	69,59	71,5	72,75	74,8	75,49	76,12	76,68	77,19
Mujeres	56,77	58,69	60,95	63,75	66,8	70,57	74,16	75,89	77,4	78,78	80,8	81,53	82,2	82,81	83

Fuente: en base a INE ([www.ine.cl](http://www.ine.cl))

La zona de estudio presenta una tendencia de crecimiento de la población baja (entre un 0.2 y 0.4 % al año), esto podría ser explicado por una mayor esperanza de vida de la población

(Cuadro 10), menor tasa de fecundidad por mujer (1,9 hijos por mujer) (INE, 2007) y por las migraciones campo ciudad, observándose una tendencia de crecimiento en el conjunto de la población, pero un mayor aumento de la población urbana en desmedro de la población rural, tal como se observa en la Figura 28.

**Figura 28: Evolución de la población total, rural y urbana en la zona de estudio**



Fuente: elaboración propia en base a información de censos poblacionales oficiales año 1992 y 2002 (INE 1992 Y 2002) y pronósticos realizados en bases a tasa de crecimiento.

En efecto, es posible evidenciar que en las zonas rurales de las comunas en estudio y de la región de Los Lagos en general, para el año 2002, un índice de masculinidad superior a las zonas urbanas lo que indica una mayor presencia de mujeres en zonas urbanas que en rurales, asimismo se observa que el promedio de personas por grupo familiar varía entre 3,4 a 4 personas, siendo en todos los casos menor el grupo familiar en las zonas rurales (Cuadro 11). La evolución de la población de la zona de estudio así como las proyecciones demográficas puede ser consultada en anexos. Estas últimas fueron construidas manteniendo las tendencias observadas en el pasado.

Respecto al origen de los habitantes de la zona de estudio, se puede mencionar que los primeros vestigios de habitantes en esta zona se remontan a 5000-6000 años A.C., e incluso en la zona de Monteverde (Calbuco) a más de 11500 años de antigüedad. Los chonos son los primeros habitantes conocidos, habitaron en el archipiélago de Chiloé de la explotación de los recursos marinos influenciados por etnias “caoneras”, como la kawesqar, y más tarde por la

presencia de otras etnias originarias: huilliches y mapuches, de los cuales adoptaron el cultivo de la papa, asumiendo un sincretismo con las culturas llegadas dejando de lado su situación nómada anterior.

Cuadro 11: Población total, urbana y rural por comuna, sexo; índice de masculinidad y promedio grupo familiar año 2002

DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA Y AREA URBANA - RURAL	SEXO			Indice de masculinidad	Nº DE HOGARES (según nº de jefes de hogar)	PROMEDIO GRUPO FAMILIAR
	Ambos sexos	Hombres	Mujeres			
<b>Región de Los Lagos</b>	1.073.135	539.235	533.900	101	<b>295.914</b>	3,6
<b>Urbana</b>	734.379	359.812	374.567	96,06	<b>200.705</b>	3,7
<b>Rural</b>	338.756	179.423	159.333	112,61	<b>95.209</b>	3,6
<b>Los Muermos</b>	16.964	8.939	8.025	111,39	<b>4.665</b>	3,6
<b>Urbana</b>	5.707	2.814	2.893	97,27	<b>1.457</b>	3,9
<b>Rural</b>	11.257	6.125	5.132	119,35	<b>3.208</b>	3,5
<b>Maullín</b>	15.580	8.146	7.434	109,58	<b>4.466</b>	3,5
<b>Urbana</b>	6.896	3.490	3.406	102,47	<b>1.940</b>	3,6
<b>Rural</b>	8.684	4.656	4.028	115,59	<b>2.526</b>	3,4
<b>Ancud</b>	39.946	19.793	20.153	98,21	<b>11.223</b>	3,6
<b>Urbana</b>	27.292	13.277	14.015	94,73	<b>7.515</b>	3,6
<b>Rural</b>	12.654	6.516	6.138	106,16	<b>3.708</b>	3,4
<b>Calbuco</b>	31.070	15.906	15.164	104,89	<b>8.245</b>	3,8
<b>Urbana</b>	12.165	6.058	6.107	99,2	<b>3.079</b>	4,0
<b>Rural</b>	18.905	9.848	9.057	108,73	<b>5.166</b>	3,7
<b>Total local</b>	<b>103.560</b>	<b>52.784</b>	<b>50.776</b>	<b>103,95</b>	<b>28.599</b>	<b>3,6</b>
<b>Urbana</b>	<b>52.060</b>	<b>25.639</b>	<b>26.421</b>	<b>97,04</b>	<b>13.991</b>	<b>3,7</b>
<b>Rural</b>	<b>51.500</b>	<b>27.145</b>	<b>24.355</b>	<b>111,46</b>	<b>14.608</b>	<b>3,5</b>

Fuente: en base a datos de censos de población años 1992 y 2002 (INE 1992 Y 2002)

El primer contacto con europeos ocurrió en 1520, con el español Hernando de Magallanes, al descubrir el estrecho que hoy lleva su nombre. Desde esa fecha hasta principios del siglo 19 formó parte del Virreinato del Perú, incluso cuando Chile central se vivía la Independencia de España, Chiloé permanecía fiel a la monarquía, situación que termina en 1826. En este período y con anterioridad - especialmente desde el siglo 17- se recibe también la influencia de olas invasivas de corsarios, principalmente holandeses.

Desde mediados del siglo 19 y hasta principios del siglo 20, la zona fue el principal productor de durmientes para ferrocarriles en todo el continente. A partir de entonces

comenzaron a formarse nuevos pueblos para dedicarse a la industria de explotación del bosque, principalmente del alerce. Desde 1895 se fueron entregando tierras a colonos alemanes, ingleses, franceses y españoles, también a grandes industrias productoras. Con el auge de la ganadería se comenzó a ocupar la zona interior de las islas, pues antes sólo se ocupaban sus costas. Con la construcción del ferrocarril Ancud y Castro en 1912 se completaron la ocupación de las tierras interiores de la isla. El poblado y la constitución de Los Muermos, de hecho no obedecen al establecimiento de colonias españolas ni al asentamiento de colonos alemanes en forma específica, sino a la expansión del ferrocarril en 1914, llegando sus primeros habitantes oficiales en 1934, siendo declarada comuna en 1961.

A fines del siglo 20, el archipiélago de Chiloé siguió el modelo económico impuesto en todo Chile y experimentó cambios en sus sistemas de vida. Las nuevas empresas de acuicultura, como las salmoneras, trajeron beneficios para los chilotes, como la generación de empleos, pero también problemas, como la alteración de los ecosistemas. Su economía actual sigue basándose en el cultivo de la papa, la extracción de madera, la ganadería extensiva y desde la historia más reciente, el cultivo de salmones y ostras.

#### 4. Sistema de toma de decisiones en una explotación silvoagropecuaria

Para comprender el sistema de toma de decisiones de los productores de una explotación silvoagropecuaria, Duru (1980) propone el concepto de sistema familia-explotación, entendiendo como tal, el entorno físico donde vive y actúa el agricultor, verdadero agente económico de la actividad, y el grupo social que su familia representa. Según esto, la explotación agraria sería el nivel último en el que se reflejan las distintas presiones procedentes de la colectividad que la rodea y de la economía en general (Top-Down pressures) (Osty, 1978, Gibon, 1981).

Este concepto, familia-explotación, supone una de las contribuciones más importantes e innovadoras de la escuela francesa de sistemistas. Ésta contempla la explotación agraria como un sistema que no responde a criterios simples y organizados de optimización (Osty, 1978). Por el contrario, para tratar de comprender las decisiones, necesidades y funcionamiento de la

explotación, es necesario considerar su situación y los objetivos marcados por el propio agricultor y su familia. Todo ello debe ser coherente con respecto a dichas finalidades y objetivos, por lo que vendrá mediatizado por la percepción que el grupo familiar tenga de todo ello (Brossier, 1979; Capillon *et al.*, 1975; Deffontaines y Petit, 1985; Duru, 1980; Osty, 1978).

En general, la organización y planificación de cualquier actividad económica puede estar enfocada hacia una «optimización inmediata» o hacia una «planificación a largo plazo», dependiendo de la lógica financiera del encargado de tomar las decisiones (Roggero *et al.*, 1996).

En el caso de la explotación agraria -albergada bajo ese concepto de sistema familia-explotación- las herramientas de gestión fijadas por el agricultor y las decisiones adoptadas no se determinan basándose en la situación económica o financiera inmediatamente posterior, sino que constituyen una apuesta a largo plazo que en muchos casos abarca los proyectos de un grupo familiar durante más de una generación (Deffontaines y Petit, 1985; Attonaty y Soler, 1993). Por tanto, el éxito de la misma estará en función de una gran variedad de posibilidades y alternativas de toda índole presentadas a lo largo del proceso de toma de decisiones.

Desde esta perspectiva, Bonnevalle *et al.* (1989) ofrecen una representación conceptual simplificadora de la complejidad del sistema familia-explotación, descomponiéndola en tres subsistemas principales: de Operaciones, de Decisión, de Información; los tres interrelacionados entre sí.

#### 4.1 Subsistema de Operaciones

Según Bonnevalle *et al.* (1989), este subsistema se refiere a la combinación entre los distintos factores de producción<sup>11</sup> y las acciones encaminadas hacia la gestión de los procesos

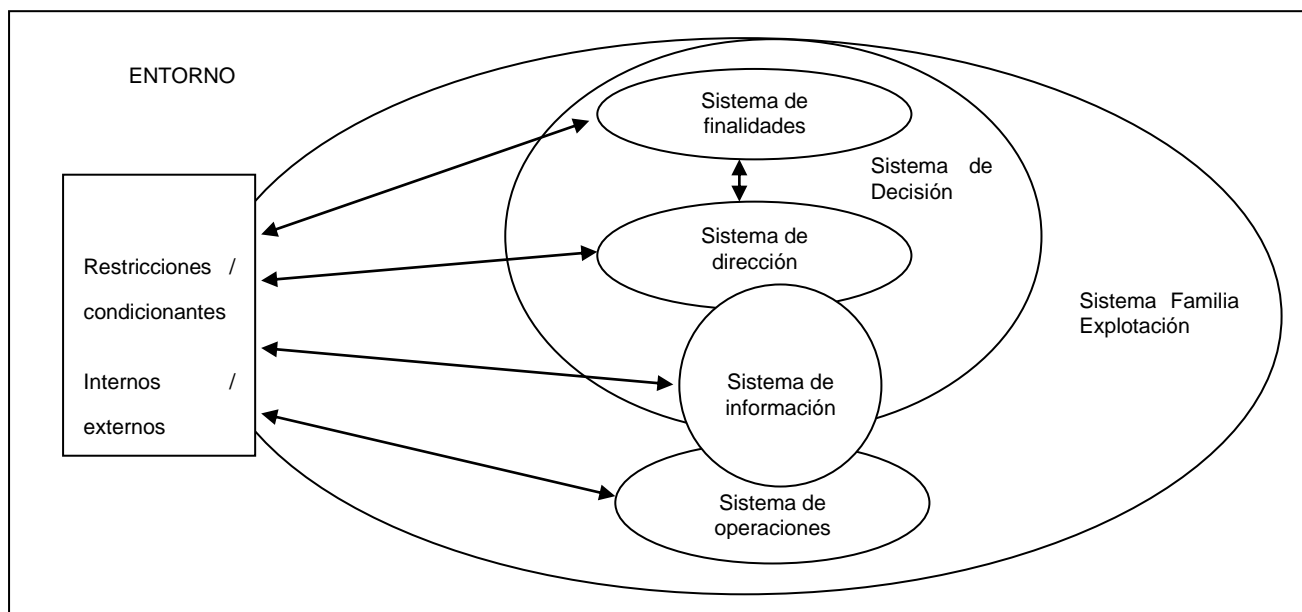
---

<sup>11</sup> Los distintos factores de producción, según Bonnevalle *et al.* (1989), son a su vez elementos de los subsistemas biológico, de trabajo y financiero; que coexisten en el sistema de la explotación agraria, entendida ésta bajo el concepto de la filiere francesa

productivos. Representa en sí mismo un subsistema organizado en el que tienen lugar un gran número de interacciones entre todos y cada uno de los elementos que lo componen (Figura 29).

El hecho de que el proceso productivo tenga que desarrollarse de manera ordenada para la consecución de unos objetivos, supone que éste no se produzca de manera espontánea. En primer lugar, la utilización de los medios de producción, edificios, maquinaria e instalaciones de diversa índole (ej. cercados, bebederos, puntos de riego, etc.), así como del mantenimiento de éstas, supone una *demanda de trabajo*. Ésta constituye uno de los elementos más dinámicos del sistema. Así, junto a unas necesidades iniciales más o menos predecibles, las cuales tienden a evolucionar de manera cíclica a lo largo de la campaña productiva, hay que considerar aquellas que puedan surgir por efecto de gran número de factores en el desarrollo del proceso productivo (Dedieu *et al.*, 1993). De este modo las diferencias observadas entre unas épocas y otras, puede ser considerable.

Figura 29: Representación gráfica sistema familia-explotación



Fuente: Bonnevalle *et al.* (1989)

Las variaciones en la demanda de trabajo pueden tener su origen en modificaciones del ambiente externo (ej. climatología adversa que impide la realización de una determinada actividad en momentos concretos), o pueden estar ligados a una perturbación de tipo coyuntural del ambiente interno (ej. enfermedad, avería). Pero también pueden darse alteraciones de tipo estructural, como es el abandono o salida de la explotación por cualquier motivo de algún integrante del grupo familiar con participación activa hasta entonces (Duru, 1980).

En el caso particular de explotaciones con una capacidad de trabajo limitada debido al envejecimiento de la mano de obra disponible, y careciendo de sucesión de la misma, las decisiones suelen ir encaminadas hacia la disminución de las necesidades de trabajo por modificación de las prácticas agrícolas y de las variables de estructura. Como consecuencia de todo ello, a menudo los objetivos que el agricultor se marca en materia de trabajo son bastante débiles en el sentido de que admite unas jornadas de trabajo bastante cargadas.

No obstante, esos objetivos difieren de unas explotaciones a otras. Así, en algunas explotaciones se simplifican ciertas prácticas para disminuir el tiempo dedicado a las tareas diarias, aunque ello requiera un incremento del trabajo de estación (el cual, por cierto, es más susceptible de ser subcontratado) o mayor inversión en maquinaria e infraestructuras (Dedieu *et al.*, 1993).

En el proceso productivo, además de la demanda de trabajo, se produce una serie de entradas de capital en términos monetarios de muy diversa procedencia, siendo la venta de productos, las subvenciones y los empréstitos, los más habituales (Lana y Garriz, 1998a). Además, dado el carácter familiar de estas explotaciones, en ocasiones existen ingresos ajenos a la producción agraria (pagas por jubilación, retribuciones procedentes de trabajo en la industria o servicios, etc.) que inciden en el subsistema financiero de la unidad familiar, y que afectan de manera importante a su funcionamiento.

Por el contrario, hay que tener en cuenta una serie de salidas, como son los costes de producción. En este apartado habría que incluir el ahorro y el consumo familiar, puesto que a



veces resulta complicado separar los datos de la explotación propiamente dicha de los del grupo familiar ligado a ella (Duru, 1980).

A diferencia de lo que ocurre en las empresas del sector secundario o terciario, tanto los gastos como los ingresos netos percibidos por la explotación, no son uniformes. Así, dada una campaña productiva, la cuantía de las entradas y salidas son muy variables entre meses, puesto que funcionan con diferentes escalas de tiempo. Mientras unas se producen de manera diaria (ej. venta de leche), otras lo hacen mensualmente (ej. venta de lotes de animales), otras varias veces al año (ej. venta de cosechas) y algunas son de carácter anual (ej. cobro de subvenciones<sup>12</sup>) o incluso cada varios años (ej. venta de determinados cultivos, desvieje de animales).

Esta variabilidad puede ser también importante entre campañas productivas diferentes (Lana y Garriz, 1998b; Santamaría *et al.*, 1998), por efecto de diferentes factores coyunturales que pueden presentarse en un momento dado (ej.: abortos, mastitis, granizo, etc.) u otros estructurales (ej: desaparición de subvenciones, cambio de política fiscal, etc.). En aquellas explotaciones en las que estas variaciones interanuales son habitualmente muy marcadas, el ahorro va a jugar un papel determinante como garante de la supervivencia de la explotación.

Los índices clásicos de contabilidad (margen bruto, ingresos por unidad de superficie, etc.) van a resultar una herramienta interesante, y válida, aunque por sí mismos son insuficientes para comprender las decisiones adoptadas en la explotación, las cuales tienen en cuenta el conjunto de elementos del sistema.

La interacción entre todos los elementos productivos del sistema se realiza por medio de técnicas y de prácticas. Las primeras, tal y como lo entiende Theissier (1978), constituyen un conjunto ordenado de operaciones que, basados en una serie de conocimientos de origen científico y/o empírico, o más frecuentemente aún, en ambos a la vez, persiguen la consecución

---

<sup>12</sup> Ejemplos típicos son las subvenciones entregadas a productores silvoagropecuarios en Europa y Estados Unidos.

de una finalidad. A su vez, según dicho autor, las prácticas son el conjunto de actividades elementales que realiza el agricultor, su manera de hacer las cosas, acorde a su propia percepción del proceso productivo. Mientras las primeras pueden ser descritas independientemente del agricultor o del ganadero pues están en el orden del conocimiento, las segundas, que están en el orden de la acción, requieren de ésta para su estudio (Deffontaines y Petit, 1985). Por ello, el análisis de las prácticas puede ser revelador tanto del proyecto de explotación, como de su situación en un momento dado (Deffontaines y Petit, 1985; Dedieu *et al.*, 1993).

#### 4.2 Subsistema de Decisión

Para Bonneville *et al.* (1989), corresponde al entorno en el que, sobre la base de la información disponible referente a la explotación y al medio en el que se asienta, surgen las directrices de orden estratégico y táctico que rigen el sistema operador, descomponiéndose según Bonneville *et al.* (1989), en tres niveles de decisión:

– *De finalidades*: son los objetivos que el componente humano de la explotación marca *a priori* para lograr en un determinado plazo. Como finalidad se conoce toda propiedad que parece perseguir el sistema, al menos durante un determinado período de tiempo, a pesar de las modificaciones del ambiente.

Duru (1980) plantea que la jerarquización de las distintas finalidades permite establecer una relación entre todas ellas, de manera que un determinado nivel constituye un medio para alcanzar otra de un nivel superior. Además, propone la siguiente terminología según el nivel de finalidad considerado, y comenzado desde el nivel más alto, son:

a) Fin: constituye un reflejo de la percepción que el agricultor tiene de su explotación y de sus gustos (ej. tipo de ganadería, autarquía, durabilidad de la explotación, independencia o no de la organización del trabajo, etc.).

b) Objetivo: se refiere al nivel de las elecciones políticas (ej. tipo de inversiones, modificaciones del sistema, etc.), y se ajustan a largo plazo.

– *De dirección estratégica:* en este nivel se realiza la planificación y se determina el conjunto de programas a llevar a cabo en función de los objetivos marcados (Duru, 1980). Estas elecciones estratégicas van a determinar el nivel de ingresos de la actividad, y habrán de ser ajustadas a medio plazo (ej. determinación del manejo de la superficie, edificios, rebaño, forma de comercialización de las producciones, etc.).

– *De dirección táctica:* se refiere al empleo de los recursos disponibles, es decir, a las elecciones concretas realizadas y a la puesta en práctica de las técnicas (ej. cuándo segar una parcela concreta, o vender animales, etc.). Así como las decisiones de carácter estratégico determinan el nivel de ingresos de la explotación, éstas determinan los ingresos concretos obtenidos durante la campaña productiva.

Al estudiar el funcionamiento de la explotación, es posible observar que la mayor parte de las decisiones del agricultor conciernen a los ajustes ligados bien a un cambio de finalidades (ej. pasar de una explotación lechera a otra de producción de carne), o a una modificación estratégica (ej. un aumento del tamaño del rebaño requiere una modificación del sistema forrajero), o de las tácticas para tratar de amortiguar el impacto de un cambio del entorno (ej. variaciones de precios) (Duru, 1980).

#### 4.3 Subsistema de Información

Constituye el nexo de unión entre los anteriores y es el que permite que haya un proceso de retroalimentación en ambos sentidos, de forma que tenga lugar una conexión coherente, flexible y lo más rápida posible entre ambos (Duru, 1980). Es éste uno de los «lugares» donde se establece la relación con el medio, puesto que permite tanto la adquisición como el aporte de conocimientos y datos de diversa índole con el entorno.

La actividad de información consiste fundamentalmente en la traducción de los fenómenos observados a conceptos, por lo que depende de la formación, experiencia y ambiente del agricultor. En lo referente a dicho ambiente, hay que tener en cuenta de manera especial el efecto de los técnicos adscritos a los programas de asesoramiento.

Es por medio de la actividad de información que el agricultor percibe una determinada visión tanto de la situación de su propia explotación como del ambiente en el que esta se enmarca (Doppler, 1994). En función de ello, y mediante una actividad prospectiva, construye unos determinados escenarios de futuro, los cuales se pueden diferenciar en probables, posibles y deseables. Mediante la definición apriorística del campo de aquellos posibles, planifica los diferentes itinerarios que le permitirían alcanzar esa situación prefijada (Dent, 1996).

Estos itinerarios se traducen en una serie de decisiones, apuestas (Duru, 1980), que el agricultor realiza en función de un presumible devenir de los acontecimientos y de su conocimiento sobre las técnicas disponibles. Obviamente, esto encierra un importante componente de subjetividad, pues se trata de traducir las intenciones y aspiraciones de un individuo o grupo familiar en actos concretos. Por último, quedaría la fase de ejecución o puesta en práctica de un conjunto de acciones coordinadas, y coherentes con la apuesta realizada en función de la situación y los objetivos (Caron *et al.*, 1994). Es en este nivel en el que las técnicas se materializan por medio de las prácticas. El estudio de éstas será, por tanto, revelador de las estrategias y tácticas del agricultor y, en último término, permitirá un acercamiento a los objetivos marcados para el productor, su familia o su grupo social (Landais y Deffontaines, 1990).

En el supuesto de que tal devenir no tenga lugar según lo previsto, la consecución de los objetivos prefijados dependerá de la capacidad del agricultor para adoptar las oportunas medidas de regulación y adaptación.

En definitiva, el proceso de toma de decisiones se basa en un conjunto de prácticas adoptadas por el agricultor o ganadero. El origen de dichas normas subyace en la formación y preparación de éste, su herencia cultural y en las recomendaciones proporcionadas desde el entorno (familia, vecinos, agricultores, servicios de asesoramiento, etc.), obviamente condicionada por la experiencia adquirida en el desempeño de la actividad (Beranger y Vissac, 1994).

Beranger y Vissac (1994), en el intento de establecer un proceso eficaz de toma de decisiones, proponen una representación sistémica basada en dos paradigmas. En primer lugar estaría la consistencia entre la situación del agricultor y sus objetivos; y en segundo término, el nexo entre el funcionamiento y la estructura del sistema, de manera que ésta limita al primero, aunque el primero puede igualmente modificar la segunda.

Sin embargo, la creciente complejidad y volubilidad del ambiente que rodea a la actividad agraria tanto desde el punto de vista económico como sociológico, junto a la globalización de los mercados, supone que el agricultor necesite de mayor asesoramiento para mejorar la toma de decisiones (Doppler, 1994). La razón es que se considera que, bajo esta complejidad, la adaptación esperada por parte de agricultores y ganaderos a las sucesivas situaciones que se vayan planteando será cada vez más compleja, costosa y arriesgada (McCown *et al.*, 1994).

## TERCERA PARTE. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS NATURALES

### 1. Sistema Climático

La variabilidad del clima ha sido una constante de la historia. Desde los primeros registros que el ser humano dejó plasmados acerca de su relación con el clima, la primera y más común de las observaciones ha sido que el clima es cambiante y, en buena medida, impredecible. A esta variabilidad natural del clima se ha sumado, en las décadas recientes, la inquietante comprobación de que las actividades del propio ser humano están incidiendo en el cambio del clima con efectos indeseables. A ello se refiere la denominación de cambio climático antropogénico, es decir, “las alteraciones en el delicado equilibrio del clima del planeta causadas por el propio ser humano” (Galindo, 2007).

*Figura 30: Marco esquemático de los originantes e impactos antropogénicos del cambio climático y de las respuestas a ese cambio*



Fuente: IPCC, 2007

El clima global es un bien público y por tanto, el cambio climático, desde una óptica económica, representa la mayor externalidad negativa global (Stern, 2007) y dada su magnitud, determinará en gran medida las características y condiciones del desarrollo económico en este siglo, donde los impactos y los procesos de adaptación esperados estarán dados en diversas actividades económicas: sector agropecuario, sector hídrico, cambio de uso de suelo, biodiversidad, turismo, infraestructura y la salud de la población. En la Figura 30, se representan esquemáticamente los originantes antropógenos y los impactos del cambio climático, así como las respuestas a ese cambio, sus vínculos e interrelaciones entre los distintos sistemas.

El cuarto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC (2007) establece cuatro conclusiones científicas:

1. El calentamiento del sistema climático es inequívoco (Figura 31).

2. El aumento de los gases de efecto invernadero registra un incremento significativo desde 1850 asociado al proceso de industrialización ocasionando un aumento de la temperatura global el planeta y otros impactos climáticos (Figura 32).

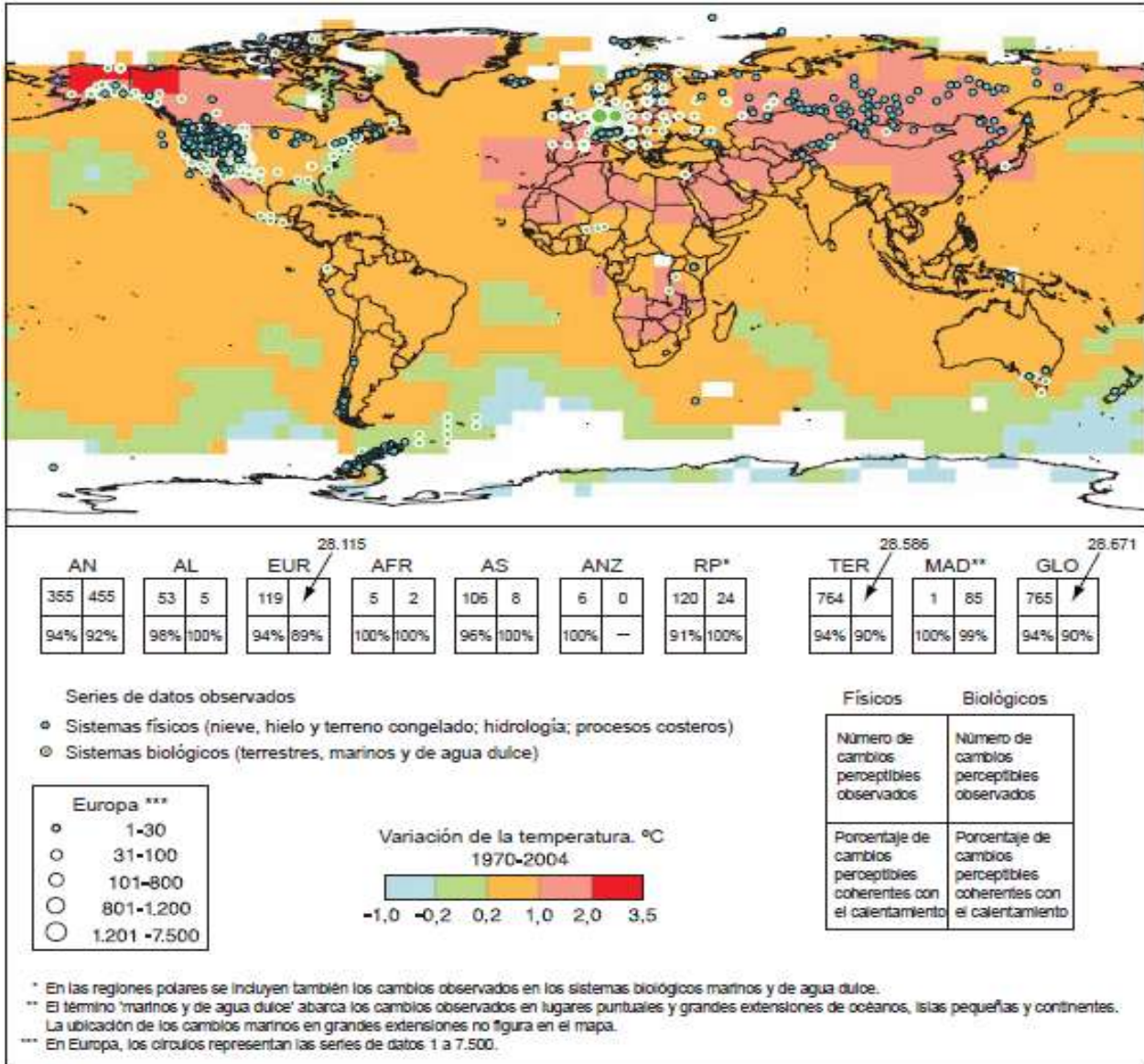
3. El calentamiento global significará un aumento en la temperatura del planeta, con mayor probabilidad, de entre 1.1 a 4.5 grados centígrados, aunque existen incluso predicciones más pesimistas que llegan a 6 grados, y un incremento en el nivel del mar de 28 a 43 centímetros para este siglo, además se observarán cambios importantes en los patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos.

4. El cambio climático está teniendo una influencia discernible sobre muchos de los sistemas físicos y biológicos.

Estas cuatro conclusiones tienen su traducción práctica en lo que los propios científicos del IPCC llaman los patrones asociados al cambio climático: derretimiento de las capas de hielo, lo que provocaría el aumento del nivel del mar y la inundación y destrucción de algunas costas; presencia de lluvia en tiempos y lugares antes no existentes; sequías más prolongadas

e intensas en otras zonas; extinción de muchas especies animales y vegetales; aumento de enfermedades; incremento en la intensidad de los eventos extremos como ciclones tropicales.

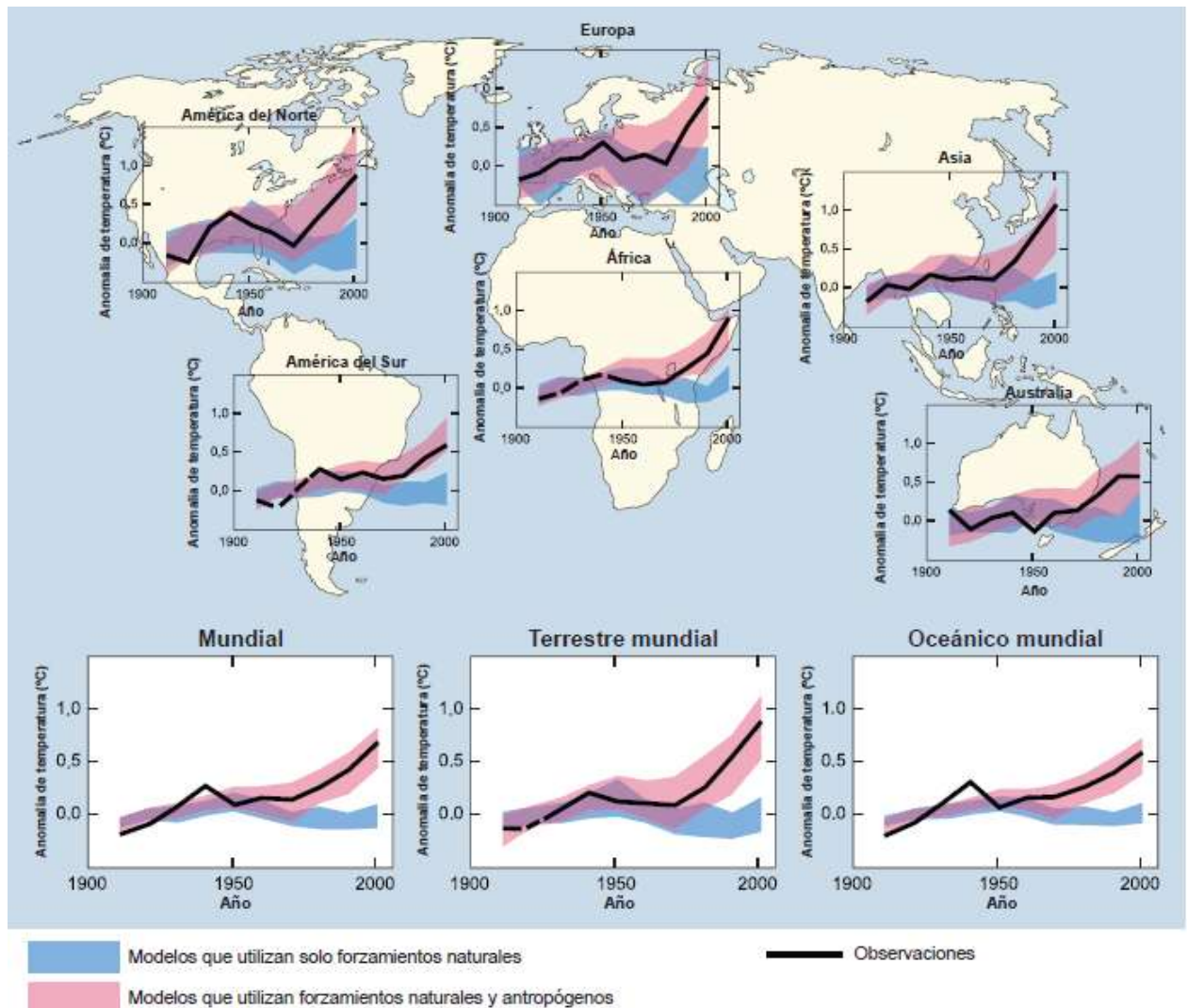
Figura 31: Cambios experimentados por los sistemas físicos y biológicos y por la temperatura superficial en 1970-2004



Fuente: IPCC, 2007



Figura 32: Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental



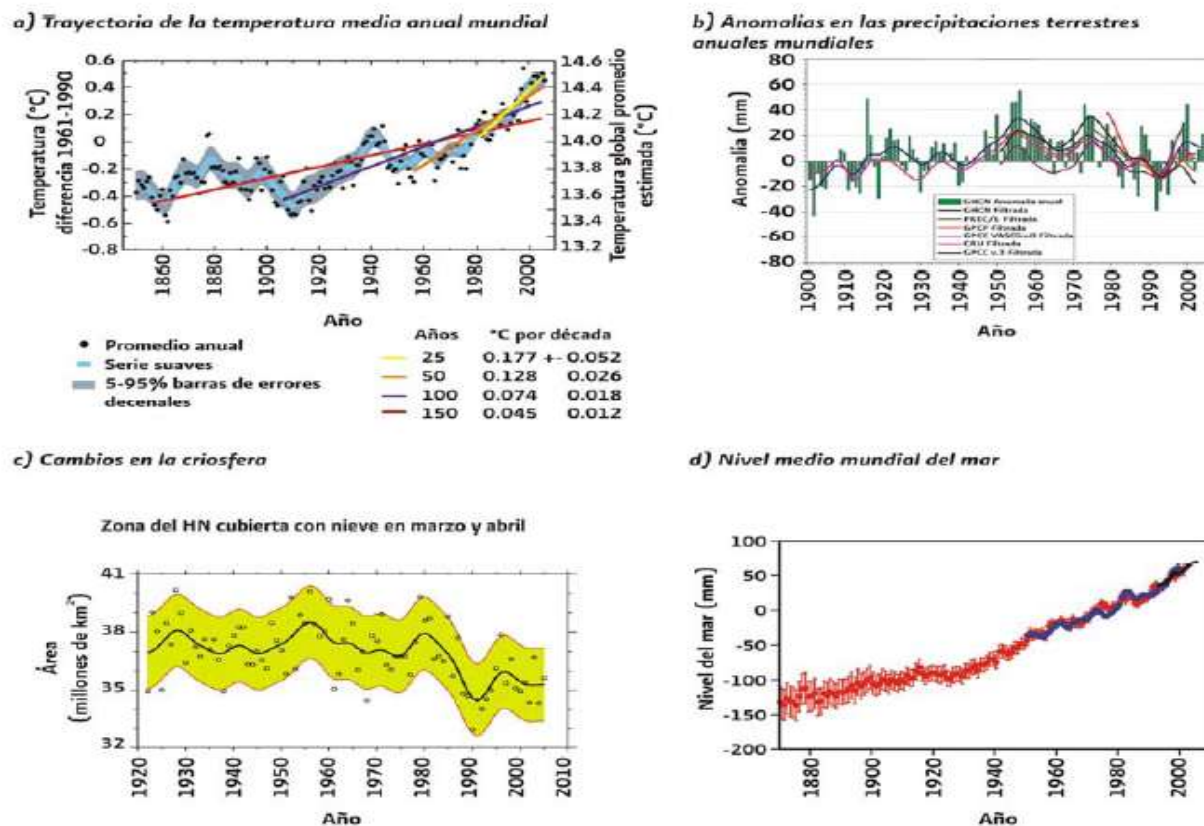
Fuente IPCC, 2007

Las actividades antropogénicas y algunos procesos naturales son las causas directa e indirecta del cambio del sistema climático. Esto es, en las últimas décadas el aumento de la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) es el factor dominante en el forzamiento radiativo (IPCC, 2007). De esta forma, la mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias mundiales desde mediados del siglo veinte se debe muy probablemente al aumento de las concentraciones de GEI de origen antropogénico

La evidencia disponible indica que la tasa de calentamiento durante los últimos 50 años ha sido en promedio  $0.13^{\circ}\text{C} \pm 0.03^{\circ}\text{C}$  por década, duplicándose en los últimos 100 años. Tal y como se observa en la Figura 31, las regiones con mayores alzas de temperatura se ubican en el Hemisferio norte, siendo menos afectadas las del Hemisferio sur.

Las precipitaciones más intensas (Figura 33, b)) han crecido de una manera alarmante desde 1950, incluso en regiones donde las precipitaciones eran menores. Por otro lado, se han presentado aumentos en las sequías desde 1970, particularmente en los trópicos y subtrópicos, que están relacionadas con las disminuciones de las precipitaciones y con temperaturas más altas.

**Figura 33: Manifestaciones del cambio climático observadas**



Fuente IPCC, 2007

La asociación entre actividades económicas, emisiones de GEI y cambio climático permite la construcción de diversos escenarios de emisiones, con distintos supuestos

económicos y sociales, con sus correspondientes consecuencias climáticas (Cuadro 12) donde destaca un rango esperado de calentamiento global que va de 0.3°C, en el caso de concentraciones constantes de Gases de Efecto Invernadero a 6.4°C, en el caso del escenario de emisiones más altas (A1FI), con una dispersión entre modelos y realizaciones promedio de entre 0.6°C a 4.0°C.

Cuadro 12: Calentamiento medio mundial proyectado para la superficie e incremento del nivel del mar a finales del siglo XXI

Caso	Cambio de temperatura (°C a 2090-2099 relativo a 1980-1999) <sup>a</sup>		Aumento del nivel del mar (m a 2090-2099 relativo a 1980-1999)
	Mejor cálculo	Margen probable	Margen basado en modelos <sup>c</sup>
Concentraciones durante el año constante 2000 <sup>b</sup>	0.6	0.3 – 0.9	NA
Escenario B1	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
Escenario A1T	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
Escenario B2	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
Escenario A1B	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
Escenario A2	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
Escenario A1FI	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Notas: <sup>a</sup> Estos cálculos se evalúan a partir de una jerarquía de modelos que abarca un modelo sencillo de clima, varios Modelos de Sistemas Terrestres de Complejidad Intermedia (EMIC), y una gran cantidad de Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano (MCMAO). <sup>b</sup> La composición constante para el año 2000 se deriva solamente de MCMAO. <sup>c</sup> Se excluyen los cambios rápidos, dinámicos futuros en el flujo de hielo. Fuente: IPCC, 2007.

Fuente IPCC, 2007

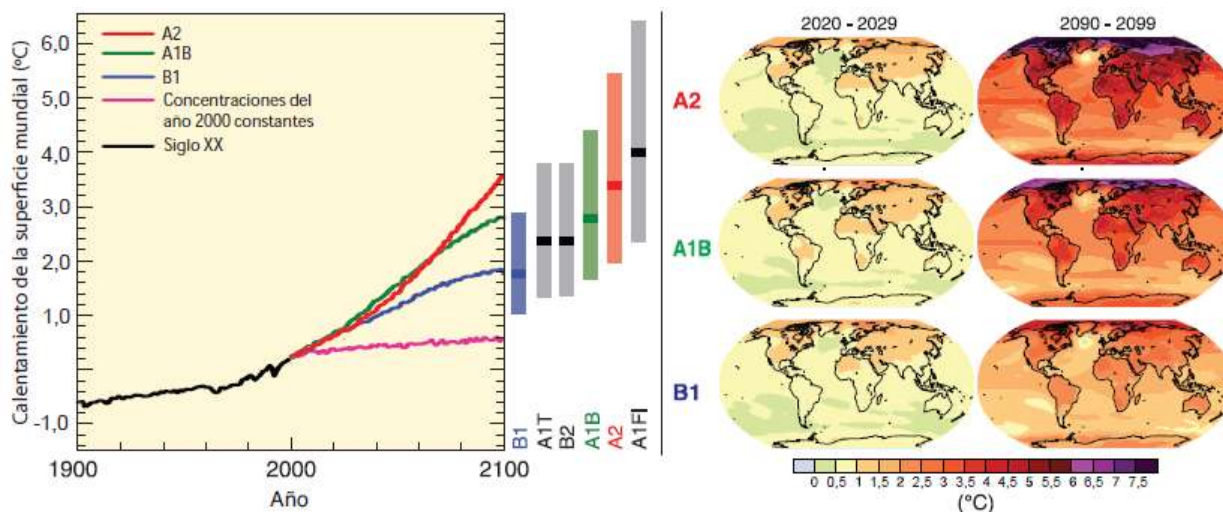
En el caso de la precipitación, las proyecciones indican una tendencia decreciente en gran parte de las zonas subtropicales (Figura 35), aunque estas proyecciones tienen una mayor dispersión entre modelos y realizaciones.

Las diferencias entre modelos y realizaciones (experimentos con modelos que parten de condiciones iniciales distintas) permiten una primera aproximación a la incertidumbre en los escenarios de cambio climático. Así, prácticamente no existe incertidumbre de que el planeta aumentará su temperatura, aunque persiste una incertidumbre significativa sobre las proyecciones con las lluvias a nivel regional y otros eventos climáticos.

La Figura 34, muestra las proyecciones en 3 escenarios en base a la información del período 1980 – 1999 obtenidas de un modelo de circulación general atmósfera-oceano en el se

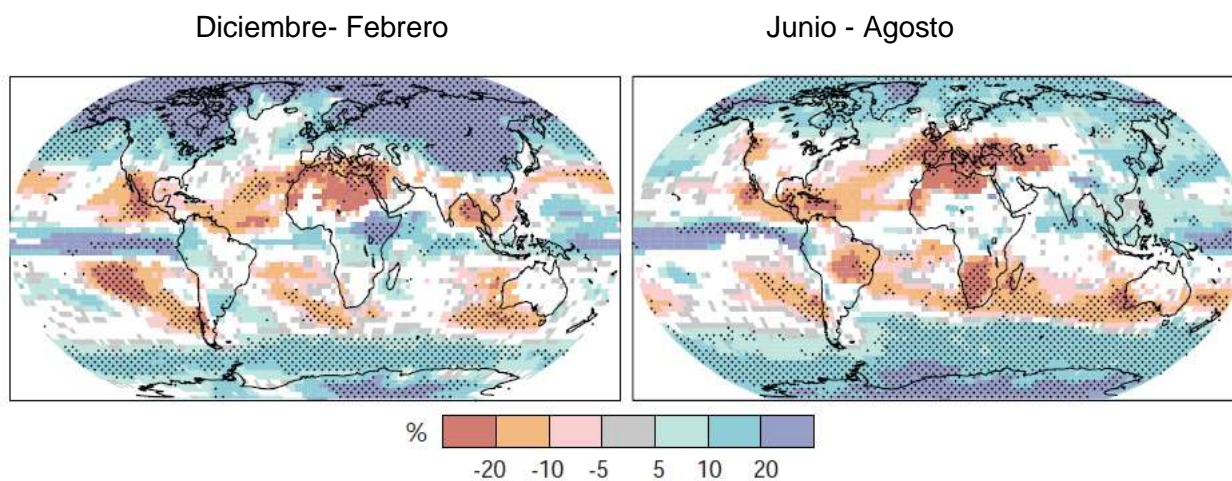
aprecia que el calentamiento proyectado para el siglo XXI apunta a unas pautas geográficas similares, con independencia del escenario, a las observadas en los últimos decenios. Se espera un calentamiento máximo sobre tierra firme y en la mayoría de las latitudes septentrionales altas, y mínimo sobre el Océano Austral (cerca de la región antártica) y sobre el norte del Atlántico Norte, en continuidad con las tendencias recientes observadas.

**Figura 34: Proyecciones de temperatura mundiales**



Fuente: IPCC, 2007

**Figura 35: Proyecciones multimodelo de las pautas de cambio de las precipitaciones**



Fuente: IPCC, 2007

Se proyecta una contracción de la extensión de la cubierta de nieve. Se proyectan asimismo aumentos profusos del espesor de deshielo en la mayoría de las regiones de permafrost. Se experimentaría también una retracción de los hielos marinos tanto en el ártico como en el antártico en todos los escenarios IEEE. En ciertas proyecciones, el hielo marino ártico del final del verano desaparece casi completamente hacia el final del siglo XXI.

Es *muy probable* que aumente la frecuencia de los valores extremos, de las olas de calor y de las precipitaciones intensas. Según una franja de modelos, es *probable* que en el futuro los ciclones tropicales (tifones y huracanes) sean más intensos con máximos más acentuados de la velocidad del viento y mayor abundancia de precipitaciones intensas, todo ello vinculado al constante aumento de la temperatura superficial de los mares tropicales. Con un menor grado de confianza, las proyecciones indican una disminución mundial del número de ciclones tropicales.

El aparente aumento proporcional de las tempestades muy intensas desde 1970 en algunas regiones es mucho mayor que el simulado por los modelos actuales para ese período.

Las trayectorias de tempestad extratropicales progresarían hacia los polos, con los consiguientes cambios en las pautas de viento, de precipitación y de temperatura, como continuación de las pautas generales de las tendencias observadas durante el medio siglo pasado.

Es *muy probable* que aumente cuantitativamente la precipitación en latitudes altas, disminuyendo *probablemente* en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales (tan sustancialmente como un 20% aproximadamente en el escenario A1B de aquí a 2100, Figura 35), como continuación de las pautas observadas en las tendencias recientes.

### 1.1 La zona de estudio y el cambio climático. Evolución reciente y proyecciones

La zona de estudio se ubica geográficamente en el hemisferio sur y de acuerdo al análisis anterior, es una de las zonas menos afectada por el cambio climático en el pasado

reciente y futuro proyectado. En efecto, el IPCC (2007) proyecta aumentos de temperatura entre 0.5 a 1 °C para comienzo del siglo 21 y de hasta de 2 °C a fines del presente siglo. Con respecto a las precipitaciones se proyecta una disminución porcentual de las precipitaciones entre un 5 a un 10%.

En la actualidad, la zona en estudio se caracteriza por no poseer meses secos, es decir, meses con precipitaciones mensuales inferiores a 40 mm (Dirección meteorológica de Chile), lo cual concuerda con lo observado en la Figura 36, donde se establecen los promedios mensuales de precipitación ocurridos para el período 1976 a 2007, donde el mes con menor precipitación es febrero, con un promedio de 72 mm mensuales en el período analizado.

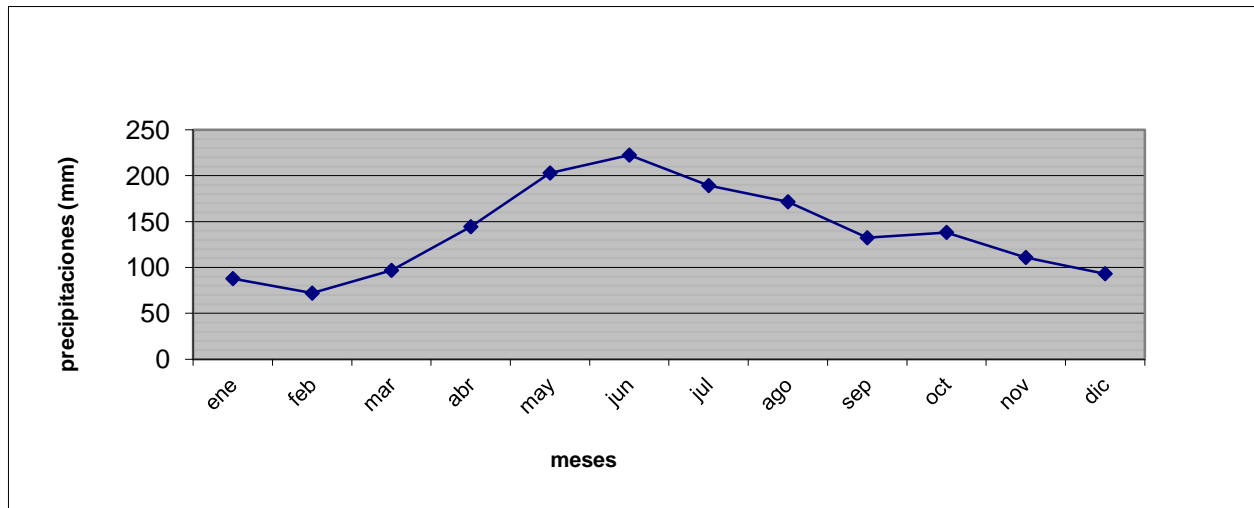
Según la dirección meteorológica de Chile, el período más lluvioso es de mayo a agosto concentrándose entre el 50% y 60% del agua caída en el año, lo anterior concuerda con lo observado en la Figura 36, donde se aprecia un breve período de menores precipitaciones estivales (15% de las precipitaciones anuales), otoños (27%) y primaveras (23%) lluviosas y un período invernal caracterizado por una concentración de las precipitaciones en los meses de junio, julio y agosto (35%).

La distribución anual de las precipitaciones mensuales para el período de análisis (1976-2007) corresponde a la distribución típica del subtipo climático templado lluvioso con influencia mediterránea. Este subtipo se extiende por el norte desde el extremo sur de la Región de la Araucanía, Región de los Ríos y Región de Los Lagos aproximadamente hasta la latitud 42°20', alcanzando el tercio superior de la Isla Grande de Chiloé y su extensión hacia el territorio continental.

La temperatura media es de 11° C, lo que ya no corresponde a los climas cálidos. La homogeneidad del relieve, también produce valores reducidos en las amplitudes térmicas, así como similitud en las características térmicas generales de la Región. La amplitud térmica anual es muy similar en todo el territorio anteriormente, existiendo una diferencia para la zona de

estudio, donde ésta alcanza los 8.5° C, por cuanto sus temperaturas están moderadas por el seno de Reloncaví.

Figura 36: Distribución anual de precipitaciones mensuales en la zona de estudio para el período 1975 a 2007



Fuente: elaborada por la autora en base a registros climatológicos de la Dirección de aeronáutica de Chile y la Dirección meteorológica de Chile

Respecto a las predicciones de aumento de temperatura, según el IPCC (2007), en la zona de estudio aumentaría en promedio 0.5 grados al año 2029 (ver Figura 34), temperaturas que no afectan negativamente a la actividad silvoagropecuaria actual.

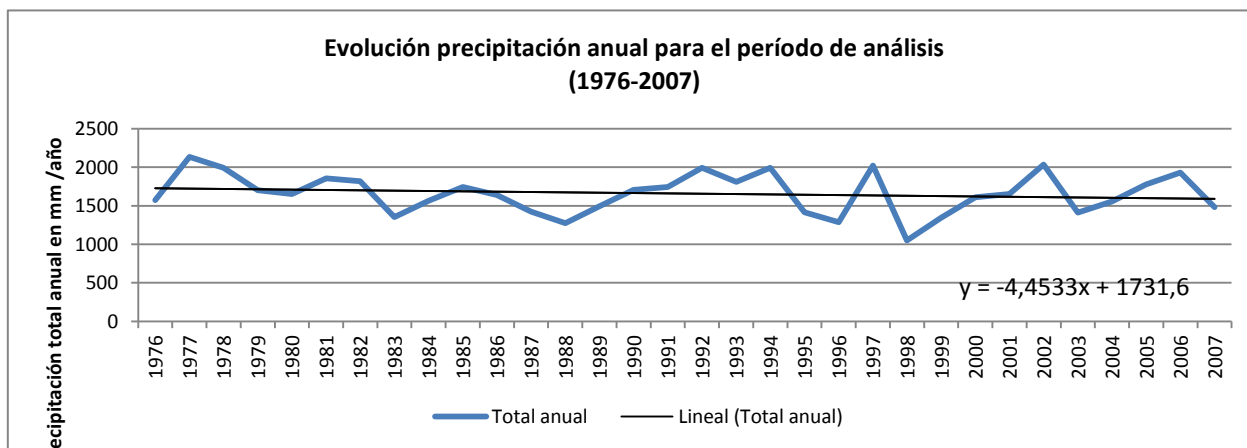
Si bien las variaciones de relieve no son suficientes para producir variaciones significativas en la distribución de las temperaturas, sí generan diferencias en los montos de las precipitaciones, las que además se ven influenciadas por la altura y la latitud. En Corral y Niebla se superan los 2.000 mm; descienden a menos de 1.900 mm en Valdivia (Pichoy), descienden más aún en Osorno (1.330 mm.) por los efectos de la Cordillera Pelada al oeste y aumentan a 1.800 mm en Puerto Montt (zona de estudio). Hacia la Cordillera de los Andes aumentan más todavía y con intensas nevazones en invierno (Puerto Fuy, Huilo-Huilo, Puerto Marín, Lago Rupanco, Lago Chapo, Lago Todos los Santos).

En la Región existen numerosos lagos, los que además de darle el nombre a la misma, ayudan a mantener la homogeneidad térmica y son fuentes de humedad, lo que es otra característica de este clima. La humedad media es superior al 80% y no hay meses con humedad media inferior a 75%. Las precipitaciones son producidas por frecuentes sistemas frontales que cruzan la zona, los que a su vez producen abundante nubosidad y poca cantidad de días despejados.

La tendencia de la precipitación anual acumulada durante el período de estudio, concuerda con lo observado por el IPCC (2007) en cuanto se observa una tendencia de disminución de la precipitación anual del orden del 4,4 % (Figura 37), pero es necesario analizar cual ha sido además el comportamiento por estación climática, de manera de proyectar la precipitación anual, pero también su distribución.

Las tendencias observadas en las Figura 37, Figura 38 y Figura 39, indican años menos lluviosos, pero con precipitaciones que se desplazan hacia la primavera y verano, haciendo que en estas estaciones sean más lluviosas y menos lluviosas las estaciones de otoño e invierno, distribuyéndose la precipitación a lo largo del año.

**Figura 37: Tendencia de la precipitación anual en la zona de estudio**

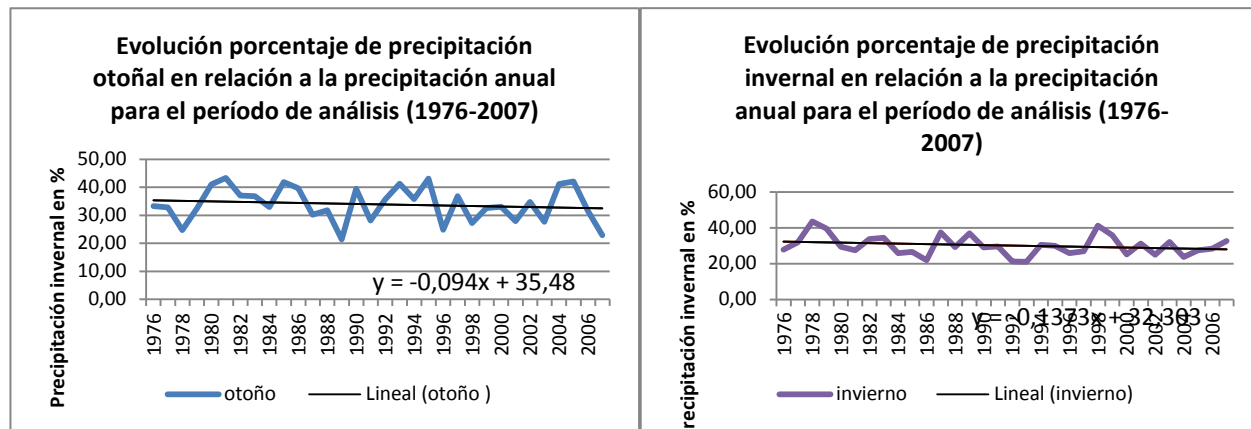


Fuente: Elaborado en base a información oficial de la Dirección aeronáutica de Chile y Dirección Meteorológica de Chile.



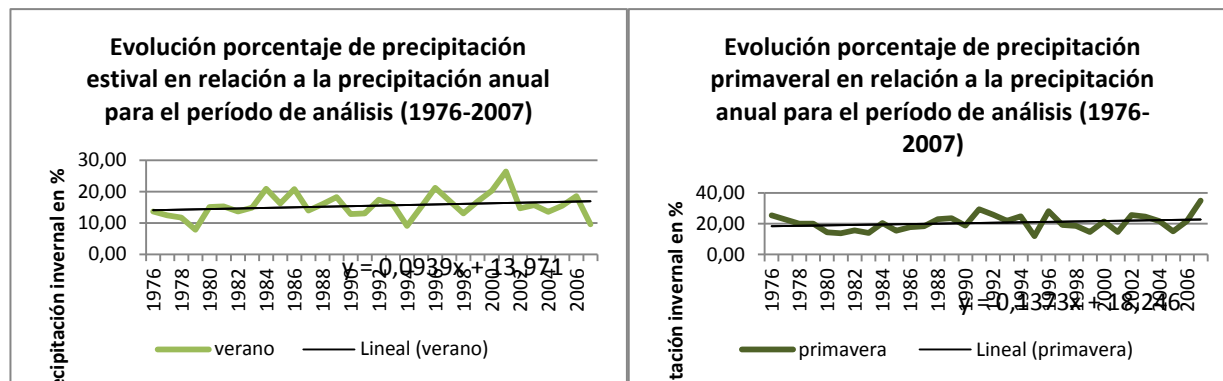
El clima descrito y en particular la distribución de sus precipitaciones, son adecuados para el desarrollo de ciertas actividades productivas relacionadas con la producción de forraje en base a praderas y producción de papas como principal actividad agrícola.

**Figura 38: Tendencia de la precipitación otoñal e invernal en la zona de estudio**



Fuente: Elaborado en base a información oficial de la Dirección aeronáutica de Chile y Dirección Meteorológica de Chile.

**Figura 39: Tendencia de la precipitación estival en la zona de estudio**



Fuente: Elaborado en base a información oficial de la Dirección aeronáutica de Chile y Dirección Meteorológica de Chile.

Las proyecciones realizadas hasta el año 2024, se basan por tanto en las tendencias locales observadas, las cuales coinciden con lo planteado con el IPCC (2007). La serie completa puede ser consultada en anexos.

## 2. Sistemas Biológicos en una explotación silvoagropecuaria

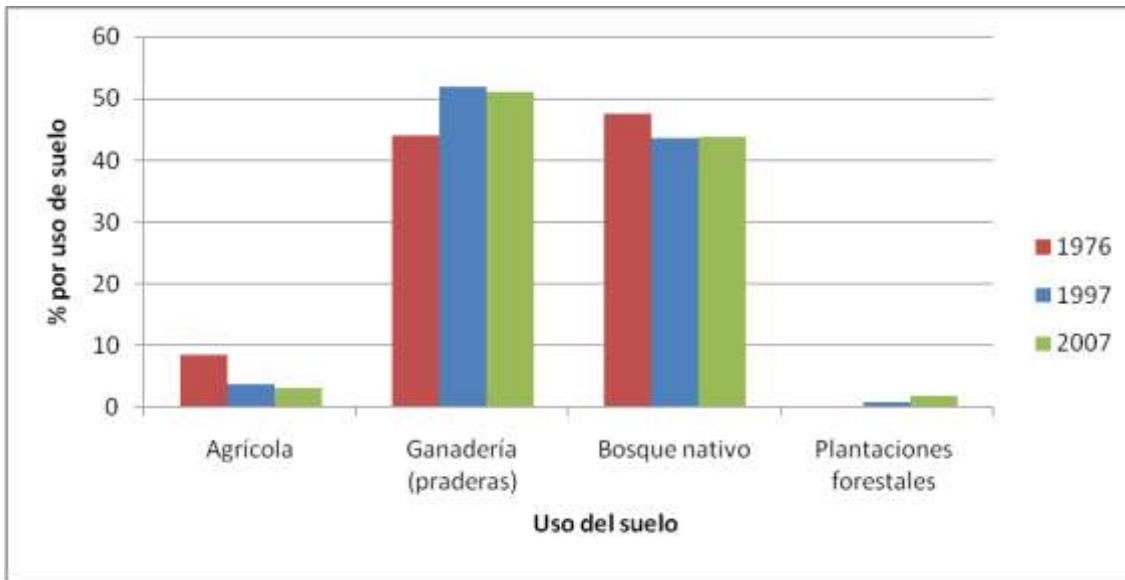
Los sistemas biológicos corresponden según Ruiz (2001) al conjunto de organismos vivos que conforman el sistema de transformación dentro de la explotación agraria y constituye la parte productiva propiamente dicha. El número de elementos que lo integran depende de los objetivos de ésta. Así, en aquellas explotaciones de vocación eminentemente agrícola está constituido únicamente por los terrenos de la explotación y los cultivos asentados sobre ellos (*Subsistema de Cultivos*). Con la inclusión de un capital animal en el proceso productivo (*Subsistema de Producción Animal*), el subsistema biológico se complica (Gibon, 1981). El grado de complejidad aumenta a medida que lo hace el número de especies animales o vegetales y las aptitudes de éstas.

En consideración a las principales actividades productivas de la zona de estudio y teniendo en cuenta la información de los censos silvoagropecuarios realizados en los años 1976-1997 y 2007 muestran que en la zona de estudio el mayor uso dado al suelo ha sido históricamente el de praderas, seguido por el de bosque nativo y en un menor porcentaje, la actividad agrícola e incipientemente a partir del año 1997, las plantaciones forestales. La tendencia ha sido la disminución de las actividades agrícolas, el aumento y posterior mantención de las praderas; la disminución y posterior mantención relativa del bosque nativo y una ampliación de la superficie de las plantaciones forestales (Figura 40).

Al analizar la situación de un predio promedio, se aprecia que la superficie promedio predial de la zona de estudio a disminuido (de 45 a 30 hectáreas) y que los usos predominantes son los mismos señaladas a nivel general, pero que es posible realizar una distinción entre praderas intensivas y extensivas, donde ambos tipos evidencian un crecimiento porcentual desde 1976 a 1997, pero una mantención al año 2007 en relación al año 1997 (Cuadro 13).

En relación a los usos observados y teniendo en cuenta las consideraciones de Ruiz (2001) y Gibon (1981) es que se consideran los siguientes sistemas biológicos de la explotación agropecuaria: sistema bosque nativo (para extracción de leña), sistema agrícola, sistema ganadero intensivo, sistema ganadero extensivo y sistema plantaciones forestales.

*Figura 40. Evolución del uso de suelo en la zona de estudio, Región de Los Lagos (% del uso de suelo sobre la superficie total)*



Fuente: elaborado en base a información de INE, Censos silvoagropecuarios nacionales

*Cuadro 13: Evolución de la superficie promedio predial y distribución de usos de suelos.*

Uso del suelo	Censo silvoagropecuario					
	1975-1976		1997		2007	
	cantidad (has)	%	cantidad (has)	%	cantidad (has)	%
Cultivos (agrícola)	3,14	7	1,13	3	0,89	3
Praderas intensivas	7,66	17	8,00	23	6,94	23
Praderas extensivas	11,32	25	9,13	27	8,39	27
Bosques y montes	23,18	51	15,62	46	13,89	45
plantaciones forestales	0,00	0	0,23	1	0,56	2
Superficie total predio promedio:	45,31	100	34,11	100	30,67	100

Fuente: en base a INE, Censos silvoagropecuarios

### 2.1 Sistema bosque nativo

El bosque valdiviano, también llamado selva valdiviana, es una ecorregión del sur de Chile y reductos fronterizos al sudoeste de Argentina. En el ámbito académico se prefiere usar las denominaciones bosque templado de tipo valdiviano, bosque húmedo pluvial valdiviano o bosque laurifolio valdiviano y dejar de lado el apelativo de selva, que ha adquirido un sentido restringido al ámbito tropical.

Se caracteriza por tener bosques siempre verdes de múltiples estratos, en un clima templado-lluvioso u oceánico. En su forma natural, contiene especies nativas de gran altura, características de la Patagonia. Debido a su aislamiento geográfico, se destaca por su elevada cantidad de especies endémicas. Abarca una superficie de unos 300.000 km<sup>2</sup> entre el paralelo 37° S y el 48° S, si bien no existe acuerdo sobre sus límites, pues — aunque la mayoría de los autores coincide en incluir en primer lugar las formaciones arbóreas con predominio de angiospermas siempreverdes de hojas anchas y brillantes (laurifolias) — se producen divergencias por la inclusión o no de bosques caducifolios de clima mediterráneo y de bosques de coníferas.

El bosque Valdiviano es considerado un bosque primario, es decir, una forestación natural de especies nativas. Se caracteriza por una base orgánica de recursos que datan de hace 13.000 años, cuantiosas turbas y profundas tierras de hoja, sobre la base inicial de roca y arena volcánica, conformando una capa permeable con altos contenido de tierra de hoja y humus, que sustentan variedades de helechos y musgos y en general flora y fauna endémica, pero similares —si bien con otro clima— a lo que se denomina "Rain Forest".

La flora típica del bosque valdiviano, se compone de Avellano, Coigüe o Coihue, , Copihue, Luma, Quila, Tineo, Arrayán, Murta y dentro de la fauna se encuentra: Monito del monte, Pudú, Puma, Loro choroy, Cisne de cuello negro, entre otros

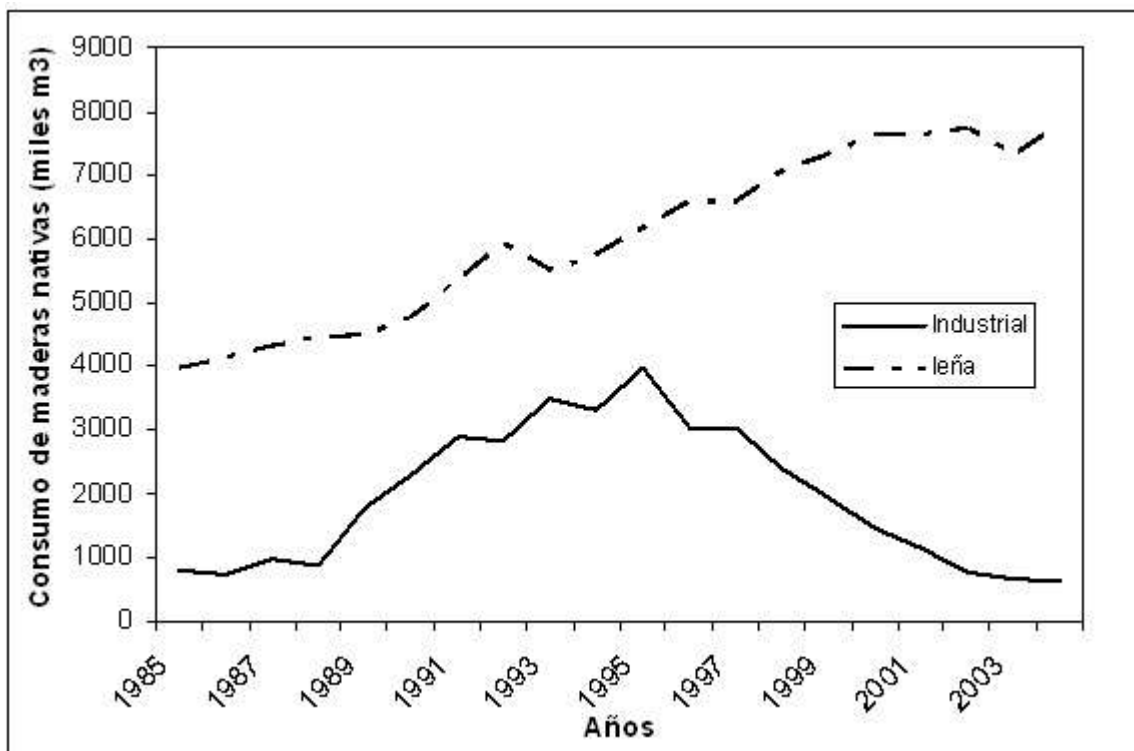
En Chile, existen 13 millones de hectáreas de bosques nativos y un 24% de ellos se encuentra en la región de Los Lagos y la de Los Ríos<sup>13</sup> (CONAF, et al, 1999). La zona de estudio corresponde a la zona sur de Chile, específicamente al territorio comprendido entre 41° 30´ S y 41° 54´ S, zona que se encuentra incluida entre las ecorregiones amenazadas del mundo, según Dinerstein, et al (1995) y que corresponde al territorio de la Patagonia occidental chilena del bosque valdiviano, en la región de Los Lagos.

---

<sup>13</sup> un 36% se encuentra en la Región de Aysén, el 24% en la región de Los Lagos y de Los Ríos y el 17% en la Región de Magallanes (CONAF et al. 1999).

La explotación y destrucción de bosques nativos ocurrió en forma masiva hasta bien avanzado el siglo XX, durante 1989 y 1995 se produjo un fuerte crecimiento en la demanda de maderas nativas para el mercado de las astillas (Figura 41), alcanzando un 40% del consumo nacional para este uso, elevándose hasta casi 4 millones de metros cúbicos anuales. En 2002 decayó hasta los 750 mil m<sup>3</sup> y se estabilizó a la fecha en un consumo entre 500 y 700 mil m<sup>3</sup> año-1 (INFOR 2008, Lara et al. 2008).

Figura 41: Consumo de maderas nativas entre el periodo 1985-2004 para abastecer a la industria y al consumo de leña en el sur de Chile..



Fuente: Lara et al. 2008

Durante los últimos 20 años, el consumo de leña de especies nativas se ha duplicado, pasando de 4 a casi 9 millones de m<sup>3</sup> anuales (Figura 41). A partir de 1999, la leña constituye más del 80% del consumo de maderas nativas, llegando en el 2004 al 92% del consumo nacional (Gómez-Lobo et al. 2005). Al 2007 representa un 19% de la matriz energética primaria chilena (Lara et al. 2008).

Estudios realizados en las regiones de Los Lagos y Los Ríos muestran que gran parte de la leña utilizada en las áreas urbanas provienen de la Cordillera de la Costa, de bosques en manos de medianos y pequeños propietarios (Saez 1994, Saez y Scholz 1998, Reyes 2000, Medel 2006), justamente donde se encuentra la mayor biodiversidad y endemismos del bosque templado de Sudamérica (Smith et al. 2005). Tan solo un 20% del volumen extraído del bosque nativo proviene de predios con plan de manejo (CNE 2006, Medel 2006)

En el año 2007, las maderas nativas exportadas alcanzan los 17,8 millones de dólares (0,4% del total exportado del sector forestal), principalmente de la especie lenga (*Nothofagus pumilio*). Las exportaciones corresponden mayoritariamente a madera aserrada y muebles (INFOR 2008).

Como se aprecia en el cuadro 13, la superficie promedio predial de este uso de suelo desde el año 1976 al 2007 ha disminuido un 6% de su superficie relativa en relación al tamaño del predio, tamaño promedio que en términos concretos ha disminuido poco más de 15 hectáreas en promedio y a nivel del territorio en estudio, la superficie de suelo en este uso ha disminuido un 4% su cobertura (Figura 40).

## 2.2 Sistema ganadero bovino

Siguiendo la lógica planteada por Ruiz (2001) y Gibon (1981) es posible diferenciar distintos subsistemas dentro de una explotación dependiendo de las actividades productivas realizadas en ella. Así en el caso de la producción animal y en particular, de la producción bovina de leche y carne, el subsistema puede complejizarse por una parte por el número de animales y las aptitudes de éstos, por manejar una parte de cultivos y pradera – como forraje para consumo animal- (Attonaty, 1980) y además por la necesidad de equilibrar las diferencias existentes en el ritmo de producción y de calendario entre los procesos biológicos propios de cada uno de estos componentes del sistema entre ellos (Gibon, 1981), por ejemplo entre la producción forrajera y las necesidades del rebaño. (Attonaty, 1980; Caron *et al.*, 1994; Duru *et al.*, 1988; Gibon, 1981).

Un "sistema productivo" lechero puede ser definido como el conjunto de manejos o prácticas agropecuarias (tales como los manejos reproductivo y sanitario de las vacas, o el manejo del pastoreo) y factores fijos y variables (tales como suelo, mano de obra, ganado lechero, maquinaria, concentrados, y fertilizantes) que, al ser integrados en forma más o menos organizada en un proceso productivo, definen los niveles de producción y eficiencia que puede alcanzar la explotación lechera (Smith, 1999). La elección de los niveles de factores fijos y variables a emplear, al igual que del conjunto de manejos a implementar, es realizada por el productor. Así, de la capacidad empresarial del productor depende que tan correcta sea dicha elección y que tan eficiente sea el proceso productivo.

Por otra parte, considerando el uso más o menos intensivo del capital (infraestructuras, técnicas y manejos involucrados por unidad de medida productiva, como por ejemplo la tierra) es posible diferenciar una ganadería extensiva de otra intensiva. Es así que una ganadería más intensiva puede caracterizarse por ser más productiva, desde el punto de vista de que existe una mayor producción por unidad de medida considerada, que es manejada técnicamente para que sus productos se adapten a las exigencias del mercado (distribuidores y consumidores), pero a la vez presentan un gran consumo de energía (generalmente proveniente de energía fósil), más contaminantes y no integrados al sistema agroecológico en que se encuentran insertas a diferencia de la ganadería extensiva.

En general Navarro, (s/f) señala que en un sistema lechero interactúan componentes internos para dar origen al producto principal que es la leche, además de subproductos como son las vacas de desecho, los terneros y/o novillos y en ocasiones las vaquillas para reemplazo. Así también, tanto el mercado de los insumos y servicios influyen en el desarrollo y toma de decisiones de un sistema lechero. Por ejemplo, un alza desmedida en el precio de los insumos y servicios afectará directamente los costos de producción. Por otro lado, una baja fuerte en el precio de la leche afectará directamente los ingresos, con una consecuente baja en los márgenes y rentabilidad. Como factor externo fundamental se encuentra la tecnología, la cual según Navarro (s/f) debe originarse a partir de los problemas detectados en los sistemas reales.

También debe considerarse factores externos al sistema, como el estudio de las variables climáticas, el comportamiento del mercado y el ambiente socio-económico. Así por ejemplo una sequía afecta directamente la producción de forraje, lo que a su vez repercute en la producción de leche. Esto es especialmente válido en sistemas dependientes de las praderas.

Las relaciones existentes entre los elementos productivos, como son la tierra, los recursos forrajeros, el tipo de animal, la mano de obra y la infraestructura productiva, deben ser cuidadosamente combinadas e intervenidas, para el logro del objetivo final de productividad económica y sustentabilidad en el tiempo. Esto se refiere a la capacidad de enfrentar los cambios asociados al clima y a los precios y también señala la necesidad de dar cierta flexibilidad a la hora de establecer estrategias de producción en determinados sistemas de producción de leche.

Smith, R., et al (2002) realizaron un estudio para la identificación de sistemas productivos pecuarios bovinos de leche en la Región de Los Lagos, considerando información técnica, productiva, y de capital humano de 290 predios, en parte coincidentes con la zona de estudio de la presente investigación. El procesamiento de la información fue realizado por medio de estadística multivariable (análisis de componentes principales, de correspondencias múltiples, y de conglomerados) generando cuatro tipos de sistemas productivos.

En dicho estudio se concluye que tanto las explotaciones más pequeñas como las más grandes, son relativamente homogéneas en su forma de producir leche. En efecto, predios más pequeños<sup>14</sup>, con producciones anuales inferiores a 20.000 L, tienen en general, cargas animales de 0,42 a 1,00 UA ha<sup>-1</sup>, producciones por vaca inferiores a 1.600 L año<sup>-1</sup>, no estabulan el rebaño en ningún momento del año, no usan concentrados y la producción de la mano de obra es inferior a 10.000 L año-hombre<sup>-1</sup>. En estos predios el encaste se realiza con toros sin registros, no se tiene un sistema adecuado de enfriamiento de la leche y no se usa terapia de secado.

---

<sup>14</sup> 71% del total de predios



Por su parte, los predios mayores<sup>15</sup> (más de 700.000 L anuales) tienen carga animal de 0,77 a 1,27 UA ha<sup>-1</sup>, producciones por vaca superiores a 4.000 L año, períodos de confinamiento del rebaño superiores a 2 meses, formulan sus propios concentrados y la producción por trabajador está en el rango de 71.816 a 117.009 L año-hombre<sup>-1</sup>. En estos predios está generalizado el uso de inseminación artificial y de terapia de secado, y la leche es enfriada mediante estanques refrigerados.

En cuanto a las explotaciones lecheras de tamaño intermedio (150.000 a 600.000 L año<sup>1</sup>), muestran al menos dos alternativas productivas. Ambos basan la alimentación de las vacas en las praderas, pero difieren en la cantidad de concentrados aportada a la ración. El sistema más pastoril<sup>16</sup> tiene carga animal de 0,54 a 1,00 UA ha<sup>-1</sup> y producción anual por vaca de 1.600 a 3.100 L. El sistema<sup>17</sup> que usa mayor cantidad de concentrados presenta una carga animal de 0,71 a 1,51 UA ha<sup>-1</sup>, y su producción por vaca es aproximadamente un 20% superior y la del predio de un 50 a un 100% superior a la del grupo anterior. (Ver detalles de variables cualitativas y cuantitativas por cada sistema productivo identificado en este estudio en Anexos).

La rotación es una práctica común en la agricultura. Acevedo (2009), la define como la práctica de cultivar dos o más especies vegetales en forma secuencial, en una misma superficie. Lo anterior, debido a que la alternancia de especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, sistema radical, necesidad de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, habilidades de competencia y asociación con malezas produce mejores cultivos y un mayor equilibrio de la biodiversidad y características de los suelos. Este autor distingue las rotaciones intensivas de las extensivas, donde en las primeras no se incluyen praderas y en general son más cortas que las segundas, donde se incluyen las praderas ya sean naturales o sembradas con un cultivo como papa o trigo. También existe la costumbre de elegir praderas degradadas para mejorarlas con algún cultivo escardado como papa o remolacha.

---

<sup>15</sup> 4% del total de los predios

<sup>16</sup> 13% del total de los predios

<sup>17</sup> 13% del total de los predios

### 2.3 Sistema agrícola

Entre los años 1981 y 1991, en Chile se sembraron anualmente un promedio de 62.163 hectáreas con papas, realizándose este cultivo prácticamente en todo el país y por un importante número de agricultores. Según el VI Censo Nacional Agropecuario (INE, 1997), 91.994 explotaciones sembraron papas en esa temporada, lo que las convierte en el cultivo con mayor número de sembradores, seguido por el trigo, con 89.711. Para el VI Censo Nacional Agropecuario el número de explotaciones a nivel nacional abarcaron una superficie plantada de 80.693 ha, con un rendimiento promedio nacional de 161.7 qqm/ha.

Es un cultivo realizado principalmente por pequeños agricultores. Según estudios de ODEPA, el 93% de los productores de papa pertenecen al estrato pequeño empresarial y de subsistencia, que juntos siembran el 67% de la superficie.

En la reciente temporada 2010/11, la superficie de papas alcanzó a 53.653 ha (Cuadro 14). Las principales regiones productoras fueron: La Araucanía (17.757 ha), Bío Bío (9.385 ha) y Los Lagos (8.063 ha) (ODEPA, 2011).

En la temporada 2009/10 se produjeron 1.081.349 de toneladas de papas, con un rendimiento promedio de 21,3 ton/ha (Cuadro 14). En esta temporada, las mayores producciones totales se obtuvieron en las regiones de La Araucanía (315.519 ton), Los Lagos (197.024 ton) y Bío Bío (165.633 ton). En estas tres regiones se concentra el 63% de la producción nacional. En cuanto a los rendimientos (Cuadro 15) destacan las regiones de Los Ríos (331 qqm/ha), Los Lagos (295 qqm/ha), Valparaíso (263 qqm/ha) y Metropolitana (247 qqm/ha).

Pero esos rendimientos difieren de acuerdo al tipo de productor, donde según ODEPA (2010) y en base a información de los últimos censos silvoagropecuarios, el productor de subsistencia posee rendimientos promedio de 120 qqm/ha; el pequeño productor, de 146 qqm/ha; el mediano de 183 qqm/ha y el gran productor 217 qqm/ha.

Cuadro 14: Superficie, producción y rendimiento de papa años agrícolas 2000/01- 2009/10

Año agrícola	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
2000/01	63.110	1.210.044	19,2
2001/02	61.360	1.303.268	21,2
2002/03	56.000	1.093.728	19,5
2003/04	59.560	1.144.170	19,2
2004/05	55.620	1.115.736	20,1
2005/06	63.200	1.391.378	22,0
2006/07	54.528	831.054	15,2
2007/08	55.976	965.940	17,3
2008/09	45.078	924.548	20,5
2009/10	50.771	1.081.349	21,3

Fuente: Odepa (2011) en base a información de INE

Cuadro 15: Rendimiento de papas en qgm/ha entre la Región de Coquimbo y Los Lagos (años agrícolas 2001/02 al 2009/2010)

Año agrícola	Región de:								
	Coquimbo	Valparaíso	Metropolitana	O'higgins	Maule	Bío Bío	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos
2001/02	220,2	144,6	192,8	167,8	149,2	199,6	233,1		233,9
2002/03	204,3	121,2	155,9	182,1	148,6	198,9	198,4		225,4
2003/04	203	125	158,4	19	150,5	200,5	180		227,2
2004/05	214,8	165	132,6	200,4	151,6	202,7	205,7		223,8
2005/06	215,5	167,5	148,6	129,8	169,4	199,5	248,1		258,2
2006/07	225,2	170	148	170,7	175	203,5	248		270
2007/08	190	136	153,3	170	170,7	167	148,8	204,3	210,3
2008/09	172,2	137,8	192,3	144,9	146,2	156,3	197,1	266,3	259,1
2009/10	229,4	263,3	246,7	193,6	125,2	184,9	188,3	331	295,3

Fuente: Odepa (2011) en base a información de INE

No obstante la tipología del productor<sup>18</sup> anterior, el rendimiento y la calidad de la producción en el cultivo de papa son el resultado de la acción e interacción de muchos factores. La variedad, calidad de los tubérculos-semilla, el tipo de suelo, su contenido de nutrientes y humedad, la ausencia o presencia de enfermedades y/o plagas graves, la temperatura y humedad ambiental, las fechas y densidades de plantación, entre otros, son factores que

<sup>18</sup> Que obviamente influye en el nivel tecnológico implementado

influyen de manera determinante en el rendimiento y calidad de la producción (Santos y Kalazich, 1988).

Numerosos estudios y experiencias demuestran que el empleo de semilla de mala calidad es uno de los factores que más afecta el rendimiento y la calidad de la producción en Chile. Además, el uso de semilla de mala calidad impide la respuesta del cultivar o variedad a otros factores tecnológicos, como es el caso del uso de fertilizantes. En efecto en un estudio realizado en el Instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIA), Centro Experimental Remehue, realizado en la localidad de Chiloé se comprueba que bajo una misma fertilización el uso de semilla certificada de papa influye en la obtención de entre un 70% a un 100% más por sobre la utilización de semilla corriente (Cuadro 16). Por otro lado, se observa que el efecto de fertilización es más evidente en el caso de usar semilla de buena calidad o certificada.

Cuadro 16: Comparación de rendimientos logrados en Chiloé con papa semilla certificada y papa semilla corriente, con un bajo y alto nivel de fertilización

Fertilización			Tipo de semilla	Rendimiento (ton/ha)	
N	P	K		Comercial	Total
80	230	80	Certificada	38,5	41,9
			Corriente	22,2	25,6
150	360	140	Certificada	46,2	50
			Corriente	22,2	26

Fuente: INIA REMEHUE, Boletín técnico nº238

Por otra parte, usualmente en todas las zonas productoras del país, existe déficit hídrico durante el período de desarrollo del cultivo y/o la papa se cultiva bajo condiciones de secano. Bajo cualquiera de estas dos circunstancias existe una reducción considerable de los rendimientos y de la calidad de la producción, como se demuestra en ensayos experimentales realizados a lo largo de todo el país (Cuadro 17). Se aprecia que de norte a sur, hasta la zona de Cañete, Región del Bío Bío, los rendimientos con riego superan las 50 ton/ha, mientras que el cultivo de control no alcanza en promedio las 30 ton/ha. La expresión máxima de rendimiento por efecto de riego se observa en la zona sur: Temuco y Osorno. Lo anterior demuestra la necesidad de agua en épocas específicas del cultivo en la zona sur, a pesar de ser más lluviosa

que en zonas de menores latitudes, debido a que coincide con ciertos requerimientos específicos de la fisiología del cultivo.

Cuadro 17: Comparación del rendimiento total logrado en un cultivo de papa en condiciones de riego y con déficit hídrico en diferentes regiones de Chile.

Zona	Latitud	Rendimiento (Ton/ha)		Diferencia porcentual
		con riego	control	
La Serena	29°54'	54,6	25	118
Chillán	36°34'	50,5	34	49
Cañete	37°46'	54	28,4	90
Temuco	38°41'	91	26,5	243
Osorno	40°35'	83,6	58,8	42

Fuente: INIA REMEHUE, Boletín técnico n°238

En efecto, la respuesta de la papa al uso del riego y los nutrientes se debe a que el sistema radicular del cultivo es muy pobre y superficial, ya que extrae el 70% del agua necesaria para completar su ciclo de los primeros 30 cm de suelo y el 100% de ella dentro de los 60 cm superiores del suelo. Además, la papa es un cultivo con follaje frondoso que requiere una cantidad de agua apropiada durante todo el período de desarrollo para lograr un alto rendimiento. El abastecimiento de agua para el desarrollo de la planta es afectado por el clima, tipo de suelo y profundidad de raíces, método de irrigación, variedad, tamaño y edad de la planta. La producción de tubérculos de alta calidad, que resistan bien el período de almacenamiento y a la vez, generen materia prima de alta calidad para la industria es principalmente dependiente de un apropiado abastecimiento de humedad del suelo durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

José Santos Rojas y Julio Kalazich Barassi en Osorno, Región de Los Lagos Chile, analizaron el efecto de la precipitación primaveral y estival (noviembre a febrero) en el cultivo de la papa, para lo cual consideraron 11 temporadas agrícolas y tres variedades distintas de papas bajo iguales manejos agronómicos, en esta zona. Concluyendo que existe una gran influencia de las precipitaciones acumuladas en los meses con el rendimiento obtenido en las 3

variedades analizadas, estableciendo un coeficiente de correlación para este análisis - precipitaciones acumuladas versus el rendimiento por hectárea- de un 77%.

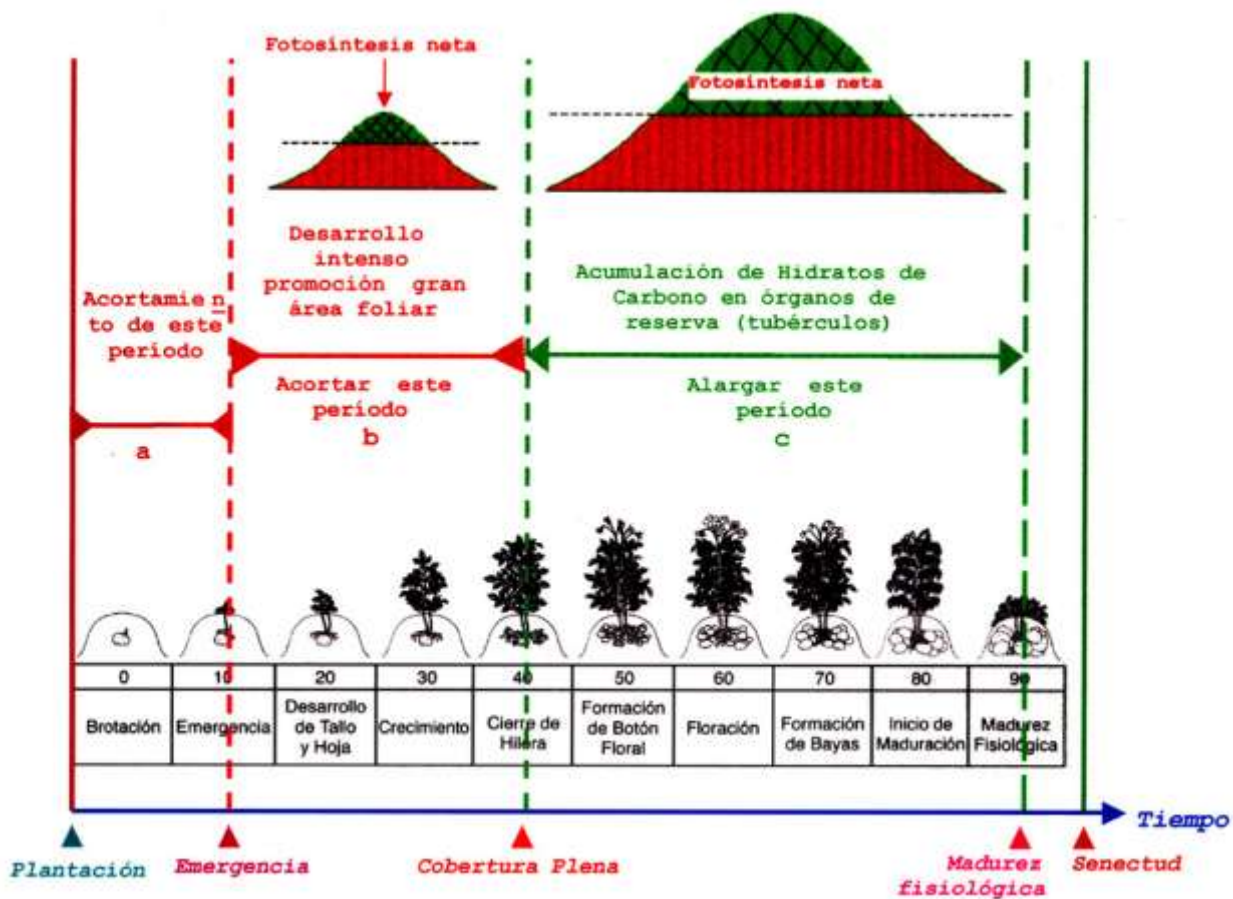
No obstante, una humedad excesiva puede provocar una alta incidencia de enfermedades y plagas: Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), la Pudrición seca (*Fusarium spp*); Pudrición húmeda (*Erwinia spp*); Sarna negra (*Rhizoctonia solani*); Sarna común (*Streptomyces scabies*); los virus PLRV, PVX y PYY; áfidos; Nemátodo del nudo (*Meloidogyne spp.*), entre otros.

El conseguir rendimientos máximos está en directa relación con una máxima fotosíntesis neta diaria y que ésta ocurra en un tiempo bastante prolongado. Ayudan fuertemente a esta fase un adecuado abastecimiento de agua, temperaturas diurnas entre 18 a 24 °C y temperaturas nocturnas bajo los 15°C.

Después de plantación o aún antes, el tubérculo semilla desarrolla brotes y raíces. Si el tubérculo/semilla ha desarrollado brotes antes de plantación, formará inmediatamente raíces y la emergencia se acelera. La humedad del suelo es necesaria para la formación de raíces y el temprano crecimiento de la planta. Baja humedad y baja temperatura la emergencia se atrasa. La temperatura ideal de brotación es de 18°C. Temperaturas inferiores retrasan el proceso de brotación y emergencia, y temperaturas superiores, pueden estresar el tubérculo y generar enfermedades.

Después de la emergencia la parte aérea y las raíces se desarrollan simultáneamente. El crecimiento de los tubérculos puede partir lentamente 2-4 semanas después de la emergencia y continúa en forma constante a través de un largo período. Bajo condiciones favorables el crecimiento de tubérculos puede ser 800-1000 Kg./ha/día. El potencial productivo de la papa, sobre todo en un cultivar de período vegetativo largo, es superior a las 100 ton/ha. Un excesivo desarrollo de follaje está relacionado con un desarrollo tardío de tubérculos. El desarrollo temprano presenta un follaje menos abundante. Un esquema de desarrollo del cultivo se presenta en la figura 43.

Figura 42: Esquema de fases fisiológicas del cultivo de la papa



Fuente: Instituto de producción vegetal. Universidad Austral de Chile  
[http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod\\_sanidad\\_vegetal/webpapa/pag01.html](http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod_sanidad_vegetal/webpapa/pag01.html)

#### 2.4 Sistema plantaciones forestales exóticas

El pino radiata<sup>19</sup> (*Pinus radiata*) es una especie forestal ampliamente conocida; ya que, pese a tener una distribución natural muy reducida, se encuentra plantada en diversos países del mundo.

Si bien es originario de la región occidental de los Estados Unidos. En forma natural, crece en tres zonas de la costa de California: Point Pinos, al sur de Bahía Monterrey Hill; Costa

<sup>19</sup> También llamado pino insigne o pino monterrey

del distrito de Santa Cruz, desde Point Año Nuevo hasta Big Creek; y cerca de Cambria, en la costa del distrito de San Luis Obispo. También se encuentra en altitudes de 600 a 1.200 m en la isla mexicana de Guadalupe, frente a la costa de Baja California.

El clima, en la zona de distribución natural, se caracteriza por precipitaciones medias anuales de 424 a 761 mm, con régimen invernal y humedad relativa alta. Las temperaturas medias son de 10°C en invierno y 14°C en verano y las temperaturas extremas absolutas son de -6,7° y 42°C. En ninguna época hay nevadas, pero sí se producen algunas heladas débiles en enero.

Se caracteriza por ser un árbol de fuste recto que puede alcanzar de 30 a 50 m de altura y diámetros de 1,5 m. En su lugar de origen esta especie tiene una importancia secundaria. Pero en otros países es una de las especies más importantes, constituyendo extensas plantaciones en Chile, Nueva Zelanda, Australia, Sudáfrica y España. Para los dos primeros constituye la principal especie forestal, con una superficie superior a 1.300.000 ha en Chile y más de 800.000 en Nueva Zelanda.

El éxito de esta especie se debe a la rapidez de crecimiento en diferentes tipos de suelos y a la diversidad de usos de la madera. Esta especie fue introducida en Chile a fines del siglo 19, pero las plantaciones masivas sólo se iniciaron en la década de los 40 del siglo pasado. En 1965 la superficie plantada alcanzaba a unas 230.000 ha y en 1984 llegó al millón de hectáreas. Este recurso ha dado origen a una importante industria forestal que produce pulpa, papel, madera aserrada, tableros diversos, muebles, embalajes y otros productos.

*Pinus radiata* es una especie de gran adaptabilidad que se ha utilizado con éxito en la forestación desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos. El óptimo desarrollo de la especie se logra en la costa de la Región del Bío Bío. También logra buenos crecimientos en los suelos volcánicos de la precordillera Andina, hasta altitudes de 800 m. Los períodos secos prolongados, los suelos demasiado arcillosos y la presencia de nieve limitan la distribución de la especie.



Las prácticas más utilizadas en el establecimiento de pino radiata son el subsolado, control de malezas pre y postplantación y fertilización de apoyo al establecimiento de la plantación. El subsolado persigue mejorar las características estructurales del suelo para acrecentar el desarrollo de las raíces y facilitar el drenaje. El control de malezas persigue eliminar o disminuir la competencia, en especial agua y nutrientes, entre las plantas jóvenes de pino con especies no deseables; y la fertilización, incrementar la nutrición de la especie y que ésta tenga un rápido desarrollo inicial. En el Cuadro 18: Métodos de establecimiento plantaciones de pino en suelos Trumao, sur de Chilese presentan las labores realizadas, dependiendo del método de plantación seleccionado (básico, mejorado y óptimo) en un estudio llevado a cabo Toral (2005) con apoyo de la empresa forestal Mininco y en el Cuadro 19, se observan las principales labores a realizar durante el crecimiento: podas y raleos y eventualmente algún manejo curativo de alguna plaga o enfermedad, siendo éste un manejo típico.

*Cuadro 18: Métodos de establecimiento plantaciones de pino en suelos Trumao, sur de Chile*

Actividades realizadas	Básico	Mejorado	Óptimo
Control de malezas preplantación	Roundup (4 L/HA)	Roundup (4 L/HA)	Roundup (4 L/HA)
Preparación suelo	Casilla(15*15*12 cm)	Casilla(27*27*27 cm)	Casilla(30*30*30 cm)
Baño fosfatado de raíz	no	no	sft (4k/200l)
Plantación	Manual	Manual	Manual
Fecha plantación	Finales de otoño de 1994	Finales de otoño de 1995	Finales de otoño de 1996
Técnica plantación	2T	4T	4T
Distanciamiento (cm)	3,5*2	3,5*2	3,5*2
Especie	Pino radiata	Pino radiata	Pino radiata
Origen	Cutting (raíz desnuda)	Cutting (raíz desnuda)	Cutting (raíz desnuda)
Control de malezas postplantación	Galant (1KG/HA);Simazina (3 kg/ha)	Galant (1KG/HA);Simazina (3 kg/ha)	Galant (1KG/HA);Simazina (3 kg/ha)
Fertilización	Operacional	Operacional	N,P,K,Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, B

Fuente: Toral 2005, en base a información proporcionada por Forestal Mininco S.A. Proyecto silvicultura integrada de plantaciones 2001

Respecto a la influencia de la temperatura y precipitación, en el crecimiento de los árboles, a través de este estudio se constata que el crecimiento en altura presentó sus valores más altos a temperaturas mayores a 14°C (verano), mientras los valores más bajos a temperaturas menores a 10°C (invierno). El crecimiento en diámetro a la altura de cuello de la planta, presenta sus valores más altos a lo largo del año, con temperaturas mayores a 13°C y precipitaciones mensuales por encima de los 60 mm (verano-otoño), mientras el menor crecimiento ocurre a temperaturas menores a 11°C y precipitaciones menores a 50 mm mensuales (invierno). Por último, el máximo crecimiento en índice de productividad se presentó a temperaturas alrededor de los 12°C y precipitaciones mensuales superiores a 100 mm (otoño).

*Cuadro 19: Labores en una plantación forestal*

Edad (años)	Labor	Densidad(n/ha)	Largo copa remanente (m)
6	Poda	700	4
7	Poda	600	4,5
8	Poda y raleo de desecho	600	4,5
9	Poda	500	4,5
13	Raleo comercial	400	--

Fuente: Toral (2005), en base a información proporcionada por Forestal Mininco S.A. Plan general de Manejo 2000.

Bajo un suelo trumao, no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto al método de plantación utilizado. Por último, considerando el método de plantación básico y el manejo de labores descrito en el Cuadro 19, el análisis económico muestra que, la actividad forestal es rentable únicamente a una tasa de actualización de 8%. Con una edad de rotación o cosecha, definida como la fecha en que se obtiene el mayor VAN y VPS, al año 21 (Cuadro 20).

Una plantación forestal una vez cosechada puede ser replantada con la misma especie por 2 rotaciones más y tradicionalmente la superficie cosechada no es derivada a otros usos de suelo.

*Cuadro 20: Costos e ingresos totales en distintos momentos de cosecha y edad de rotación óptima según VAN y VPS (en pesos chilenos de 2004 por ha)*

Año de cosecha	19	20	21	22	23
Costos totales *	6.718,19	7.170,32	7.533,26	7.938,71	8.300,55
Ingresos totales	11.177,53	11.992,96	12.934,32	13.805,96	14.715,33
VAN 8%	116,87	107,64	122,81	107,37	100,25
VPS 8%	136,87	107,64	122,81	107,37	100,25
* sin considerar inversión en plantas ni suelo					

Fuente: modificado de Toral (2005)

## CUARTA PARTE. DESARROLLO DEL MODELO CONCEPTUAL

---

### 1. La zona de estudio

#### 1.1 Información general

Chile continental <sup>20</sup> posee una extensión de 755.915 km<sup>2</sup>. La zona sur de Chile comprende desde el paralelo 38°S hasta el paralelo 43°S aproximadamente y administrativamente<sup>21</sup> involucra a la Región de Biobío, Región de la Araucanía, Región de Los Ríos y Región de Los Lagos.

La Región de Los Lagos es una de las quince regiones en las que se encuentra dividido Chile. Limita al norte con la Región de Los Ríos, al sur con la Región de Aysén, al este con la República Argentina y al oeste con el océano Pacífico. Su sector sudeste (Palena) pertenece a la Patagonia chilena. Cuenta con una superficie de 48583,6 km<sup>2</sup> y está compuesta por las provincias de Chiloé, Llanquihue, Osorno y Palena, siendo la capital regional, la ciudad de Puerto Montt. Hasta el 2 de octubre de 2007, la X Región de Los Lagos también incluyó a la antigua provincia de Valdivia, que fue segregada en esa fecha para formar la actual Región de Los Ríos.

Es la quinta región más grande considerando su extensión y la séptima considerando la cantidad de habitantes, posee una densidad poblacional de 16,35 hab/km<sup>2</sup>. El PIB regional al año 2011 alcanzó a los \$ 4.569.873 millones de pesos chilenos, equivalentes a un PIB per cápita de USD\$ 13.247. Posee un índice de desarrollo humano de 0,886 (Muy alto).

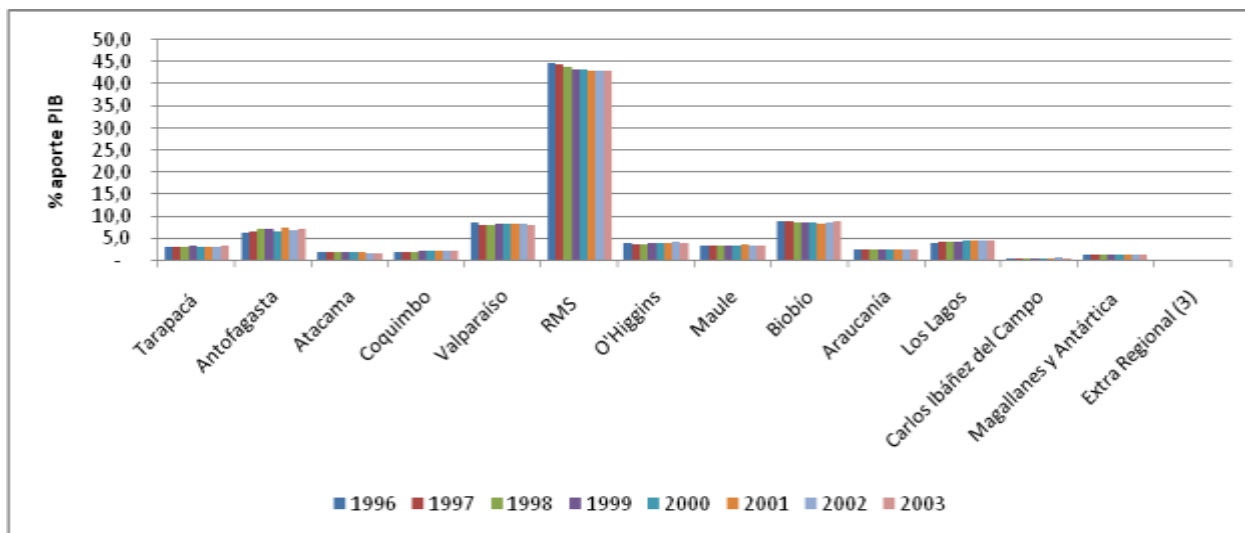
---

<sup>20</sup> Chile continental considera al archipiélago Juan Fernández y a las islas Desventuradas; si se considera además a la isla de Pascua y la isla Salas y Gómez se le suma 181 km<sup>2</sup>. Chile antártico posee una superficie de 1.250.257 km<sup>2</sup>. Chile continental y oceánico suman 756.096 km<sup>2</sup>, mientras que las superficies de Chile continental, oceánico y antártico suman 2.006.353 km<sup>2</sup>.

<sup>21</sup> De mayor a menor nivel jerárquico, la división administrativa en Chile corresponde a: nivel nacional, regional, provincial y comunal.

Al realizar un análisis de la contribución del PIB por regiones de Chile (Figura 43), se observa que entre los años 1996-2003, la Región de Los Lagos ha aportado en promedio un 4,2 % al PIB nacional, ubicándose en el quinto puesto luego de la región de Antofagasta, Bio –Bío, Valparaíso y Antofagasta. La región que más contribuye, es la región Metropolitana de Santiago (43,2%).

*Figura 43: Aporte regional al PIB nacional por regiones y años*



Fuente: Banco Central de Chile

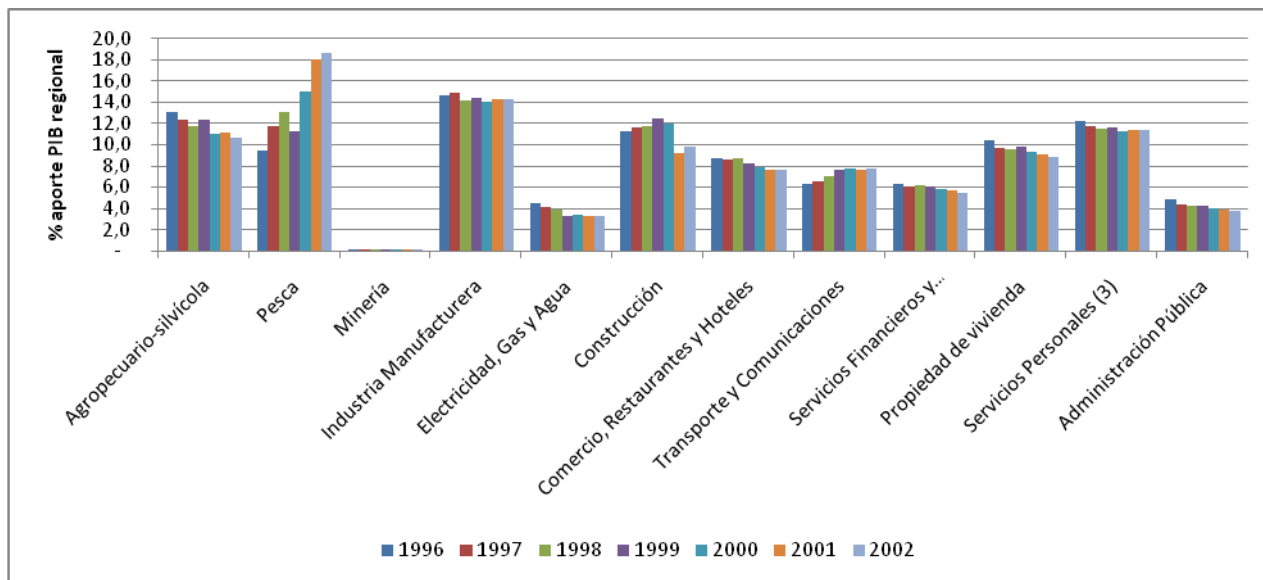
La zona de estudio (41° 30 'S y 41° 54 'S) comprende a las comunas de Ancud, Calbuco, Los Muermos, Maullín, pertenecientes a la provincia de Chiloé en la Isla de Chiloé, la primera y las tres restantes, a la Provincia de Llanquihue y posee una extensión de 4877 km<sup>2</sup>. Esta zona se encuentra incluida entre las ecorregiones amenazadas del mundo (Dinerstein, et al 1995).

### 1.2 Importancia económica productiva

Al interior de la Región de Los Lagos, los cuatro sectores que más contribuyen al PIB regional son: la Industria manufacturera (14,4%); la pesca (13,9); agropecuario-silvícola (11,8%) y los servicios personales (11,6%) donde se incluye el turismo. Entre los años 1996 y 2002, la industria manufacturera y los servicios personales, se han mantenido relativamente constantes, no así el sector agropecuario – silvícola, que muestra una tendencia decreciente en relación a

su aporte al PIB regional a diferencia del sector pesca que muestra la tendencia contraria. (Figura 44).

**Figura 44: Contribución por sectores económicos al PIB regional de la Región de Los Lagos en porcentaje sobre el PIB.**



Fuente. Banco Central de Chile.

En cuanto a la generación de empleo, el sector de agricultura, caza y pesca, ha sido y es, el sector que proporciona más empleo; le siguen servicios comunales y sociales y en tercer lugar industria. Coherente con la información anterior, los ocupados de la región se agrupan principalmente bajo el grupo de agricultores, ganaderos y pescadores, representando este grupo más del 25% del total. En la mayoría de los otros grupos de ocupación, la participación en la región es menor al promedio nacional (Corvera, 2005).

Considerando la extensión y las características geográficas de la región, se tiene una clara diferenciación productiva entre áreas territoriales, como resultado de un proceso de especialización según las aptitudes de cada una de ellas. Es así como la actividad agropecuaria y la industria ligada a ella se concentra en las provincias de Osorno y Llanquihue, de hecho la

producción y transformación de leche bovina de estas provincias es relevante, ya que han aportado en promedio un 42,3% de la producción nacional<sup>22</sup> (INE, 2011).

En el extremo sur de la provincia de Llanquihue y en la provincia de Chiloé se ha desarrollado la actividad pesquera extractiva y su procesamiento, además de la acuicultura y más recientemente de especies bentónicas, especialmente moluscos. Finalmente la Provincia de Palena posee recursos poco explotados como riquezas madereras y paisajísticas. La mayoría de las actividades productivas regionales presenta un ciclo anual bastante marcado, más que en otras regiones, en gran medida determinado por actividades fuertemente ligadas a productos naturales y a sus respectivos ciclos, alcanzando sistemáticamente su máximo en el cuarto trimestre de cada año. (Corvera, 2005).

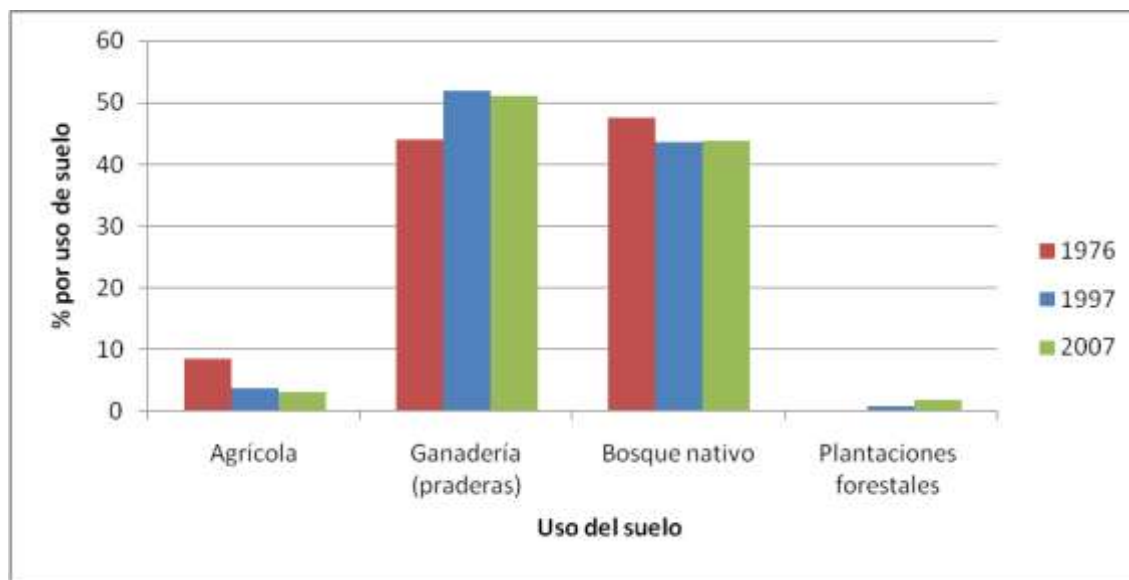
Al analizar el uso del suelo de la región -sin considerar zonas urbanas, glaciares, lagos y fiordos- se observa una clara predominancia del uso de suelo Bosque Nativo y praderas, este último utilizado fundamentalmente para la ganadería bovina de leche y carne. En menor magnitud y con una tendencia decreciente se observa el uso de suelo agrícola y con una tendencia ascendente y comparativamente menor, se encuentra el uso de suelo plantaciones forestales (Figura 45).

En la región, las praderas mejoradas, suman 1.046.571 hectáreas y representan el 3,4% de la superficie total del país. Las regiones de mayor relevancia son Los Lagos, Los Ríos y La Araucanía, que en conjunto representan el 68,2%. En la Región de Los lagos, las praderas naturales ocupan una superficie de 11.111.064 hectáreas, con una participación del 36,5%. La Región de Los Lagos es la principal zona productora, con el 28,2% de las existencias nacionales y 1.047.167 cabezas. Le siguen en importancia La Araucanía (18,0%) y Los Ríos (16,7%) (INE, 2007)

---

<sup>22</sup> Considerando desde el año 1994 al 2010. Cuando la Región de los Ríos, formaba parte de la antigua X Región de Los Lagos, como provincia de Valdivia, en su conjunto históricamente han aportado por sobre el 60% de la producción de leche bovina nacional. Las otras regiones productoras de lecha son la Región de la Araucanía y Bío-bío.

*Figura 45. Evolución del uso de suelo en la zona de estudio, Región de Los Lagos (% del uso de suelo sobre la superficie total)*



Fuente: elaborado en base a información de INE, Censos silvoagropecuarios nacionales

### 1.3 Los actores sociales

Al interior de los sectores anteriormente señalados, existen distintos niveles de desarrollo entre sus agentes productivos y los circuitos que ellos establecen. Junto a un dinámico y moderno sector orientado especialmente hacia las exportaciones, existe otro conjunto de productores, más tradicional, con menos acceso a crédito, tecnologías y mano de obra capacitada, que se orienta especialmente hacia el mercado interno. Coexiste con ellos un mundo bastante más informal, integrado principalmente por pescadores artesanales y pequeños agricultores, que forman un importante grupo de trabajadores por cuenta propia, con ingresos bajos e inestables y muchas veces, sin condiciones laborales adecuadas y sin seguridad social (Corvera, 2005).

Se estima que en el año 2007, en la zona de estudio existían 13.400 propietarios<sup>23</sup> de predios agrícolas, observándose que un 10% de ellos manejan un 20% de la superficie. Los predios más típicos son aquellos entre 1 y 5 hectáreas (22,4%); entre 10 y 20 hectáreas (20%) y

<sup>23</sup> Se denominarán propietarios a los tomadores de decisiones de los predios agroforestales independientemente de su condición jurídica



entre 20 y 50 hectáreas (20,2%). El segmento de propietarios de menos de 200 hectáreas (90% de ellos) maneja predios de 23,16 hectáreas en promedio y ocupan el 73,8% del territorio. Por su parte, el segmento: mayores a 200 hectáreas (10% de los propietarios), ocupan un 26% de la superficie y manejan predios que en promedio poseen 352 hectáreas (Cuadro 21).

Cuadro 21: Superficie y tenedores prediales por segmento

Superficie predial	Tenedores (%)	Superficie (%)
< 1	3,2	0,1
1 < 5 ha	22,4	2,0
5 - <10 ha	18,9	4,3
10 - <15 ha	0,0	0,0
10 - <20 ha	20,0	9,2
20 - < 50 ha	20,2	20,6
50 - < 100 ha	9,0	20,1
100 - < 200 ha	3,9	17,6
200 - < 500 ha	1,9	17,5
500 - < 1000ha	0,3	5,2
1000 - <2000 ha	8,0	3,4
> 2000 ha	0,0	0,0

Fuente: en base a INE, Censos silvoagropecuarios

No se encontró datos oficiales de predios forestales de las comunas de la zona de estudio, pero a modo de referencia se presenta el cuadro 22, que muestra la situación de los predios forestales de la X región de Los Lagos (cuando incluía a la actual Región de Los Ríos) en relación a la situación país. Se observa que la región posee el 15% de las propiedades con plantaciones forestales del país, destacándose que la mayoría de los predios con plantaciones lo manejan productores individuales de predios saneados y de predios en sucesiones. Las empresas (sociedades anónimas y de responsabilidad limitada) son las terceras en presencia en la región (Cuadro 22).

En efecto, con la información disponible de los censos silvoagropecuarios es posible construir un predio típico (Cuadro 23) donde se observa el uso de suelo simultáneo en el predio agrícola y una tendencia a la disminución de los usos de suelo agrícola y bosque nativo y un aumento de las praderas intensivas y extensivas y de las plantaciones forestales exóticas.

*Cuadro 22: Superficie y tenedores predios forestales*

Número de Predios Forestales por tipo de propietario	País	X Región de Los Lagos	
		número	porcentaje
Productor individual	8.793	1.433	16
Sucesiones	2.115	289	14
Instituciones fiscales y municipales	301	48	16
Sociedades anónimas y de responsabilidad limitada	1.124	200	18
Otros. Órdenes religiosas y escuelas técnicas)	728	9	1
Comunidades indígenas	10	9	90
<b>Totales</b>	<b>13.071</b>	<b>1.988</b>	<b>15</b>

Fuente: en base a INE, Censos silvoagropecuarios

*Cuadro 23: Evolución de la superficie promedio predial y distribución de usos de suelos.*

Uso del suelo	Censo silvoagropecuario					
	1975-1976		1997		2007	
	cantidad (has)	%	cantidad (has)	%	cantidad (has)	%
Cultivos (agrícola)	3,14	7	1,13	3	0,89	3
Praderas intensivas	7,66	17	8,00	23	6,94	23
Praderas extensivas	11,32	25	9,13	27	8,39	27
Bosques y montes	23,18	51	15,62	46	13,89	45
plantaciones forestales	0,00	0	0,23	1	0,56	2
Superficie total predio promedio:	45,31	100	34,11	100	30,67	100

Fuente: en base a INE, Censos silvoagropecuarios

Respecto a la caracterización de los productores, son muy comunes las asociadas a los sistemas productivos (Aravena, 2007; Smith, 1999; Smith, *et al* 2002; Gonzalez, 2007; entre otros), pero pocos abordan aspectos psicográficos y productivos en su conjunto. Uno de ellos es un estudio realizado por Cortés, *et al* 2011, donde por medio de un análisis factorial y de componentes principales, analiza una muestra representativa de productores lecheros de la Región de Los Lagos encontrando cuatro factores que explican las relaciones entre variables: Aspectos básicos de la producción (17,81%); Nivel tecnológico (9,1%); Industria de soporte (6,9%) y Gestión organizacional (5,9%) y tres grupos homogéneos de productores denominados: productores emprendedores (38,5 %); productores disconformes (26,5%) y productores en asociatividad (35%).

El grupo de productores emprendedores, presenta una gran dispersión en cuanto a la superficie predial y edad, pero coinciden en un mayor nivel de mecanización y tecnología, una mayor formalidad en el trabajo, uso de registros y una permanente disposición proactiva hacia los requerimientos de calidad demandados por sus clientes. El segundo grupo, productores disconformes, se caracteriza por una baja mecanización e inversión predial-independientemente de la superficie predial- baja estructura organizacional del sistema predial, bajo uso de registro y de tecnologías de infocomunicación y una actitud reactiva frente a los requerimientos del mercado. El tercer grupo identificado, se caracteriza por una inversión mayor que el grupo anterior, pero menor que la de los emprendedores; y se destaca en ellos la importancia de la existencia de organizaciones sociales y productivas para el desarrollo de sus negocios y su vida cotidiana.

## 2. Modelo conceptual

Los sistemas en general, se componen de variables de stock, de flujo, auxiliares o exógenas y variables endógenas. La clasificación de los dos últimos tipos de variables depende de la escala de análisis utilizada. En el presente estudio, la escala utilizada es la micro. Las principales variables de stock, se explican a continuación:

- Los usos de suelos dados al territorio, para lo cual se considerará el número de hectáreas en la fecha de inicio del modelo (1976), al año 1997 y al año 2007, correspondientes a los datos de los censos oficiales homologados a los usos de suelos ocupados en la presente investigación. Son estos stock, los utilizados como datos de validación del modelo.
- El ganado bovino inicial expresado en unidades animales de acuerdo al censo silvoagropecuario de 1976
- Dinero disponible para cada actividad, donde se considera como supuesto la existencia de dinero suficiente para realizar al menos las mismas actividades del año de inicio (1976).

- Stocks temporales, utilizados de forma auxiliar para series de datos exógenas principalmente.

Los datos para dar inicio al modelo de cambio de uso de suelo corresponden a los entregados por el Censo Silvoagropecuario de Chile realizado en el año 1976. Del mismo modo los datos del Censo Silvoagropecuario de 1997 y 2007, nos proporcionan la posibilidad de hacer una comparación de la realidad a mitad del período de estudio y al final del mismo con los datos que arroja el modelo de simulación, de esta forma es posible realizar el análisis de sensibilidad del modelo.

En el sistema Factores del Cambio de Uso de Suelos (FCUS), interaccionan sistemas humanos y naturales, donde es el productor-tomador de decisiones quien manifiesta estas influencias, que son manifestadas en los usos dados a los suelos en los que tiene hegemonía.

El sistema FCUS considera la participación de sistemas naturales, definidos de acuerdo a la actividad productiva realizada: Subsistema agrícola (SA), Subsistema Extracción de Leña desde Bosque Nativo (SBN), Subsistema Ganadero Intensivo (SGI), Subsistema Ganadero Extensivo (SGE), Subsistema Plantación Forestal (SPF); pero además elementos del sistema natural Clima<sup>24</sup>. Respecto a este último sistema natural, se consideran sólo las precipitaciones debido a que la temperatura, en las condiciones actuales y proyectadas, se mantiene en el rango óptimo para el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales presentes en el territorio.

Los sistemas humanos participantes han sido denominados como: Subsistema de Toma de Decisiones Estratégicas (STDE) y Subsistema Cambio de Uso de Suelo (CUS), donde también son considerados elementos del sistema de mercado de productos e insumos silvoagropecuarios, en particular los precios de transacción en el horizonte de análisis pasado (1976-2007) y proyectado (2007-2024). Otros elementos del sistema político económico y

---

<sup>24</sup> Ver tercera parte: sistemas naturales

sociodemográfico son los incentivos de fomento productivos aplicados y proyectados por unidad de superficie, poblacional urbano y rural de la zona de estudio observados y proyectados. Estos elementos son consideradas variables exógenas al sistema FCUS.

Existen también parámetros considerados en el sistema FCUS, que como tales son endógenos al sistema y subsistemas considerados y que reflejan aspectos técnicos productivos<sup>25</sup> de acuerdo al nivel tecnológico implementado, tasas de conversión o de equivalencia, entre otros. Cada parámetro utilizado será explicitado en el modelo cuantitativo de cada subsistema y han sido explicados en el capítulo anterior.

En los sistemas naturales – productivos definidos, es posible distinguir fases genéricas tales como determinación de la producción ofertada sensibilizada por factores climáticos, decisiones técnicas operativas de corto plazo que inciden en la producción ofertada, determinación de dinero disponible para la implementación de aquellas decisiones operativas de corto plazo elegidas y finalmente la determinación de ingresos, costos y beneficios totales y por hectárea, resultantes de cada una de las decisiones escogidas.

Por su parte, los sistemas humanos de gestión, se caracterizan por alimentarse de los resultados económico productivos de los sistemas naturales del año y anteriores para determinar una priorización de las actividades a realizar en los años siguientes, así como del dinero disponible a utilizar en estas decisiones de largo plazo para finalmente materializar dichas decisiones en las opciones productivas implementadas en cada año y que determinan las tendencias de cambio de usos de suelos en el territorio estudiado.

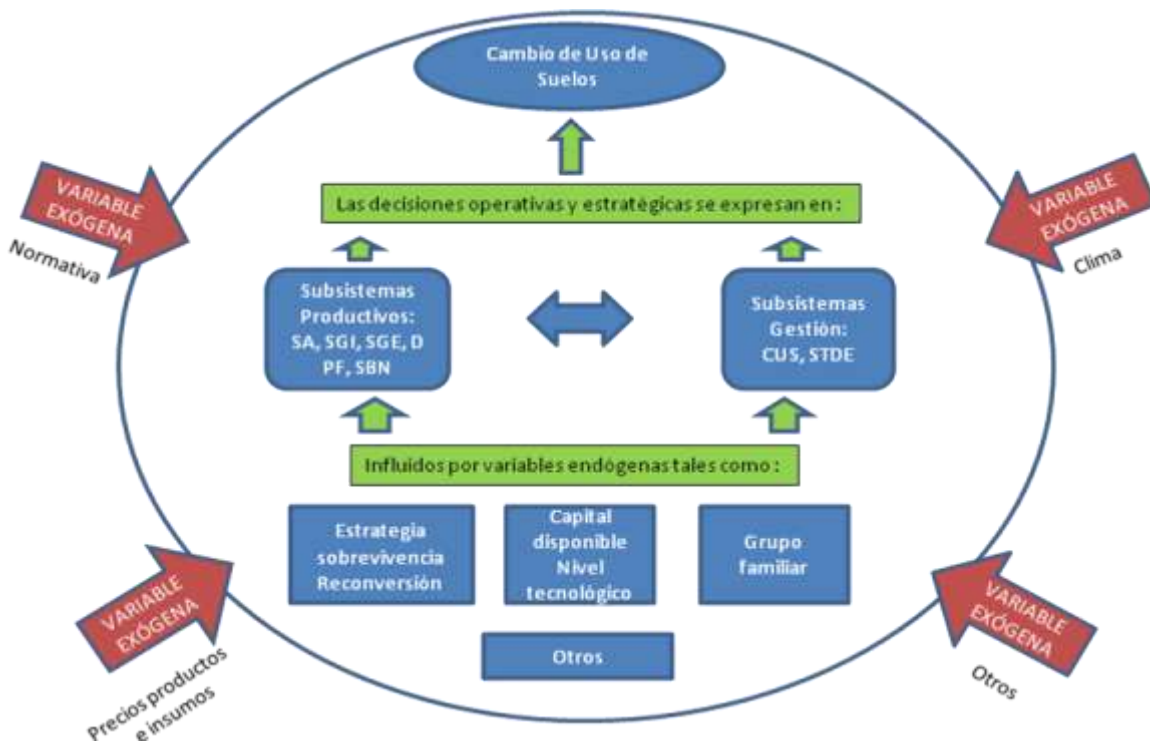
Como fue explicado en los sistemas naturales, sistema papa, el rendimiento obtenido en cada temporada dependerá de la semilla utilizada. En este aspecto, tanto la región de Los Ríos como la de Los Lagos, se destacan por tener semilla de calidad donde incluso la semilla

---

<sup>25</sup> Por ejemplo: Litros de leche año por vaca promedio de acuerdo al sistema productivo, equivalencia por tipo de animal a unidades animales estándar, respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes y precipitación, ganancia de peso de bovinos, porcentaje de vacas de desecho o desvieje, porcentaje de parición, tasa de (de)crecimiento demográfico urbano y rural, entre otras

corriente es muy superior a la de otras zonas del país, razón por la cual generalmente el resto de las zonas productivas se abastecen de semilla desde esta zona. La presencia de precipitación influye positivamente en ciertos rangos y siempre y cuando esta ocurra en las fases fisiológicas adecuadas para el cultivo (principios de floración, formación y llenado de tubérculos).

*Figura 46: Sistema factores de cambio de uso de suelos (FCUS)*



Una precipitación posterior a estas etapas normalmente coincide con altas temperaturas ambientales lo que puede provocar una alta incidencia de enfermedades fungosas y la consecuente pérdida del cultivo. Por el contrario una baja precipitación provocará un menor número de pequeños tubérculos, donde en casos extremos también puede existir la pérdida del cultivo. Por su parte, la aplicación de fertilizantes obedece a la Ley de rendimientos decrecientes y a la curva de Verlhust, razón por la cual se establecen rangos de impacto de acuerdo a la aplicación de dosis de fertilizantes.

La mano de obra depende del número de hectáreas efectivamente establecidas y del rendimiento obtenido en la cosecha. Los ingresos dependerá de la oferta agrícola (producción total obtenida menos la producción destinada al autoconsumo) por el precio a productor del momento más los eventuales incentivos recibidos.

La presencia y magnitud de la precipitación depende del sistema climático, vale decir, de lo observado y proyectado<sup>26</sup> por lo que se considera variable exógena, pero la dosis de fertilización a aplicar depende de la cantidad de dinero disponible planificado y real para realizar la actividad y el precio de fertilizante en el momento de realizar la actividad.

En el sistema ganadero confluyen el desarrollo de la masa ganadera propiamente tal y el desarrollo forrajero. La distinción principal entre el sistema ganadero intensivo del extensivo es la realización de manejos agronómicos en la pradera y manejos veterinarios, en el primero. Lo anterior, incide en una mayor productividad de las praderas y por ende, en una mayor capacidad de sustentación de ganado de las mismas. Además una mejor alimentación (con especies sembradas y/o praderas naturales mejoradas con un manejo agronómico) ocasiona una mejor expresión del potencial lechero / ganadero de los bovinos, traducidos en más litros de leche y una mayor ganancia de peso; por otra parte, el manejo veterinario realizado permite tener mejores indicadores reproductivos, lo que en su conjunto permite lograr una mayor producción por vaca y más animales por hectárea.

La mayor productividad de la pradera esta determinada por la realización de actividades agronómicas en las praderas tal como la fertilización, cortes de limpieza, entre otros. Los parámetros utilizados por nivel tecnológico se basan en los estudios realizados por Smith y otros (1999) ; por su parte los parámetros utilizados para la productividad de la pradera y efectos de la fertilización y precipitación, de los realizados por Santos y Kalazich, (1988) entre otros.

---

<sup>26</sup> Ver sistemas naturales

Por tanto, los costos totales asociados están en directa relación al manejo a realizar y la cantidad de hectáreas manejadas en el sistema de ganadero intensivo o sistema ganadero extensivo más las eventuales compras de ganado y/o vaquillas de reemplazo. Por su parte, los ingresos principales se derivan de la venta de leche, venta de carne por de ternero, novillo, vacas de desecho y eventualmente vaquillas de reemplazo más los eventuales incentivos recibidos.

Las decisiones de fertilizar, o comprar/vender animales depende de la disposición de dinero en el momento de realizar la actividad; pero en el segundo caso, de la productividad y cantidad de hectáreas de pradera. La productividad de la pradera, expresada en kilos de materia seca por hectárea al año, es influida además de la fertilización, por la cantidad y distribución de la precipitación.

El mayor uso dado actualmente al bosque nativo, es su extracción para uso de leña como calefacción y cocción de alimentos. Si bien es cierto, existe una normativa que regula la extracción del bosque nativo, ésta se ha caracterizado como de difícil fiscalización. Es tal vez por esta situación que la extracción en la zona se realiza a pequeña escala y de manera informal (sin plan de manejo) de manera de disminuir el riesgo de ser fiscalizado. En el sistema de extracción de leña desde bosque nativo se considera que siempre se cosechará al menos la cantidad de bosque que permita suplir las necesidades del grupo familiar habitante en la zona rural de estudio, razón por la cual este “consumo autónomo de leña” será determinado por la evolución socio demográfica de la zona y un parámetro de consumo de leña por habitante año, determinado en otros estudios realizados en la zona.

No obstante, puede existir un diferencial entre lo extraído para consumo autónomo y el potencial a extraer sin aumentar el riesgo a ser fiscalizado. Esta diferencia es la que puede ser destinada a la venta hacia zonas urbanas locales y alledañas determinando así la verdadera oferta de leña para venta. Los ingresos reales estarán dados por la oferta real de leña y el precio de venta de leña en el momento de realizar la actividad, si y sólo si, existe una demanda externa lo suficientemente grande para absorber esta oferta. Los costos estarán determinados



por la fracción realmente extraída (tanto para consumo autónomo como para venta) y los ingresos son los relacionados con la fracción destinada a la venta.

Finalmente una superficie donde ha sido extraído el bosque nativo queda en condición de pradera extensiva, la que puede derivar a pradera intensiva, cultivos agrícolas o plantación forestal y por otra parte, desde pradera extensiva se regenera nuevamente bosque nativo.

El sistema de plantación forestal se origina desde suelos con pradera extensiva, el largo de rotación se estimó en 21 años con una tasa de descuento del 8% anual. Los ingresos y costos considerados son aquellos mencionados en la descripción del sistema plantación forestal. De manera de poder homologar la información de esta actividad con las demás que poseen distintas escalas temporales, la información de ingresos y costos fue tratada de acuerdo al modelo Faustmann, vale decir tanto los costos como los ingresos fueron transformados en anualidades uniformes equivalentes para después obtener anualidades perpetuas, lo anterior en consideración a la posibilidad de realizar dos o más rotaciones en un mismo suelo.

Como se mencionará anteriormente los sistemas humanos de gestión toman información de los resultados anteriores y/o experiencia del tomador de decisiones. Es así que el sistema de toma de decisiones estratégicas considera el resultado económico de cada una de las actividades realizadas en la campaña anterior al que se le descuenta el dinero necesario para mantener las actividades productivas de subsistencia y mantención y un porcentaje del beneficio total percibido para gastos familiares y actividades de ocio de la familia. El dinero resultante es el efectivamente disponible para la toma de decisiones estratégicas en cuanto se debe determinar cuanto dinero y superficie destinar a cada actividad productiva.

Para tomar esta decisión cobra importancia los resultados y experiencias pasadas del tomador de decisiones así como sus percepciones respecto al mercado de insumos y productos silvoagropecuarios, lo que lo hace formarse expectativas respecto a los resultados productivos y económicos debido a que las decisiones sobre las actividades a realizar y por tanto de costos, las toma sobre un output planeado y no sobre un output real, el cual se ve influenciado por el

sistema climático y por el sistema económico de precios de insumos y productos silvoagropecuarios que existan al momento de ocurrir el proceso productivo (Moschini, 2001; Pope y Just, 1996; 1998; Hubbard y Dawson, 1987).

Es por esta razón que se plantea que los tomadores de decisiones se fijan expectativas tanto de beneficios y costos de cada una de las actividades, donde se plantea que son más relevantes las últimas experiencias obtenidas (último año), pero donde igualmente son relevantes el cúmulo de información de la actividad en los años anteriores. La medida de comparación utilizada es la relación costo beneficio de cada una de las actividades realizadas.

Las expectativas de costos permitirán tener un parámetro para decidir que actividad mantener, ampliar, disminuir o emprender. De igual forma que la relación costo beneficio, se consideran valiosa la información del último año al igual que el cúmulo de resultados de la actividad en campañas anteriores. Con la información de la relación de costo beneficio y fijación de expectativas de costos ex ante calculada más un parámetro, que refleja la estrategia de diversificación de actividades productivas para disminuir el riesgo del tomador de decisiones, es posible establecer actividades productivas priorizadas a realizar en la campaña siguiente, determinando la o las que se realizarán, pero no la superficie a mantener o establecer.

La superficie determinada inicialmente para la temporada siguiente en cada actividad seleccionada se determina considerando en primer lugar la priorización de las actividades seleccionadas en base a una proporción calculada del dinero disponible con el objeto de determinar un presupuesto estimado para dicha actividad el cuál es comparado con la expectativa de costos ex ante por hectárea estimado de cada actividad para determinar la cantidad de hectáreas posibles de financiar, siendo ésta la salida de información de este sistema y la entrada al sistema de cambio de uso de suelos.

El sistema de cambio de uso de suelos, relaciona las variables de stock que representan los distintos usos presentes en el territorio y sus intercambios desde un uso de suelos a otro. Es así que en una temporada para un stock de suelo pueden ocurrir tanto entradas como salidas y

por ende, al final de la temporada puede que exista un incremento o un decrecimiento neto de la superficie del uso en particular, dependiendo de la cuantía de los flujos de intercambio realizado de acuerdo a las decisiones tomadas en el sistema de decisiones estratégicas y para el caso en particular del uso de suelo bosque nativo de dos variables exógenas a este sistema que en un caso es un parámetro: reclutamiento, que corresponde a la tasa de renovación normal de los bosques desde pradera extensiva (matorral – pradera) y otra variable, que corresponde a la extracción de bosque nativo en hectáreas, la que es originada en el sistema extracción de leña desde bosque nativo. Las relaciones de flujos de intercambios son detalladas en el modelo cuantitativo.

## QUINTA PARTE. EL MODELO CUANTITATIVO

---

El modelo cuantitativo es presentado considerando cada sistema natural y humano, con sus respectivas fases genéricas señaladas, a continuación.

### 1. Sistema agrícola (SA)

El SA se compone de 3 variables de stock o nivel; 4 variables de flujo; 19 variables auxiliares; 6 parámetros y 7 variables exógenas. Estas variables participan en una o más de las fases en que ha sido ordenado el subsistema, siendo estas fases: producción y oferta agrícola (1); decisiones técnicas operativas (2), dinero disponible para decisiones operativas (3), ingresos, costos y beneficios (4). Un mayor detalle de las especificaciones de las mismas puede verse en anexos.

Para una mayor facilidad de comprensión del modelo se procede a su descripción por las fases genéricas que constituyen a cada modelo, describiendo los elementos y relaciones que definen cada fase del SA.

#### 1.4 Fase 1: determinación de producción y oferta agrícola

La fase 1 del SA corresponde a la determinación de producción y oferta agrícola influenciada por las decisiones técnicas operativas relativas al manejo de la fertilización y por las condiciones climáticas acaecidas en los años de análisis.

##### Los elementos y las relaciones entre variables

En esta fase se considera las variables de stock  $A_g$ , que corresponde a la superficie destinada a cultivos agrícolas (papa) en el territorio. Su valor inicial corresponde a 34.861 hectáreas y su modificación dependerá de las decisiones efectuadas por el tomador de decisiones en base a su experiencia, cultura, incentivos e información del entorno disponible.

El stock *Año*, corresponde a una variable de apoyo para asignar la temporalidad de variables exógenas en este caso de las precipitaciones anuales ocurridas en el período de tiempo de análisis (1976-2007).

Los parámetros utilizados en esta fase son cuatro y corresponden a la dosis de siembra utilizada (*SeAg*); el efecto de la precipitación en el rendimiento del cultivo (*EfPp*), el efecto de la fertilización (*EfFz*) en el rendimiento del cultivo de la papa y la elección de dosis de fertilización del cultivo (*EIDFzAg*). Este último parámetro se detallará en la fase dos.

Para efectos de la presente simulación se fijó como parámetro el uso de semilla propia en una dosis estándar de 1,44 toneladas<sup>27</sup> de semilla por hectárea. La determinación del parámetro *EfPp*, se consideró la distribución anual de las precipitaciones mensuales para el período de análisis, considerando especialmente los datos meteorológicos oficiales disponibles de las temporadas agrícolas 1979-1980 a 2006-2007 (Dirección de Aeronáutica de Chile, 2010) de los meses críticos del cultivo relacionadas con los rendimientos promedios de papa de la zona de estudio (Chile, ODEPA; 2010); con ellos se procedió a construir un gráfico de dispersión para comprobar la existencia de una correlación aceptable entre las precipitaciones acumuladas de los meses críticos definidos y rendimientos de papa (ton/ha) obtenido en la zona (datos oficiales promedio para la Décima Región de Los Lagos) bajo el supuesto que además de la precipitación existen factores tecnológicos que influyen en el rendimiento y que los datos de rendimiento utilizado corresponden a promedios anuales de toda la Región de Los Lagos.

Los resultados comprueban la necesidad hídrica del cultivo en estos meses críticos (noviembre, diciembre y enero) y presentan una baja correlación en comparación con otros estudios realizados en la zona, que confirman esta tendencia. La baja correlación puede deberse a que los datos de rendimiento son promedios globales donde no existe una discriminación por tipo de semilla y variedad utilizada ni dosis homogéneas de fertilización, entre otras.

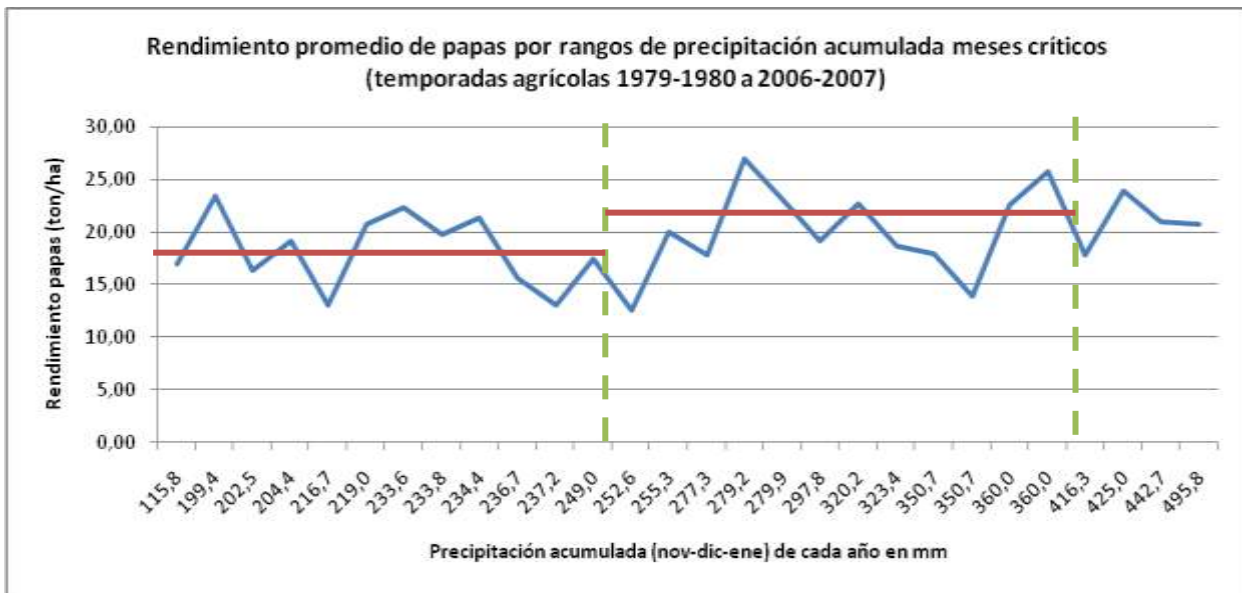
---

<sup>27</sup> En base a entrevistas a expertos técnicos y a productores de la zona.

Se presenta el gráfico “Rendimiento promedio por rangos de precipitación acumulada” (figura 49), donde se observa que en la medida de que existe un aumento de la precipitación acumulada los rendimientos aumentan y luego tienden a decrecer, situación que podría ser explicada por la mayor incidencia de enfermedades fungosas producidas por un aumento de la humedad y temperatura en éstos meses del año, siendo las enfermedades más comúnmente presentadas en estas condiciones ambientales el llamado tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y/o temprano de la papa (*Alternaria solani*), entre otras.

Al ordenar los pares de datos, precipitación y rendimiento asociado, considerando como variable exógena la precipitación acumulada de los meses críticos de menor a mayor; es posible observar ciertos rangos que fueron utilizados para la construcción del parámetro de efecto de la precipitación (EfPp).

Figura 47 :Rendimiento promedio por rangos de precipitación acumulada



Fuente: elaborado en base a información de ODEPA, Dirección meteorológica de Chile y Dirección de Aeronáutica de Chile

En el primero de ellos, precipitaciones acumuladas mayores a 100 mm hasta menores de 245 mm, se observa un rendimiento promedio de poco más de 18 toneladas por hectárea; por su parte el rango de 245 mm a 430 mm, presenta rendimientos promedio levemente

superiores a 20 toneladas por hectárea. Para este modelo se consideró la pérdida del cultivo por enfermedades fungosas principalmente, si existe una precipitación mayor a los 430 mm en los meses señalados.

El tercer parámetro considerado en esta fase, es el efecto de la fertilización en el cultivo papa (EfFz); el cual considera que si no se fertiliza, el rendimiento del cultivo será aquel influenciado solamente por la precipitación caída en los meses críticos. Si se decide fertilizar con 0.7 toneladas de fertilizante (Salitre potásico) obtendrá un rendimiento de un 20% superior en comparación a la no fertilización del cultivo (Rendimiento base (RBP)).

Por otra parte, si se decide fertilizar con 1 ton de fertilizante por hectárea se obtendrá un 35% más de producción que el RBP; del mismo modo, si se fertiliza con 1.8 ton/ha el rendimiento será de un 65% superior al RBP.

Las estimaciones del efecto de la fertilización en el cultivo de papa se basan en los estudios realizados por los investigadores Carlos Sierra B., José Santos Rojas, y Julio Kalazich B. de los Centros Regionales de Investigación (CRI) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Intihuasi y Remehue para el cultivo de la papa considerando suelos Andisoles del Sur de Chile, desde donde se consideró un promedio de los resultados obtenidos en las pruebas de campo realizadas en parcelas con suelos de las series Corte Alto, Nueva Braunau y Chonchi, series de suelos coincidentes a la zona de estudio de la presente investigación.

El cuarto parámetro de esta fase corresponde a la superficie predial destinada a la producción de subsistencia o autoconsumo, para lo cual se consideró siempre el establecimiento de 0,45 hectáreas, independientemente de las condiciones del entorno por cada año y predio en el territorio considerado.

Las variables auxiliares que participan de esta fase son 5, siendo éstas: Rendimiento del cultivo por hectárea (RdtoAg); Producción Agrícola Total (PrTAg); Oferta Agrícola (OAg); Producción Total de Subsistencia Agrícola (PSAgT); Superficie Total de Agricultura de

Subsistencia (SAGT). Para un mayor detalle de su especificación y unidades de medida ver anexos.

Las variables exógenas que participan en esta fase del SA, son dos. La variable exógena Número de predios (NºP) es dependiente del paso del tiempo con tasas de crecimiento en el número de predios, para el período 1976-1997, de un 1,36% y para el período 1997-2007, de 1,06%.

Estas tasas de crecimiento fueron construidas considerando el número de predios estimados en cada uno de los Censos Silvoagropecuarios (1976-1997-2007), donde para el primer período se considero como nº de predios iniciales, a los existentes en el año 1976 y como nº de predios finales de este período, a los observados en 1997, operando de la misma forma para el período 1997 – 2007.

La estimación de la tasa de crecimiento del número de predios por período se estimó en base a:

*Ecuación 1 Tasa de crecimiento:  $((n^{\circ} \text{ predios final período} / n^{\circ} \text{ predios inicio período})^{1/n} - 1)$*

Donde n, corresponde al número de años considerados para cada período.

En base a la estimación de estas tasas por período considerado se procedió a construir la serie de datos para el período total analizado (1976-2007) (ver en anexo serie completa).

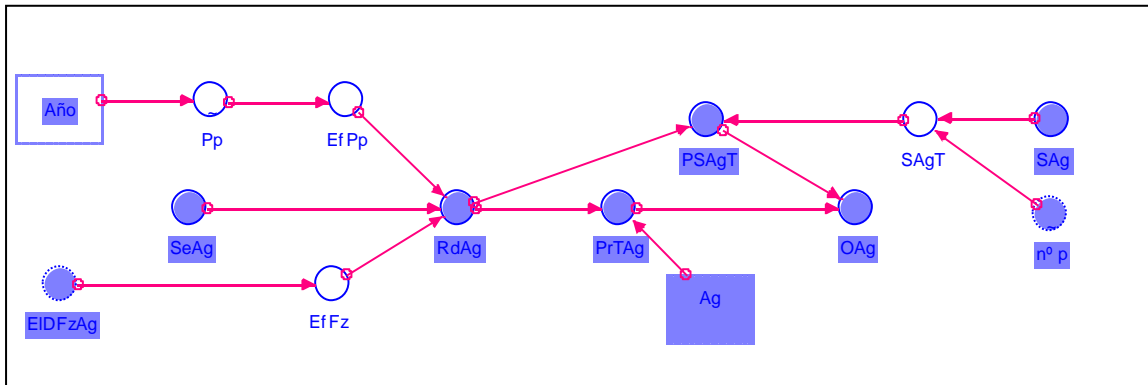
La segunda variable exógena es la precipitación ocurrida en la zona para el período de análisis, considerando como ya fue explicado anteriormente, los meses de noviembre, diciembre y enero para el cultivo de la papa. La serie de datos utilizada fue la obtenida de la base de datos oficial de la Dirección aeronáutica de Chile de la estación meteorológica de Puerto Montt y de la Dirección meteorológica de Chile. La serie completa de precipitación del período de análisis por año y meses puede consultarse en anexos.

Las interacciones entre las variables descritas, se describen en forma gráfica en la figura 50, presentada a continuación. En ella es posible apreciar que la oferta agrícola dependerá de



la producción agrícola total y de la producción destinada a auto subsistencia. La producción agrícola total se ve determinada por el rendimiento del cultivo (papa) el cual es influenciado en forma conjunta por la fertilización utilizada, la dosis de siembra (considerada como un parámetro en este modelo) y el efecto de la precipitación de cada año, ya que la zona de estudio es de secano.

Figura 48: Relaciones entre variables fase Producción y Oferta Agrícola submodelo SA.



Fuente: Imagen Software Stella

La oferta agrícola es la producción disponible para la venta luego de descontada la producción destinada al autoconsumo de las familias que habitan en cada predio del territorio en estudio. La determinación de la producción de subsistencia agrícola total en el territorio se define por el número de predios existentes para cada año de análisis y la superficie mínima dedicada a esta actividad con estos fines.

Las principales ecuaciones que definen a esta fase del subsistema se presentan a continuación:

*Ecuación 2*      $EfPp = \text{if } (Pp < 100) \text{ then } 1 \text{ else if } (Pp = 100) \text{ or } (Pp > 100) \text{ and } (Pp < 245) \text{ then } 13 \text{ else if } (Pp = 245) \text{ or } (Pp > 245) \text{ and } (Pp < 450) \text{ then } 15 \text{ else } 0$

*Ecuación 3*      $EfFz = \text{if } (EIDFzAg = 0) \text{ then } 1 \text{ else if } (EIDFzAg = 0.7) \text{ then } 1.2 \text{ else if } (EIDFzAg = 1.0) \text{ then } 1.35 \text{ else if } (EIDFzAg = 1.8) \text{ then } 1.65 \text{ else } 0$

*Ecuación 4*      $RdAg = SeAg * EfFz * EfPp$

*Ecuación 5*      $PSAgT = SAgT * RdAg$

Ecuación 6  $PrTA_g = \text{if } (Ag > 0) \text{ then } (RdAg * Ag) \text{ else if } (Ag = 0) \text{ or } (Ag < 0) \text{ then } 0 \text{ else } 0$

Ecuación 7  $SAgT = SAg * n^o\_p$

Ecuación 8  $OAg = PrTA_g - PSAgT$

### 1.5 Fase 2: Decisiones técnicas operativas

Por decisión operativa se entenderá aquellas decisiones que se toman en el corto plazo y que influyen directamente en la actividad productiva. Para el SA se ha definido como principal decisión operativa la determinación de la elección de dosis de fertilización a emplear en el año (temporada agrícola)

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los stocks que participan en esta fase son 3: *Ag* y *Año*, ya explicados anteriormente y  $\$Ag$  que corresponde al dinero disponible para que en el período se realice la elección de la dosis de fertilización a emplear durante el período.

En esta fase se considera una variable exógena: *PyFz*, que corresponde al precio de fertilizante, en este caso salitre sódico, para cada uno de los años considerados. Los precios nominales fueron llevados a pesos chilenos de diciembre de 2007 para posteriormente ser transformados a dólares considerando el valor promedio de esta moneda para el mes de diciembre de 2007 (Ver anexos).

La variable endógena para esta fase del modelo SA, corresponden a la estimación de la fertilización posible (*FzPos*) de efectuar en base al dinero disponible que proviene del período anterior y el precio del fertilizante del año, no obstante la elección de dosis de fertilización agrícola (*EIDFzAg*) obedece al establecimiento de un parámetro de fertilización.

Este parámetro (*EIDFzAg*), fue construido bajo la premisa de que la elección se realizará en rangos o tramos definidos, aún existiendo una posibilidad económica de fertilizar en mayores dosis. Los rangos de fertilización consideran 4 posibilidades de elección en relación a la fertilización posible de realizar, las que se detallan en el cuadro 24, donde los rangos de

fertilización fueron contruidos en base a consultas a expertos y entrevistas a productores de la zona<sup>28</sup>.

Cuadro 24: Elección de dosis de fertilización de acuerdo a posibilidades económicas

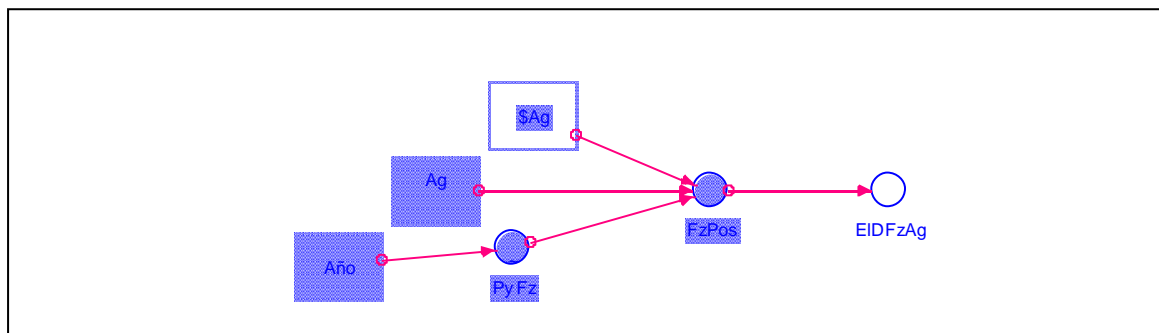
Posibilidad económica de efectuar una fertilización en Ton/ha	Elección de dosis a implementar en ton/ha
Menor a 0.7 ton por hectárea	No se fertiliza
Entre 0.7 y menor a 1 ton/ha	Se fertiliza en dosis de 0.7 ton/ha
Entre 1 y menor a 1.8 ton/ha	Se fertiliza en dosis de 1 ton/ha
Mayor a 1.8 ton/ha	Se fertiliza en dosis de 1.8 ton/ha

Fuente: elaborado en base a entrevistas a expertos y productores de la zona

Las relaciones entre las variables, en esta fase, están dadas por los factores que determinan la fertilización económicamente posible de efectuar, estando determinada por la cantidad de hectáreas a establecer en el cultivo, el dinero disponible para realizar la fertilización y el precio del fertilizante para cada año.

No obstante, la elección de la dosis finalmente a implementar se encuentra delimitada por los rangos descritos previamente para el parámetro *EIFzAg*, siendo esta la salida de elección para esta fase. Gráficamente se presenta las relaciones mencionadas en la figura 51.

Figura 49: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SA.



Fuente: Imagen Software Stella

<sup>28</sup> Consulta a experto: Ing. Agr. Andrés Contreras Profesor Universidad Austral de Chile.

De acuerdo a lo anterior, las principales ecuaciones que definen a esta fase son:

*Ecuación 9*       $FzPos = \text{if } Ag > 0 \text{ and } \$Ag > 0 \text{ then } (\$Ag/PyFz)/Ag \text{ else if } Ag < 0 \text{ or } Ag = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 10*       $EIDFzAg = \text{if } (FzPos < 0.7) \text{ then } 0 \text{ else if } (FzPos = 0.7 \text{ or } FzPos > 0.7 \text{ and } FzPos < 1.0) \text{ then } 0.7 \text{ else if } (FzPos = 1.0 \text{ or } FzPos > 1.0 \text{ and } FzPos < 1.8) \text{ then } 1.0 \text{ else if } (FzPos = 1.8 \text{ or } FzPos > 1.8) \text{ then } 1.8 \text{ else } 0$

### 1.6 Fase 3: Dinero disponible para la actividad

La premisa de esta fase esta dada por la influencia de la temporalidad de las decisiones, toda vez que las decisiones en el sector agrícola se presupuestan en un período anterior al que se ejecutan, pasando éstas desde la cantidad de hectáreas a establecer en la actividad como por las decisiones de la dosis de fertilización a emplear.

Es así que esta fase refleja esta condición para lo cual se ha dispuesto de una variable de stock, 3 variables que para esta fase y modelo SA son exógenas ya que provienen del modelo STDE, 3 variables auxiliares o endógenas del modelo SA y dos variables de flujo. Estos elementos y sus relaciones se explicitan a continuación.

#### Los elementos y las relaciones entre variables

La variable de stock, que refleja la temporalidad de las decisiones, corresponde al dinero disponible para las actividades agrícolas ( $\$Ag$ ), las variables de flujo corresponden a la entrada de dinero para actividades agrícolas ( $E\$Ag$ ) y a la salida de dinero para financiar las actividades agrícolas en el período ( $S\$Ag$ ).

Las variables exógenas para el modelo SA corresponden al dinero disponible para realizar la actividad agrícola ( $\$DAg$ ) en suelos que en el período anterior fueron utilizados para actividad agrícola o para pradera intensiva como parte de la rotación de cultivos; dinero disponible para la habilitación de suelos agrícolas proveniente de praderas extensivas ( $\$DHbAg$ ) y a la cantidad de dinero necesario para mantener la producción agrícola de subsistencia ( $\$SubsAg$ ), el cual depende de la superficie mínima de subsistencia agrícola y el

número de predios de cada año de análisis (parámetros ya explicados) y el costo de esta actividad estimado en el período inmediatamente anterior.

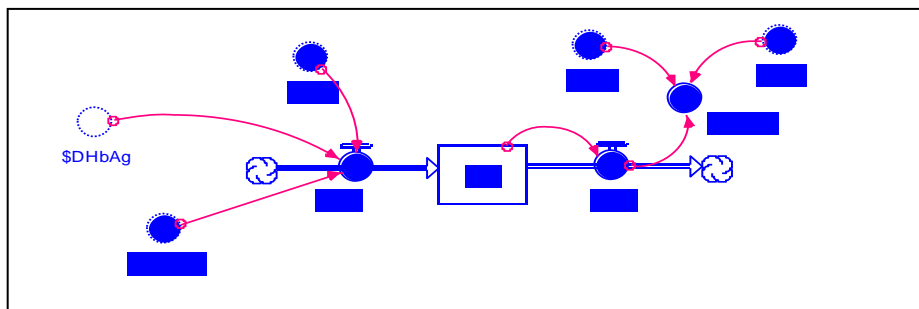
Por su parte, las variables endógenas consideradas en esta fase corresponden al costo total ( $cAgT$ ); ingreso de la actividad agrícola ( $YAgT$ ) en el período de análisis y el dinero que queda luego de financiar las actividades del período – las cuales serán explicadas en detalle en la fase 4 del modelo SA - y que corresponderá a una variable exógena para el modelo STDE.

En la figura 52, se observa que el flujo de dinero para la toma de decisiones operativas del período proviene de los dineros establecidos para la actividad agrícola propiamente tal, del dispuesto para la habilitación de nueva superficie para la actividad y del destinado previamente para al menos realizar la agricultura de subsistencia o autoconsumo.

Es la sumatoria de estas variables las que conforman el flujo de entrada del dinero disponible, el que se utiliza para determinar - en este caso- la decisión operativa de la fertilización posible económicamente de efectuar y finalmente establecer la elección de cuanto fertilizar.

No obstante lo anterior, tanto los costos e ingresos efectivamente producidos en el período están determinados por las elecciones de la superficie de la actividad como de los precios de los principales insumos así como de la elección de dosis de fertilización.

Figura 50 : Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SA.



Fuente: Imagen Software Stella

Junto con estas últimas variables descritas se encuentran otras variables que conforman el costo agrícola total ( $CAgT$ ) el cual se financia con el dinero disponible del período. El saldo existente de financiamiento de la actividad más el dinero proveniente de los ingresos de la actividad conforma el dinero a toma de decisiones estratégicas desde la actividad agrícola ( $TDEdAg$ ) que pasará a ser una variable exógena para el modelo STDE.

Las principales ecuaciones para esta fase del modelo SA corresponden a:

*Ecuación 11*      $STDEdAg = ((S\$Ag - CAgT) + YAgT)$

*Ecuación 12*      $\$Ag(t) = \$Ag(t - dt) + (E\$Ag - S\$Ag) * dt$  ;

*Ecuación 13*      $INIT \$Ag = 39372711$

*Ecuación 14*      $INFLOWS: E\$Ag = \$disAg + \$disHbAg + \$SubsAg$

*Ecuación 15*      $OUTFLOWS: S\$Ag = \$Ag$

#### 1.7 Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad

Esta fase tiene por objeto la determinación de los costos, ingresos efectivamente realizados en el período y el cálculo de la relación costo beneficio de la actividad agrícola. Ellos serán utilizados como parte del conocimiento a emplear para realizar la toma de decisiones estratégicas en el modelo STDE.

Esta fase se compone de dos variables de stock; dos variables exógenas y 6 variables auxiliares, las cuales se describen a continuación.

##### Los elementos y las relaciones entre variables

Tanto la variable de stock año y sus flujos de entrada y salida son utilizadas para establecer la temporalidad de los precios agrícolas como de los incentivos establecidos para la actividad agrícola en el período de análisis.

El precio agrícola – variable exógena al modelo- considerado fue un estimado de precio agrícola pagado a productor (*PAg*). Este precio agrícola a productor fue construido considerando el precio promedio a consumidor por temporada agrícola en el Mercado Central de Santiago, el cual es la principal fuente de abastecimiento a consumidores del país.

La base de datos utilizada fue la proporcionada por la Oficina de Estudios y Política Agraria (ODEPA), la cual fue sensibilizada en base a estudios de Informes de Mercado del mismo organismo para la papa, el cual estima precios pagados a productor en rangos de entre un 31% a un 70% del precio pagado por el consumidor.

Para efectos del presente estudio se consideró el precio a promedio pagado a productor equivalente a un 54 % del precio pagado por el consumidor en cada año del período de análisis (Ver anexos).

La variable exógena Incentivos Agrícolas (*IAg*), se construyó en base a los incentivos entregados por el Sistema de Incentivos de la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD) en la zona de estudio.

Según el cuadro 25, en la zona de estudio, el programa parte efectivamente el año 1999, donde en promedio para los años considerados para este efecto (1999 a 2007) se observa que las hectáreas reales bonificadas han seguido una tendencia al descenso.

Esto se explica por que las mismas hectáreas físicas pueden ser sujetas de bonificación por uno o más componentes del programa SIRSD. En efecto, normalmente el componente de enmienda calcárea puede emplearse en conjunto con la fertilización fosfatada para actividades agrícolas y así mismo estos componentes pueden ser utilizados conjuntamente con el incentivo de praderas para la recuperación de praderas permanentes (uso praderas intensivas en este estudio), siendo este el supuesto a utilizar en el presente estudio, vale decir, el 50% de los incentivos de enmienda calcárea serán utilizados para actividades agrícolas y el otro 50% para suelos con praderas intensivas e igual distribución ocurrirá para el componente de fertilización fosfatada.

*Cuadro 25: Incentivos entregados en el programa de recuperación de suelos degradados*

año	Total ha reales	Total usuarios	Representatividad hectáreas con incentivo y el territorio de la zona de estudio									
			Fertilización Fosfatada		Enmienda calcárea		Praderas		Recuperación de suelos		Conservación de suelos	
			ha	% estudio	ha	% estudio	ha	% estudio	ha	% estudio	ha	% estudio
1999	11851,7	2704	4.770	1,16	1.413	0,3	8.663	2,1	1332,15	0,3	0	0,00
2000	13609,5	4132	6.288	1,53	944	0,2	4.700	1,1	1680,05	0,4	0	0,00
2001	11181,0	4678	6.600	1,61	862	0,2	2.252	0,5	1470,4	0,4	0	0,00
2002	11835,0	3561	7.189	1,75	1.918	0,5	1.097	0,3	1414,6	0,3	228	0,06
2003	11345,9	3807	4.937	1,20	5.326	1,3	717	0,2	662,2	0,2	175	0,04
2004	10834,0	2985	4.117	1,00	4.544	1,1	1.412	0,3	694	0,2	909	0,22
2005	8494,0	2654	4.198	1,02	4.381	1,1	1.302	0,3	545	0,1	1.678	0,41
2006	7265,0	2162	5.360	1,30	6.430	1,6	1.333	0,3	275	0,1	2.434	0,59
2007	6413,0	1395	3.224	0,78	2.376	0,6	702	0,2	318	0,1	878	0,21
prom	10.314	3.120	5.187	1,26	3.133	0,76	2.464	0,60	932	0,23	700	0,17
Representatividad por componente (%):			50,29		30,37		23,89		9,04		6,79	

Fuente: elaborado en base a información oficial entregado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario. Ministerio de agricultura de Chile.

Bajo la premisa anterior se construyó el incentivo otorgado tanto para las actividades agrícolas como para las praderas intensivas para cada año de análisis involucrado, teniendo la precaución de la transformación de los montos de los incentivos de nominales a pesos chilenos del año 2007 y su posterior transformación a dólares del mismo año.

Al analizar la cobertura de este programa, en consideración a la superficie total del territorio analizado, ésta no supera el 4% - como es posible apreciar en el cuadro anterior. No obstante, al analizar la cobertura de los incentivos a la actividad agrícola en comparación a la evolución de la superficie estimada para cada año, se estima que el incentivo para la actividad agrícola posee una cobertura promedio de los años en que existió el incentivo de un 19,06%; siendo este el valor considerado para el parámetro utilizado en el modelo (CIAg).

La estimación de superficie de la actividad agrícola por año se realizó de forma similar a la explicitada en la ecuación 1 (estimación de la evolución de número de predios), con la salvedad que los valores considerados fue la superficie de la actividad agrícola observada en el



año 1997 como inicial y la superficie de la actividad agrícola del año 2007, como final (Para un mayor detalle consultar anexos)

Los serie completa de valores de incentivos por hectárea para ambos usos de suelo: agrícola y pradera intensiva; y más información complementaria relativa a incentivos SIRSD se encuentran en anexos. Todos los montos base son nominales los que fueron llevados a pesos chilenos (\$Ch) del año 2007 y luego transformados a dólares del mismo año<sup>29</sup>.

Otro parámetro considerado es el costo asignado al propietario/gestor del predio denominado Costo de Administración (*CAd*) que es un reflejo del costo de oportunidad. El valor considerado fue el monto de salario mínimo vigente al año 2007, en dólares del mismo año. El ingreso de salario anual fue dividido por el número de hectáreas promedio por predio de la zona de estudio, siendo éste el valor considerado como parámetro para todas las actividades realizadas. Sueldo mínimo de 144 mil pesos chilenos mensuales en un año son \$1728000 traspasados a dólares de diciembre 2007 (499,28 US) son 3460.98 y dividido por la superficie total del predio 30.67 hectáreas (promedio has predio en 2007) da 112.84.

La variable *oferta agrícola (OAg)*, ya fue explicada con anterioridad, y en esta fase del modelo es considerada exógena, aunque endógena para todo el sistema agrícola. Otras variables exógenas para esta fase y ya explicadas con anterioridad son: *precio de fertilizante (PyFz)*, *elección de dosis fertilizante agrícola (EIDFAG)*; *rendimiento agrícola (RdAg)*.

Los parámetros considerados corresponden a los *costos de administración (CAd)* que corresponden a un estimado de los costos de oportunidad de empleo del propietario, para lo cual se consideró el sueldo mínimo mensual para Chile en un año (2007) equivalentes a un ingreso de US\$ 3460.98 anuales (en dólares de diciembre de 2007) el cual fue dividido por el número de hectáreas promedio para la época y sector (30.67 hectáreas) obteniéndose un costo

---

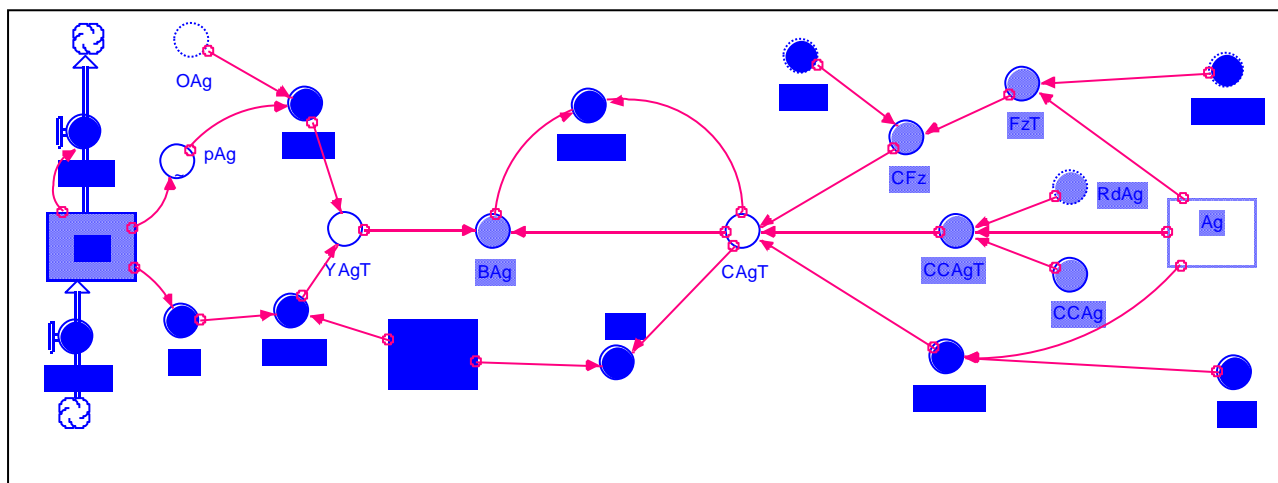
<sup>29</sup> Como se mencionó anteriormente el programa SIRSD tenía una vigencia hasta noviembre de 2009, razón por la cual en la actualidad se encuentra aprobado un programa continuador del SIRSD, cuyo funcionamiento es similar al anterior y lleva por nombre Sistema de incentivos de sustentabilidad ambiental para suelos agrícolas (SISASA)

de administración de US\$112.84 por hectárea, siendo este el valor considerado como parámetro en el modelo. El otro parámetro utilizado corresponde al *costo de cosecha agrícola* (CCAg), que corresponde, en este caso, a un monto fijo (US\$13 en dólares de diciembre de 2007) pagado por sacos de 50 kg cosechados y ensacados.

Finalmente las variables endógenas para esta fase corresponden a los *ingresos por venta agrícola* (YVag), *ingresos por incentivos agrícolas totales* (YIAgrT), *ingreso agrícola total* (YAgT); los *fertilizantes totales empleados en la actividad* (FzT); el costo total de dichos fertilizantes (CFz); el costo total de la cosecha (CCAgT); los costos asociados a la administración general del tomador de decisiones en esta actividad (CAAdTag); los costos totales para la actividad agrícola (CAgT); los costos agrícolas por hectárea (CAg); el beneficio de la actividad agrícola (BAg) y la relación beneficio costo de la actividad (RBCAg).

Las relaciones de las variables de esta fase del modelo agrícola se presentan en la figura 53.

**Figura 51: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SA**



Fuente: imagen de software Stella

De la gráfica anterior (figura 53), es posible apreciar que el ingreso total agrícola es un monto variable que depende de los ingresos por venta de la actividad y de los ingresos percibidos por los incentivos recibidos. Los ingresos por venta dependerán de la oferta agrícola, considerando aquella producción destinada a la venta y no a la sobrevivencia familiar, y del

precio pagado a productor de cada año de análisis; por su parte los ingresos recibidos por concepto de incentivos dependerán de la existencia de estos incentivos y del monto entregado en cada año en particular y del número de hectáreas bonificadas.

Los costos considerados son los relativos a la mano de obra de cosecha y de administración de la actividad, los cuales dependen del número de hectáreas destinadas al rubro y del rendimiento del cultivo para cada año más los costos del uso y aplicación de fertilizantes. La relación entre los ingresos totales menos los costos totales entrega los beneficios totales de la actividad. Cabe señalar que se estima el costo por hectárea de la actividad y la relación beneficio costo de la misma, variables que influirán en la toma de decisiones futura del propietario.

Las principales ecuaciones que sustentan esta fase del modelo agrícola corresponden a:

*Ecuación 16*       $YVag = OAg * pAg$

*Ecuación 17*       $YIAgrT = Ag * IAg * CoblAg$

*Ecuación 18*       $YAgT = YIAgrT + YVag$

*Ecuación 19*       $BAG = YAgT - CAgT$

*Ecuación 20*       $CAg = \text{if } Ag > 0 \text{ then } CAgT / Ag \text{ else if } Ag < 0 \text{ or } Ag = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 21*       $CAgT = CFz + CCAgT + CAdTAg$

*Ecuación 22*       $CCAgT = CCAg * RdAg * Ag$

*Ecuación 23*       $CAdTAg = Ag * CAd$

*Ecuación 24*       $CFz = FzT * PyFz$

*Ecuación 25*       $FzT = EIDFzAg * Ag$

*Ecuación 26*       $RBCAg = \text{IF } CAgT > 0 \text{ THEN } (BAG / CAgT) \text{ else if } CAgT = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 27*       $Año(t) = Año(t - dt) + (Entrada - Salida) * dt, \text{ INIT Año} = 1976$

*Ecuación 28*      INFLOWS: Entrada = 1

*Ecuación 29*      OUTFLOWS: Salida = if (Año=2007) then Año else

## 2 Sistema ganadero intensivo (SGI)

El submodelo ganadero intensivo (SGI) corresponde a otro de los sistemas productivos considerados, siendo descrito a continuación

### 2.1 Fase 1: Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera

La influencia del manejo técnico y de las precipitaciones sobre la cantidad de forraje producido; relacionando además, la capacidad de sustentación potencial de la pradera con la carga real de animales, mediatizados por la competencia inter específica por el recurso limitante entre ellos, en este caso, la alimentación en base al forraje disponible; son modelados en esta fase.

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Las variables de stock en esta fase son tres: año, que expresa la temporalidad de las precipitaciones anuales acaecidas en la zona; la superficie en hectáreas de este uso de suelos, denominado praderas intensivas (PI) y la cantidad de animales iniciales con que se comienza la modelación y cada inicio de temporada, expresada en unidades animales (UAGInicio) en las praderas intensivas.

La cantidad de hectáreas iniciales de praderas intensiva fue obtenida en base al censo silvoagropecuario del año 1976 y las unidades animales fueron calculadas en base a los tipos de cabezas bovinas existentes en el año en cuestión considerando la homologación estándar por tipo de animal.

Para lo anterior, se consideró la homologación de la superficie en praderas y el porcentaje no catastrado en el censo de 1976, bajo el supuesto de que la superficie no censada mantiene igual distribución que la censada; razón por la cual se obtuvo un total para el año

1976 de 54.397 U.A.<sup>30</sup> para ganadero intensivo y 32.462 U.A para extensivo, correspondiente a 0,64 y 0,34 de carga animal respectivamente.

Los parámetros considerados corresponden al rendimiento base de producción de forraje anual de una pradera intensiva de la zona en un año considerado normal (RdtoBpral) expresado en kilos de materia seca al año equivalente a 5500 kilos de materia seca año.

De esta forma la precipitación considerada normal para un año, corresponde al rango de precipitaciones anuales superior a los 800 y menores a 1651 mm de lluvia caída, donde se considera que en este rango la producción de forraje será equivalente a la producción de forraje base (RdtoBpral). Con precipitaciones menores a lo normal se asume una disminución de la producción en un 50% en relación a RdtoBpral; por otro lado, precipitaciones mayores a 1651 mm y menores a 2500 mm distribuidas a lo largo del año ocasionarán un aumento del rendimiento total de un 20% en relación al RdtoBpral. Estos supuestos considerados dan origen al parámetro: efecto de la precipitación total anual en praderas (EfPpTpra).

Debido a que las praderas intensivas son aquellas que por definición se les realiza manejos agronómicos, siendo el más importante la fertilización; es que se considera el efecto de ésta en el rendimiento final de la pradera, para lo cual se consideró que si en el año en particular no se realiza fertilización, pero si otros manejos, la pradera expresara un 80% del RdtoBpral; si se fertiliza con 0.1 ton de fertilizante/ha se obtendrá un aumento de un 10%; con 0.33 ton de fertilizante/ha un 30% más; con 0.44 ton fertilizante/ha, un 50% más; con 0.76 ton fertilizante por ha, un 80% y finalmente se considera una fertilización máxima de 0.88 ton de fertilizante por hectárea obteniéndose en este caso un 100% más del rendimiento base para este tipo de praderas.

---

<sup>30</sup> Una unidad animal (UA) corresponde a las necesidades de alimentación de una vaca que produce 5000 litros de leche al año con 3% de materia grasa que pesa 450 kilos y que consume 4920 kg de materia seca de forraje de pradera al año.

La cantidad de forraje consumida, en kilos de materia seca durante un año, por distintos animales puede ser traducida en unidades animales, en este caso bovinos, donde una unidad animal consume en el año 4920 kilos de materia seca, siendo éste otro parámetro utilizado en esta fase (ConsFUA).

Para el desarrollo de la masa ganadera fue necesario considerar parámetros típicos de manejo técnico del rebaño para este nivel tecnológico, de esta forma se consideró un coeficiente de reemplazo (ReemplGI) de un 20% del rebaño para cada año y un coeficiente de reproducción (ReprodGI) que considera un 90% de parición de crías vivas y que existe un 50% de probabilidad de que las crías nacidas vivas sean hembras.

Finalmente los dos parámetros siguientes obedecen a la orientación general de la producción de la zona, la cual es eminentemente lechera bovina, por lo cual se consideró que el 75% de las unidades animales existentes se destinarán a la producción lechera (UAleGI) y el 25%, a la producción de carne (UAcARGI), producción que es considerada normalmente un subproducto de la actividad lechera, por los productores lecheros de la zona.

La variable precipitaciones anuales es exógena tanto para el macromodelo, el SGI y fase. Exógena para esta fase del modelo, pero endógena al considerar todo el modelo, es la elección de la dosis de fertilizante a emplear (EIDFzpra). Las unidades animales de novillos (UANov) es exógena para esta fase del modelo, pero corresponde a un parámetro de la fase de ingresos, costos y beneficios de este modelo.

Las variables endógenas son: el rendimiento de la pradera (Rdtopral) medido en kilos de materia seca de forraje por hectárea por año; la producción total de forraje en pradera intensiva (ProdTFpradI); la capacidad de carga potencial de la pradera intensiva (CcpotPI), en U.A. potenciales por hectárea al año; la capacidad de carga potencial total anual en pradera intensiva (CcTpotPI); unidades animales de carne destinadas a la venta (UAVCarGI); crecimiento de la masa ganadera (CrGI); unidades animales para la venta como animales de desecho (Vdes); opción técnica de compra de ganado (OTecCG); diferencial del potencial de la

masa ganadera ( $DpotmasaGI$ ); la necesidad de desalojo de animales por baja capacidad forrajera ( $Desalojo GI$ ); la carga real de unidades animales por hectárea ( $CargaGI$ ).

Finalmente las variables de flujo son delta masa  $UAGI_{final}$ , que representan los flujos de entrada para el aumento de unidades animales y los de salida, para la disminución de las unidades animales durante el periodo de tiempo de un año y que reflejan todos los movimientos de crecimiento vegetativo del rebaño, venta y compra de animales. La variable  $UAGI_{final}$  se descompone en dos variables endógenas al sistema y modelo:  $UAleGI$  y  $UAcarGI$ , donde la primera corresponde a las unidades animales equivalentes que son destinadas a la producción de leche y la segunda, a las unidades animales equivalentes que se destinarán a la producción de carne como subproducto de la actividad lechera derivada de los nacimientos de los terneros.

En la producción de forraje incide la precipitación anual observada cada año donde primaveras, veranos y otoños lluviosos inciden positivamente en un aumento en la producción por hectárea, la cual también es influida por los manejos agronómicos en especial la fertilización de las praderas, donde el uso de fertilizantes obedece a un aumento de la producción asociado a la ley de rendimientos marginales decrecientes. El efecto de la precipitación actúa concomitantemente con la fertilización produciendo un aumento en la producción de forrajes, donde la producción total se ve determinada por el número de hectáreas destinadas a este uso de suelo.

La producción por hectárea y total de forrajes relacionada con el consumo de forrajes de una unidad animal determina la capacidad de carga potencial de la pradera. De la misma forma, relacionando la cantidad de animal existentes con la capacidad potencial de sustentación de la pradera es posible determinar un diferencial, donde si es positivo indica la posibilidad técnica de aumentar la cantidad de animal; y si este diferencial es negativo, la necesidad de venta de animales de manera de volver al equilibrio dado por el recurso limitante: el forraje.

La cantidad de animales se inicia con la variable stock, donde durante la temporada se verá influenciada por factores de manejo técnico del rebaño donde de acuerdo al nivel

tecnológico se tendrá un porcentaje de parición determinado, para este caso el 90% de las hembras; por otra parte, existe la disminución de animales producto del desecho de los mismos, calculados para este nivel tecnológico en un 20% y una mortandad promedio de un 2% anual de los animales.

Los factores antes mencionados determinan el crecimiento vegetativo del rebaño, los que sumados a las elecciones derivadas de la posibilidad de aumento o disminución de animales desde el punto de vista técnico cruzados con la disponibilidad de dinero para efectuar las compras de los animales determina las unidades animales que ingresan al sistemas mediante de compras de animales desde fuera del sistema, las ventas de animales debido a la necesidad de desalojo contribuirán a la disminución de animales del sistema.

Otro factor no menos importante constituye el crecimiento individual de los animales desde terneros a novillos durante una temporada que incidirán en mantener el número de cabezas bovinas, pero aumentar las unidades animales por sus mayores requerimientos alimenticios. En forma gráfica las relaciones expuestas se presentan en la figura 52 y las ecuaciones que definen a esta fase del sistema están dadas por:

*Ecuación 30*  $EfPpTpra = \text{if}(PpT=0) \text{ or } (PpT>0) \text{ and } (PpT<800) \text{ then } 0.5 \text{ else if } (PpT=800) \text{ or } (PpT>800) \text{ and } (PpT <1651) \text{ then } 1 \text{ else if } (PpT=1651) \text{ or } (PpT>1651) \text{ and } (PpT<2500) \text{ then } 1.2 \text{ else } 0$

*Ecuación 31*  $EfFzpra = \text{if } (EIDFzpra=0) \text{ then } 0.8 \text{ else if } (EIDFzpra=0.1) \text{ then } 1.1 \text{ else if } (EIDFzpra=0.33) \text{ then } 1.3 \text{ else if } (EIDFzpra=0.44) \text{ then } 1.5 \text{ else if } (EIDFzpra=0.76) \text{ then } 1.8 \text{ else if } (EIDFzpra=0.88) \text{ then } 2 \text{ else } 0.8$

*Ecuación 32*  $Rdtopra = (RdtoBPral * EfPpTpra * EfFzpra)$

*Ecuación 33*  $ProdTFpral = (Rdtopra * PI\_)$

*Ecuación 34*  $CcTpotPI = ProdTFpral / ConsFUA$

*Ecuación 35*  $CcpotPI = \text{if } PI\_ > 0 \text{ then } CcTpotPI / PI\_ \text{ else if } PI\_ < 0 \text{ or } PI\_ = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 36*  $UAVCarGI = UA\_nov + DesalojoGI$

*Ecuación 37*  $CrGI = UA\_GI\_final\_ * ReprodGI * mortandad$

*Ecuación 38*  $Vdes = UA\_GI\_inicio * ReemplGI\_$

*Ecuación 39*  $DpotmasaGI = CcTpotPI - UA\_GI\_final\_$

*Ecuación 40*  $CargaGI = \text{if } PI\_ > 0 \text{ then } UA\_GI\_final\_ / PI\_ \text{ else if } PI\_ < 0 \text{ or } PI\_ = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 41*  $UA\_leGI = UA\_GI\_final\_ * 0.75$

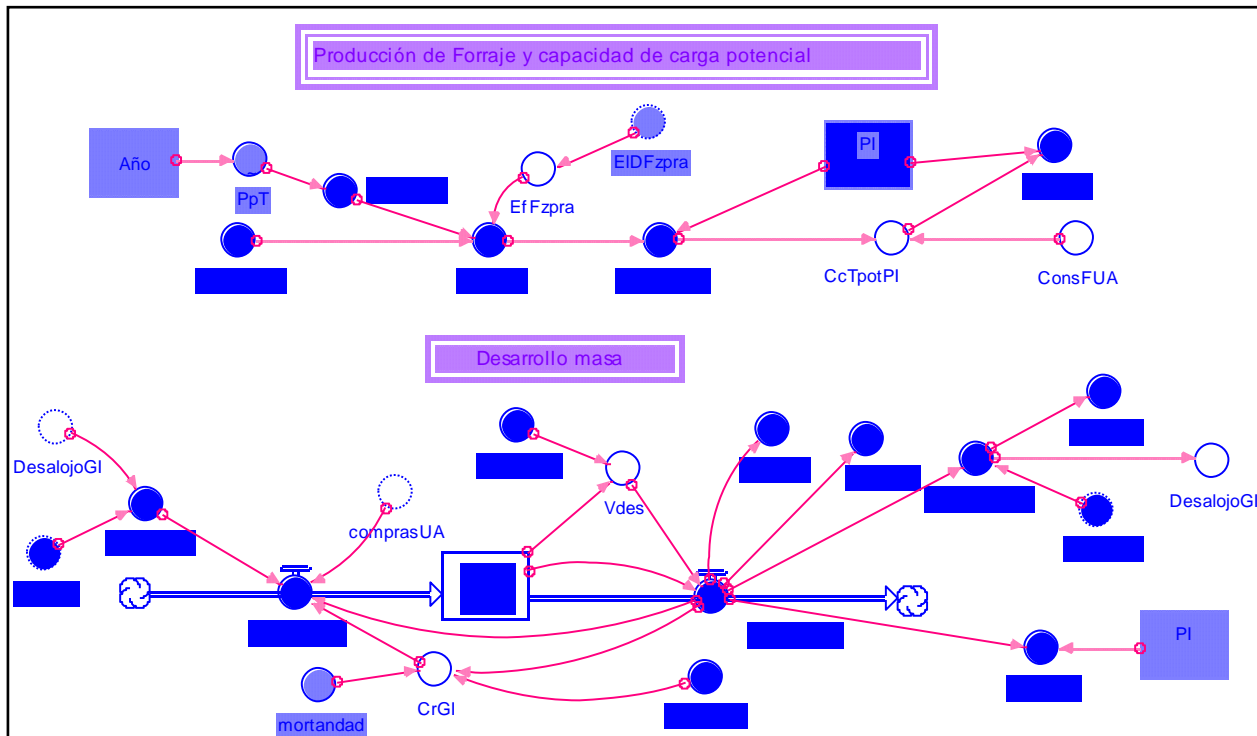
*Ecuación 42*  $UAcarGI = UA\_GI\_final\_ * 0.25$

*Ecuación 43*  $OTecCG = \text{if } DpotmasaGI > 0 \text{ or } DpotmasaGI = 0 \text{ then } DpotmasaGI \text{ else } 0$



- Ecuación 44  $DesalojoGI = \text{if } DpotmasaGI < 0 \text{ then } (DpotmasaGI * -1) \text{ else } 0$
- Ecuación 45  $UA\_GI\_inicio(t) = UA\_GI\_inicio(t - dt) + (Delta\_masa - UA\_GI\_final\_ ) * dt$
- Ecuación 46  $INIT UA\_GI\_inicio = 54397$
- Ecuación 47  $INFLOWS: Delta\_masa = CrGI + UA\_GI\_final\_ + comprasUA - UAVCarGI$
- Ecuación 48  $OUTFLOWS: UA\_GI\_final\_ = UA\_GI\_inicio - Vdes$

Figura 52 :Relaciones entre variables fase Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera, submodelo SGI



Fuente: imagen de software Stella

## 2.2 Fase 2: Decisiones técnicas operativas

En esta fase del sistema las decisiones operativas a efectuar durante la temporada se relacionan con las decisiones de cuanto fertilizar y cuantos animales comprar. Los elementos que intervienen se presentan a continuación.

### Los elementos y las relaciones entre variables

Las variables de stock participantes son la superficie del uso de suelos de pradera intensiva en hectáreas, el dinero disponible para estas decisiones en la temporada y año como variable auxiliar indicadora de la temporalidad de los precios del fertilizante (PySFT)

considerado, en este caso de superfosfato triple, siendo esta última una variable exógena al sistema.

Las variables exógenas para esta fase del modelo, pero endógenas al sistema de ganadero intensivo son el costo de fertilizante, la opción técnica de compra de ganado y el precio de compra de animales en feria (Pycar) medido en dólares por kilo de animal en pie.

Las variables endógenas de esta fase corresponde a la determinación de la opción económica de la compra de fertilizantes (OEComFz), la elección de la dosis de fertilización en praderas (EIDFzpra); el dinero disponible para una eventual compra de animales (\$comUA); el cálculo de la opción económica de compra de animales (OEComUAGI) medido en unidades animales factibles de adquirir y el costo de esta compras de animales (CostComprGI) medido en dólares.

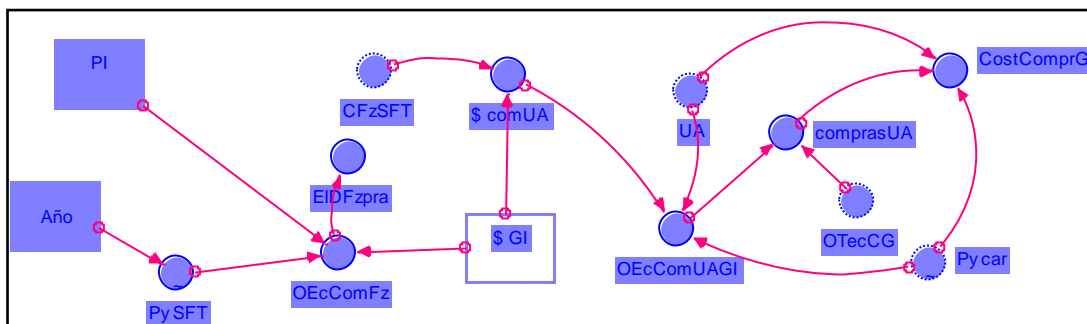
Las relaciones entre variables se grafican en la figura 53, y en ella es posible apreciar una priorización de las decisiones técnicas operativas donde siempre se realizará primero la elección de fertilización de la pradera, donde la cantidad a fertilizar o dosis de fertilización será determinada en última instancia por la disponibilidad de dinero en la temporada cruzada por el precio del año del fertilizante a emplear y la cantidad de hectáreas a fertilizar. La determinación de la dosis de fertilización y el número de hectárea determinan la cantidad de dinero a utilizar para esta actividad de fertilización en la temporada, donde de existir dinero disponible en este período, se analiza la posibilidad de aumento de la masa ganadera.

El aumento de la masa ganadera se determina por la existencia de dinero disponible y por la factibilidad técnica de aumentar dicha masa en el período. Esta factibilidad como ya fue explicada en la fase anterior, depende de la capacidad de sustentación de la pradera, la cual es expresada en las unidades animales posibles de comprar.

De existir ambas disponibilidades se analiza el promedio del precio del ganado en pie en las ferias locales, siendo su unidad de medida US\$/kilo de peso vivo del ganado en pie, calculándose de esta forma la cantidad de kilos de animales vivos posibles de comprar, los

cuales son transformados en unidades animales posibles de comprar, donde finalmente se compara la opción económica y técnica de de compra de animales, donde en el caso que la disponibilidad de dinero no sea una limitante, la restricción será la disponibilidad técnica de compra de animales. En caso contrario, esto es, que la restricción sea la cantidad de dinero disponible para compras de animales, se elegirá la opción económica aún si existe la posibilidad técnica de incorporar más animales al sistema.

*Figura 53: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SGI.*



Fuente: imagen de software Stella

Las principales ecuaciones que expresan las relaciones señaladas se explicitan a continuación:

*Ecuación 49*  $OEcComFz = \text{if } PI\_ > 0 \text{ and } \$\_GI > 0 \text{ then } (\$\_GI/PySFT)/PI\_ \text{ else if } PI\_ < 0 \text{ or } PI\_ = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 50*  $EIDFzpra = \text{if } (OEcComFz = 0 \text{ or } OEcComFz > 0 \text{ and } OEcComFz < 0.1) \text{ then } 0 \text{ else if } (OEcComFz = 0.1 \text{ or } OEcComFz > 0.1 \text{ and } OEcComFz < 0.33) \text{ then } 0.1 \text{ else if } (OEcComFz = 0.33 \text{ or } OEcComFz > 0.33 \text{ and } OEcComFz < 0.44) \text{ then } 0.33 \text{ else if } (OEcComFz = 0.44 \text{ or } OEcComFz > 0.44 \text{ and } OEcComFz < 0.76) \text{ then } 0.44 \text{ else if } (OEcComFz = 0.76 \text{ or } OEcComFz > 0.76 \text{ and } OEcComFz < 0.88) \text{ then } 0.76 \text{ else if } (OEcComFz = 0.88 \text{ or } OEcComFz > 0.88) \text{ then } 0.88 \text{ else } 0$

*Ecuación 51*  $\$\_comUA = \$\_GI - CFzSFT$

*Ecuación 52*  $comprasUA = \text{if } OEcComUAGI > OTecCG \text{ then } OTecCG \text{ else if } OEcComUAGI = OTecCG \text{ then } OTecCG \text{ else if } OEcComUAGI < OTecCG \text{ then } OEcComUAGI \text{ else } 0$

*Ecuación 53*  $OEcComUAGI = \text{IF } \$\_comUA > 0 \text{ THEN } ((\$\_comUA/Pycar\_)/UA) \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 54*  $CostComprGI = comprasUA * Pycar\_ * UA$

### 2.3 Fase 3: Dinero disponible

El dinero disponible en la temporada agrícola es la que determina la o las elecciones realizadas en la fase de decisiones técnicas operativas, de allí radica su importancia en el modelo del sistema ganadero intensivo. Los elementos y relaciones que rigen esta fase se expresan a continuación.

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos que participan en esta fase corresponden a una variable de stock, 2 de flujo, una endógena al sistema y a la fase analizada y cuatro variables exógenas a la fase, siendo dos de ellas, endógenas al sistema ganadero intensivo.

La variable de stock corresponde a la disponibilidad de dinero para actividades del sistema ganadero intensivo ( $\$GI$ ), las variables de flujo son la entrada de dinero a la actividad ( $E\$GI$ ) y la salida de dinero desde la disponibilidad de dinero del sistema ganadero intensivo ( $S\$GI$ ).

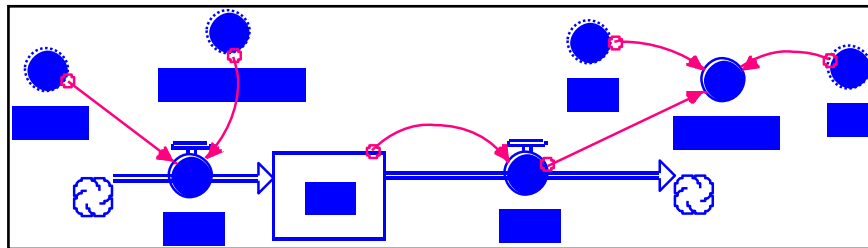
La variable endógena del sistema, es el dinero disponible para decisiones estratégicas desde el sistema ganadero intensivo ( $STDEdGI$ ); por otra parte, las variables exógenas a la fase y al sistema son:  $\$disGI$ ,  $\$disIntenGan$ , que corresponden al dinero disponible para la ganadería intensiva y al dinero disponible para intensificación ganadera; donde las disponibilidades de dinero se diferencian entre sí, en que la primera proviene de la elección de seguir en la actividad y la segunda de incorporar nueva superficie para la actividad.

Las variables exógenas a esta fase, pero endógenas al sistema analizado son el ingreso total del ganadero intensivo ( $YGI$ ) y el costo total del ganadero intensivo ( $CGI$ ).

Las relaciones entre las variables participantes en esta fase se grafican en la figura 54, de la cual se desprende que la disponibilidad de dinero durante una temporada agrícola dependerá de los dineros previstos para la actividad en la temporada anterior como parte de las decisiones estratégicas del productor agropecuario.

La decisión de mantener cierta cantidad de hectáreas en ganadería y/o incorporar nueva superficie a esta actividad, y el dinero para realizar dichas actividades son tomados en un tiempo anterior provenientes del sistema de toma de decisiones estratégicas y se traspasan para ser utilizados en la temporada siguiente para el financiamiento de las actividades que se ejecutarán durante la temporada (costo del ganadero intensivo), pero durante la temporada también se reciben ingresos, los cuales son considerados para la obtención de un output final de esta fase que recoge los dineros finalmente disponibles que ha generado esta actividad en la temporada, información que será retomada en el modelo de gestión denominado sistema de toma de decisiones estratégicas.

*Figura 54: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SGI.*



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones de esta fase que describen las relaciones señaladas se disponen a continuación:

*Ecuación 55*  $STDEdGI = ((S\$GI+YGI)-CGI)$

*Ecuación 56*  $\$\_GI(t) = \$\_GI(t - dt) + (E\$GI - S\$GI) * dt; \text{INIT } \$\_GI = 2158895$

*Ecuación 57* INFLOWS:  $E\$GI = (\$disGI+\$disIntenGan)$

*Ecuación 58* OUTFLOWS:  $S\$GI = \$\_GI$

#### 2.4 Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios

En esta fase se determinan tanto los ingresos como los costos y los beneficios de la actividad de ganadería intensiva y también información relacionada con la relación beneficio costo de la actividad y costos por hectárea. Esta última información es de importancia en la

toma de decisiones estratégicas futuras. Tanto los elementos como las relaciones existentes en esta fase del modelo de ganadería intensiva se describen a continuación.

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos constituyentes de esta fase del modelo son 34, de los cuales existen dos variables de stock: Año4, que refleja tanto los precios de leche, carne e incentivos ocurridos en cada año de análisis y la variable de stock PI, que señala el número de hectáreas en este uso de suelo en cada año.

Las variables exógenas al modelo y a la fase son: el precio promedio de leche pagado a productor de la zona (PyL), el precio promedio de feria de ganado bovino en pie (Pycar), los incentivos económicos de fomento a la actividad ganadera relacionados con la fertilización de las praderas (Ipral) y el precio del fertilizante- superfosfatotriple- (PyFzSFT). Las series completas de precio utilizadas tanto de esta fase, modelo en particular y demás modelos puede consultarse en anexos.

Por su parte, las variables exógenas a esta fase, pero endógenas al modelo son: las unidades animales destinadas a la producción de leche (UAleGI), así como las unidades animales destinadas a la producción de carne producto del parto de las vacas lecheras y que originan terneros (UAcarGI); el costo de compra de animales para ingresar al sistema ganadero intensivo (CostComprGI); las unidades animales que eventualmente debieran venderse producto de la falta de alimentación para sustentarlas (DesalojoGI); la elección de la dosis de fertilización a emplear (EIDFzpra); la venta normal de animales de desecho en cada temporada de acuerdo al nivel tecnológico (Vdes) y el costo alternativo del productor por administración de la actividad (CAd), donde las últimas dos, corresponden a parámetros en distintas fases ya explicadas precedentemente.

Los parámetros a utilizar en esta fase corresponden a los litros promedio de leche por vaca masa en este nivel productivo (LtGI), en este caso se consideró 2845 lt de leche promedio aprovechable anual por lactancia en consideración a la información obtenida por Moreira, Smith,

Latrille y otros en el año 1996, para productores lecheros de la zona sur, en el marco del estudio de competitividad lechera del sur de Chile, donde caracterizaron distintos sistemas productivos de acuerdo a su nivel tecnológico.

Otro parámetro utilizado es la equivalencia de la unidad animal a terneros (UAter) donde un ternero equivale a 0,3 unidad animal y el equivalente en peso de animal vivo de una unidad animal (UA) correspondiente a 450 kg.

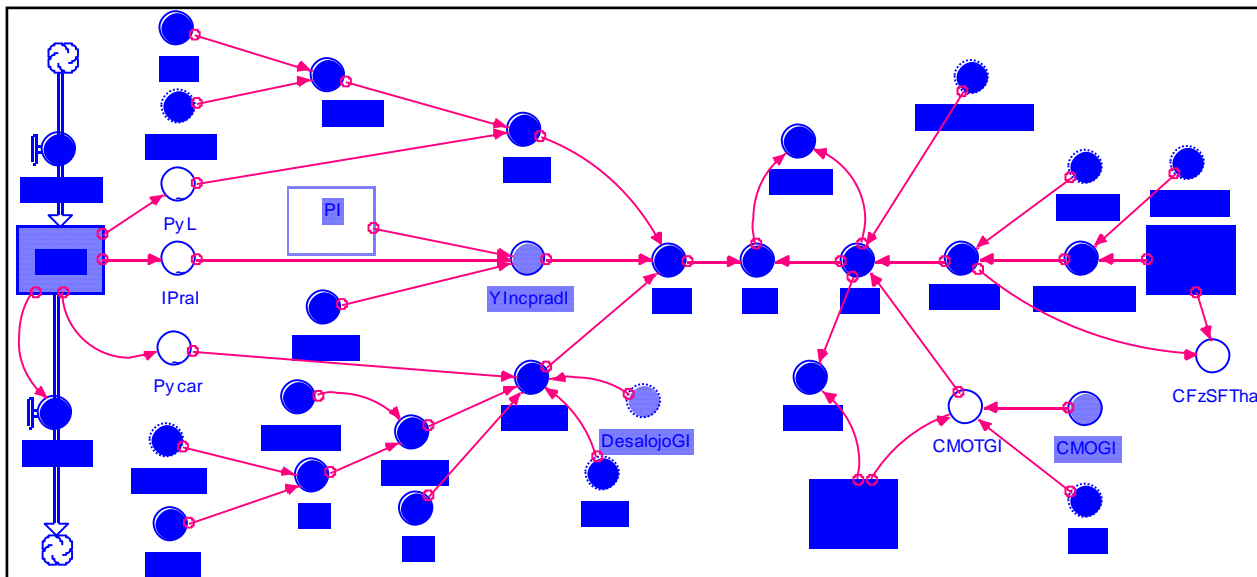
De acuerdo al análisis efectuado de la cobertura de los incentivos entregados en relación a la superficie potencial objeto del incentivo (ver anexos) se estableció un parámetro de cobertura del incentivo de praderas correspondiente a un 6,78%; siendo éste otro parámetro utilizado en esta fase.

Del mismo modo, de acuerdo al nivel tecnológico modelado, consultas a expertos e información técnica del área, se estima como parámetro, el aumento de peso de los animales, desde ternero a novillo, de un 50% de su peso inicial (peso ternero nacido vivo) durante una temporada agrícola.

Las variables endógenas a la fase y modelo son: la producción total de leche (PrLTGI), el ingreso por venta de leche (YLGI), el cálculo del número de terneros involucrados en la temporada (Ter) y el traspaso de éstos por aumento de peso a novillos (UANov); el ingreso por venta de animales en feria (YCarGI); el ingreso recibido por incentivos a la fertilización de praderas (YIncpradI); el ingreso total del productor ganadero intensivo (YGI); el beneficio del ganadero intensivo (BGI); la relación beneficio costo de la actividad (RBCGI); el costo total del ganadero intensivo (CGI); el costo de fertilización de las praderas (CFzSFT) así como la cuantificación de los fertilizantes utilizados en toneladas (FzSFTtonGI); el costo de la fertilización por hectárea (CFzSFTha); el costo de mano de obra total anual de la actividad (CMOTGI); el costo de mano de obra de la actividad para actividades tales como ordeña y manejo de rebaño (CMOGI) y el costo total de la actividad por hectárea (CGIha).

Las relaciones entre los elementos señalados precedentemente se grafican en la figura 55, la cual representa como se constituye el ingreso del productor ganadero intensivo, donde puede recibir ingresos por la venta de leche propiamente tal; por la venta de animales provenientes del desecho o desvieje del rebaño lechero y/o por la venta que debieron ser desalojados del sistema ganadero por la falta de alimentación en base a praderas y por el crecimiento de terneros durante la temporada que fueron vendidos como novillos a un mayor peso.

*Figura 55: Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SGI*



Fuente: imagen de software Stella

La otra fuente de ingresos de la actividad proviene de los ingresos por concepto de incentivos al manejo de pradera y como ya fue señalado con anterioridad, en la zona de estudio se observa que el programa de incentivos comienza en la zona en el año 1999.

Para el caso de la estimación del incentivo percibido por hectárea en cada año (1999 a 2007) se consideró una superposición de programas en una misma superficie, donde para estos efectos una hectárea de pradera intensiva opta normalmente al programa de enmienda calcárea, de fertilización fosfatada y al incentivo para el establecimiento de praderas; de esta forma se asignó un 50% del monto global entregado en cada uno de los 2 primeros programas



señalados y la totalidad del incentivo al establecimiento de pradera para construir un monto de incentivo a pradera intensiva. Los valores calculados pueden verse en el cuadro 19 y en anexos, un mayor detalle de los mismos.

Los costos totales de la actividad de ganadería intensiva lo componen los costos de eventuales compras de animales para ingreso en el sistema productivo, los costos derivados de la fertilización de praderas visto como el principal costo de producción de forraje para la alimentación del ganado y el costo de mano de obra.

El costo de fertilización dependerá de la elección de la dosis de fertilización empleada en la temporada, el precio del fertilizante para cada año y la cantidad de hectáreas destinadas a este uso de suelos. Por su parte, el costo de mano de obra considera el costo asociado a la administración del tomador de decisiones y de la mano de obra utilizada en las labores propias de la actividad. Como ya fue señalado anteriormente, estos costos se basan en un parámetro calculado considerando el costo por hectárea por lo que dependerá su cuantía del número de hectáreas dedicadas a la actividad.

En forma adicional se calcula el costo total de la actividad por hectárea y la relación beneficio costo de la misma para cada año, debido a que esta será la información a utilizar para el sistema de toma de decisiones estratégicas.

Finalmente, las principales ecuaciones que definen a esta fase del modelo son:

*Ecuación 59*       $PrLTGI = UA\_leGI * LtGI$

*Ecuación 60*       $YLGI = (PrLTGI * PyL)$

*Ecuación 61*       $YIncpradI = IPral * PI\_ * CobIPrI$

*Ecuación 62*       $Ter = UAcarGI * UATer$

*Ecuación 63*       $UA\_nov = IncrPeso * Ter$

*Ecuación 64*       $YCarGI = (UA\_nov + DesalojoGI + Vdes) * Pycar\_ * UA$

*Ecuación 65*       $YGI = YCarGI + YLGI + YIncpradI$

<i>Ecuación 66</i>	$BGI = YGI - CGI$
<i>Ecuación 67</i>	$CGI = CostComprGI + CFzSFT + CMOTGI$
<i>Ecuación 68</i>	$CGIha = \text{if } PI\_ > 0 \text{ then } CGI/PI\_ \text{ else if } PI\_ < 0 \text{ or } PI\_ = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$
<i>Ecuación 69</i>	$CMOTGI = PI\_ * (CMOGI + CAd)$
<i>Ecuación 70</i>	$CFzSFT = FzSFTtonGI * PySFT$
<i>Ecuación 71</i>	$FzSFTtonGI = EIDFzpra * PI\_$
<i>Ecuación 72</i>	$CFzSFTha = \text{IF } PI\_ > 0 \text{ THEN } CFzSFT/PI\_ \text{ ELSE } 0$
<i>Ecuación 73</i>	$RBCGI = \text{If } CGI > 0 \text{ then } BGI/CGI \text{ else if } CGI = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

### 3 Sistema ganadero extensivo (SGE)

El sistema ganadero extensivo (SGE) es similar, conceptualmente hablando, al sistema de ganadería intensiva (SGI), donde las diferencias se expresan en el nivel tecnológico e inversión, siendo éstos menores al SGI y menores también en productividad del sistema.

#### 3.1 Fase 1: Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera

Esta fase es homóloga a la fase 1 del sistema de ganadería intensiva la diferencia principal radica en el nivel de tecnología e inversión empleada lo que influirá en el nivel productivo del sistema, el cual es menor que el definido precedentemente.

##### Los elementos y las relaciones entre variables

Las variables de stock en esta fase son tres: año, que expresa la temporalidad de las precipitaciones anuales acaecidas en la zona; la superficie en hectáreas de este uso de suelos, denominado praderas intensivas (PE) y la cantidad de animales iniciales con que se comienza la modelación y cada inicio de temporada, expresada en unidades animales (UAGEInicio) en las praderas extensivas.

La cantidad de hectáreas iniciales de praderas extensiva fue obtenida en base al censo silvoagropecuario del año 1976 y las unidades animales fueron calculadas en base a los tipos de cabezas bovinas existentes en el año en cuestión considerando la homologación estándar por tipo de animal.

Para lo anterior, se consideró la homologación de la superficie en praderas y el porcentaje no catastrado en el censo de 1976, bajo el supuesto de que la superficie no censada mantiene igual distribución que la censada; razón por la cual se obtuvo un total para el año 1976, de 32.462 U.A para el manejo extensivo, correspondiente a 0,34 de carga animal por hectárea.

Los parámetros considerados corresponden al rendimiento base de producción de forraje anual de una pradera extensiva de la zona en un año considerado normal (RdtoBpraEI) expresado en kilos de materia seca al año equivalente a 3000 kilos de materia seca año. El efecto de la precipitación (EfPpTpra) es el mismo al explicado para el sistema de ganadería intensiva.

El parámetro ConsFUA, también es utilizado en este sistema y fase, debido a que representa el consumo de forraje de una unidad animal, independientemente del manejo técnico.

El manejo técnico, representado por los coeficientes técnicos utilizados como parámetros de este nivel tecnológico, son: coeficiente de reemplazo para ganadero extensivo (ReemplGE) de un 26% del rebaño para cada año y el coeficiente de reproducción (ReprodGE), en este caso de un 65% de parición de crías vivas y el supuesto que existe un 50% de probabilidad de que las crías nacidas vivas sean hembras.

Los parámetros UAleGE y UAcArGE, representan la orientación general de la producción de la zona, como ya fue señalado, donde el primer parámetro, indica que el 75% de las unidades animales existentes se destinarán a la producción lechera y el 25% restante, a la

producción de carne, producción que es considerada normalmente un subproducto de la actividad lechera, por los productores lecheros de la zona.

Al igual que para el sistema ganadero intensivo, una de las variable exógena de esta fase y sistema corresponden a las precipitaciones anuales acaecidas; siendo otra variable exógena las unidades animales de novillos (UANovGE) es exógena para esta fase del modelo, pero corresponde a un parámetro de la fase de ingresos, costos y beneficios de este modelo.

Las variables endógenas consideradas: el rendimiento de la pradera (RdtopraE) medido en kilos de materia seca de forraje por hectárea por año; la producción total de forraje en pradera extensiva (ProdTFpradE); la capacidad de carga potencial de la pradera intensiva (CcspotPE), en U.A. potenciales por hectárea al año; la capacidad de carga potencial total anual en pradera extensiva (CcTpotPE); unidades animales de carne destinadas a la venta (UAVCarGE); crecimiento de la masa ganadera (CrGE); unidades animales para la venta como animales de desecho (VdesGE); opción técnica de compra de ganado (OTecCGE); diferencial del potencial de la masa ganadera (DpotmasaGE); la necesidad de desalojo de animales por baja capacidad forrajera (Desalojo GE); la carga real de unidades animales por hectárea (CargaGE).

Finalmente las variables de flujo son delta masa UAGEfinal, que representan los flujos de entrada para el aumento de unidades animales y los de salida, para la disminución de las unidades animales durante el periodo de tiempo de un año y que reflejan todos los movimientos de crecimiento vegetativo del rebaño, venta y compra de animales.

La variable UAGEfinal se descompone en dos variables endógenas al sistema y modelo: UAleGE y UAcarGE, donde la primera corresponde a las unidades animales equivalentes que son destinadas a la producción de leche y la segunda, a las unidades animales equivalentes que se destinarán a la producción de carne como subproducto de la actividad lechera derivada de los nacimientos de los terneros.

Las relaciones expresadas en este modelo son intrínsecamente las mismas a las señaladas en el modelo anterior con la sola diferencia de que no se considera el efecto de la fertilización, debido a que este manejo es más extensivo y por definición no se realiza el manejo agronómico de fertilización a las praderas.

Las relaciones existentes se presentan en la figura 58 y su expresión en ecuaciones se presenta a continuación.

Las principales ecuaciones que definen esta fase se encuentran:

*Ecuación 74*       $RdtopraE = (Rdto\_B\_Prad\_E * EfPpTpra)$

*Ecuación 75*       $ProdTFpraE = RdtopraE * PE$

*Ecuación 76*       $CcTpotPE = ProdTFpraE / ConsFUA$

*Ecuación 77*       $CcpotPE = \text{if } PE > 0 \text{ then } (CcTpotPE / PE) \text{ else } 0$

*Ecuación 78*       $UAVCarGE = DesalojoGE + UA\_nov\_GE$

*Ecuación 79*       $CrGE = (ReprodGE * UA\_GE\_final * mortandadGE)$

*Ecuación 80*       $VdesGE = UA\_GE\_inicio * ReemplGE$

*Ecuación 81*       $UA\_leGE = UA\_GE\_final * 0.75$

*Ecuación 82*       $UA\_carGE = UA\_GE\_final * 0.25$

*Ecuación 83*       $CargaGE = \text{if } PE > 0 \text{ then } (UA\_GE\_final / PE) \text{ else } 0$

*Ecuación 84*       $DpotmasaGE = CcTpotPE - UA\_GE\_final$

*Ecuación 85*       $DesalojoGE = \text{if } DpotmasaGE < 0 \text{ then } (DpotmasaGE * -1) \text{ else } 0$

*Ecuación 86*       $OTecCGE = \text{if } DpotmasaGE > 0 \text{ or } DpotmasaGE = 0 \text{ then } DpotmasaGE \text{ else } 0$

*Ecuación 87*       $UA\_GE\_inicio(t) = UA\_GE\_inicio(t - dt) + (Delta\_masa\_2 - UA\_GE\_final) * dt;$   
INIT UA\\_GE\\_inicio = 32462

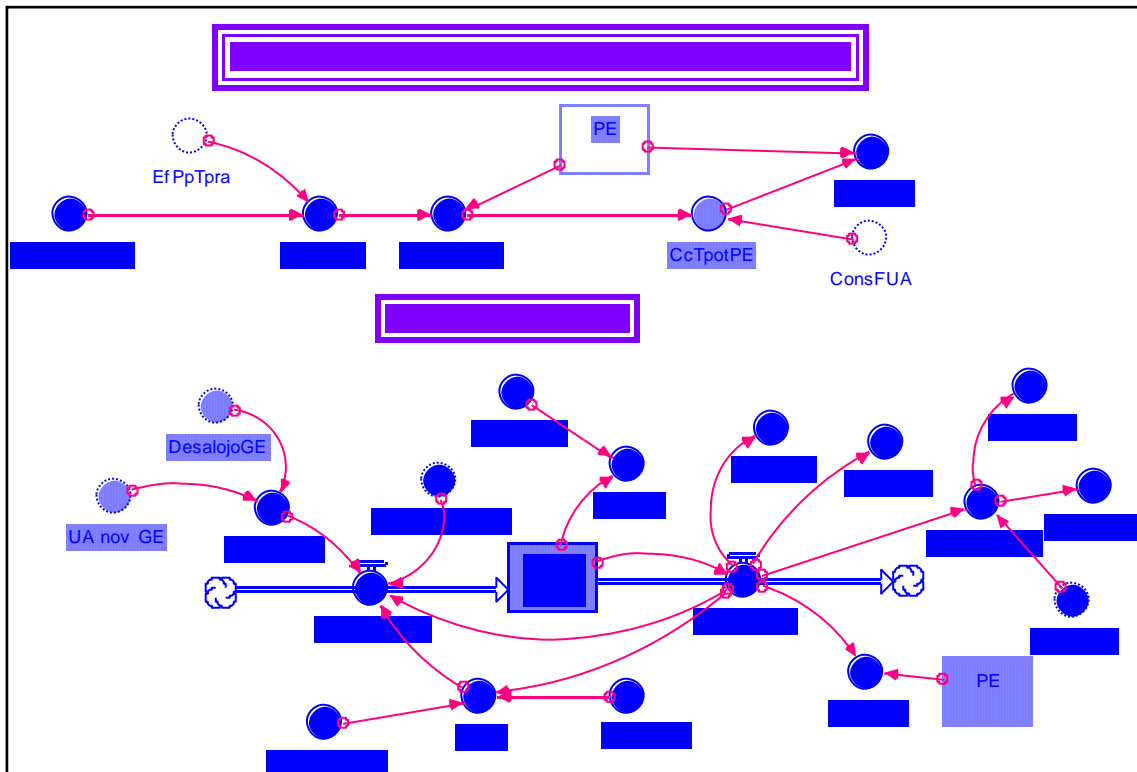
*Ecuación 88*      INFLOWS:  $Delta\_masa\_2 = CrGE + UA\_GE\_final + compras\_UA\_GE - UAVCarGE$

*Ecuación 89*      OUTFLOWS:  $UA\_GE\_final = UA\_GE\_inicio$

### 3.2 Fase 2: Decisiones técnicas operativas

La decisión técnica operativa aquí considerada corresponde a la decisión de compra de animales, debido a que esta decisión involucra la gestión del dinero disponible no así la decisión de desalojo durante la temporada que involucra factores técnicos únicamente. Los elementos constituyentes y las relaciones existentes en esta fase son explicados a continuación.

Figura 56: Relaciones entre variables fase Producción de forraje, capacidad de carga potencial y desarrollo de masa ganadera, submodelo SGE



Fuente: imagen de software Stella

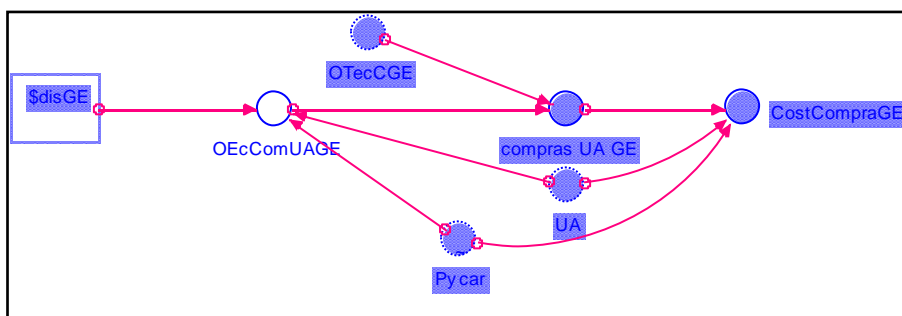
#### Los elementos y las relaciones entre variables

La única variable de stock participante en esta fase es el dinero disponible para estas decisiones en la temporada (\$disGE), la cual proviene de la fase dinero disponible de este sistema. Las variables exógenas para esta fase, pero endógenas al sistema de ganadero intensivo son, la opción técnica de compra de ganado (OTecCGE) y el precio de compra de animales en feria (Pycar) medido en dólares por kilo de animal en pie.

Las variables endógenas de esta fase corresponden a la determinación de la opción económica de compra de animales (OEcComUAGE) medido en unidades animales factibles de adquirir, la determinación de la compra de animales (comprasUAGE) y el costo de estas compras de animales (CostComprGE) medido en dólares.

La factibilidad técnica de aumentar el número de animales en el sistema ganadero y la factibilidad económica de comprar animales de acuerdo al dinero disponible en la temporada y el precio del ganado en pie, son comparadas; donde de existir una mayor factibilidad técnica que económica, se adquirirá la cantidad de animales determinada por la factibilidad económica (Ver relaciones gráficas en la figura 59).

Figura 57: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SGE.



Fuente: imagen de software Stella

Por otra parte, si la factibilidad económica es mayor que la técnica, se optará por la compra de animales determinada por esta última. De existir la posibilidad económica de comprar y no técnica, no se realizarán compras; del mismo modo, de existir la posibilidad económica de comprar, pero no técnica; tampoco se aumenta la masa ganadera.

Las principales ecuaciones que expresan las relaciones descritas son:

*Ecuación 90*     $OEcComUAGE = ((\$GE\_ / Pycar\_ ) / UA)$

*Ecuación 91*     $compras\_UA\_GE = \text{if } OEcComUAGE > OTecCGE \text{ then } OTecCGE \text{ else if } OEcComUAGE = OTecCGE \text{ then } OTecCGE \text{ else if } OEcComUAGE < OTecCGE \text{ then } OEcComUAGE \text{ else } 0$

*Ecuación 92*     $CostComprGE = compras\_UA\_GE * UA * Pycar\_$

### 3.3 Fase 3: Dinero disponible

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos que participan en esta fase corresponden a una variable de stock, 2 de flujo, tres endógenas al sistema y a la fase analizada; cuatro variables exógenas a la fase, pero endógenas al sistema ganadero extensivo, dos exógena al sistema y un parámetro.

La variable de stock corresponde a la disponibilidad de dinero para actividades del sistema ganadero extensivo (\$GE), las variables de flujo son la entrada de dinero a la actividad (E\$GE) y la salida de dinero desde la disponibilidad de dinero del sistema ganadero intensivo (S\$GE).

Las variables endógenas del sistema son: el dinero disponible para decisiones estratégicas desde el sistema ganadero intensivo (STDEdGE); el dinero para mantener la superficie dedicada a la subsistencia (\$SubsisGE) y las hectáreas mínimas para desarrollar esta actividad de subsistencia en el territorio de análisis (MinHaGET).

Las variables exógenas a la fase y al sistema son: \$disGE, que corresponden al dinero disponible para la ganadería extensiva y el número de predios, el cual ya fue explicado en el sistema agrícola.

El parámetro utilizado es MinhaGE, que corresponde que para la subsistencia de esta actividad cada tomador de decisiones de cada predio mantiene una yunta de bueyes, donde cada buey es equivalente a 1,2 U.A y una vaca más un ternero (1,3 U.A.).

Debido a lo anterior, en subsistencia, se debe mantener 3,6 U.A. equivalentes a 17.712 kg de MS de forraje al año. Considerando estas necesidades y la producción promedio de una pradera natural (3000 kg MS al año), se concluye que se necesita mantener al menos 5.9 ha por predio, siendo este el valor del parámetro utilizado.



Las variables exógenas a esta fase, pero endógenas al sistema analizado corresponden a: el ingreso total del ganadero extensivo (YGE); el costo total del ganadero extensivo (CGE) y el costo de mantención de una hectárea en este nivel tecnológico (CGEha).

Las relaciones entre las variables participantes en esta fase se grafican en la figura 60, de la cual se desprende que la disponibilidad de dinero durante una temporada agrícola depende de una cantidad mínima de dinero para mantener la actividad de subsistencia más los dineros previstos para la actividad en la temporada anterior.

Esta información y decisiones forman parte de las decisiones estratégicas del productor agropecuario. Estas decisiones, de mantener cierta cantidad de hectáreas en ganadería y/o incorporar nueva superficie a esta actividad, y el dinero para realizar dichas actividades son realizadas en un tiempo anterior a la ejecución de estas actividades, decisiones que serán analizadas en el sistema de toma de decisiones estratégicas, pero es esta la información que determina el dinero disponible para realizar la actividad de ganadería extensiva.

Durante la temporada de ejecución de las actividades, además de los dineros previstos en la temporada anterior, se cuentan con flujos de dinero los que permiten el financiamiento de las actividades materializándose en los costos totales del ganadero extensivo, pero también ingresos, provenientes de la venta de leche y carne durante la temporada.

Estos movimientos son considerados para la obtención de un output final de esta fase que recoge los dineros finalmente disponibles que ha generado esta actividad en la temporada, información que será retomada en el modelo de gestión denominado sistema de toma de decisiones estratégicas.

Las ecuaciones que describen las relaciones descritas se presentan a continuación:

*Ecuación 93*  $\text{MinHaGET} = \text{MínHaGE} * n^{\circ}_p$

*Ecuación 94*  $\$SubsisGE = \text{CGEha} * \text{MinHaGET}$

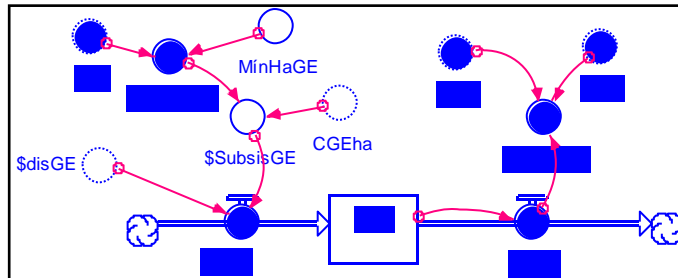
*Ecuación 95*  $\text{STDEdGE} = ((\$SGE + YGE) - \text{CGE})$

Ecuación 96  $\$GE_{(t)} = \$GE_{(t - dt)} + (E\$GE - S\$GE) * dt$  ; INIT  $\$GE_{(t)} = 1212558$

Ecuación 97 INFLOWS:  $E\$GE = \$disGE + \$SubsisGE$

Ecuación 98 OUTFLOWS:  $S\$GE = \$GE_{(t)}$

Figura 58: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SA.



Fuente: imagen de software Stella

### 3.4 Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios

#### Los elementos y las relaciones entre variables

En esta fase se ha considerado la variable de stock PE, que indica el número de hectáreas en este uso de suelo para cada año. Las variables precio promedio de leche pagado a productor de la zona (PyL), el precio promedio de feria de ganado bovino en pie (Pycar), son las mismas que las descritas en el sistema ganadero intensivo.

De igual forma que en el sistema ganadero intensivo se consideran las variables exógenas a esta fase, pero endógenas al modelo: unidades animales destinadas a la producción de leche (UAleGE), así como las unidades animales destinadas a la producción de carne producto del parto de las vacas lecheras y que originan terneros (UAcarGE); el costo de compra de animales para ingresar al sistema ganadero intensivo (CostComprGE); las unidades animales que eventualmente debieran venderse producto de la falta de alimentación para sustentarlas (DesalojoGE); la venta normal de animales de desecho en cada temporada de acuerdo al nivel tecnológico (VdesGE) y el costo alternativo del productor por administración de

la actividad (CA<sub>d</sub>), donde las últimas dos corresponden a parámetros ya explicados precedentemente.

Los parámetros a utilizar en esta fase corresponden a los litros promedio de leche por vaca masa en este nivel productivo (LtGE), en este caso se consideró 1141 lt de leche promedio aprovechable anual por lactancia en consideración a la información obtenida por Moreira, Smith, Latrille y otros en el año 1996, para productores lecheros de la zona sur, en el marco del estudio de competitividad lechera del sur de Chile, donde caracterizaron distintos sistemas productivos de acuerdo a su nivel tecnológico y para este caso se eligió aquel con menor tecnología encontrada.

Otro parámetro utilizado es la equivalencia de la unidad animal a terneros (UA<sub>ter</sub>) donde un ternero equivale a 0,3 unidad animal y el equivalente en peso de animal vivo de una unidad animal (UA) correspondiente a 450 kg.

Las variables endógenas a la fase y modelo son: la producción total de leche (PrLTGE), el ingreso por venta de leche (YLGE), el cálculo del número de terneros involucrados en la temporada (TerGE) y el traspaso de éstos por aumento de peso a novillos (UANovGE); el ingreso por venta de animales en feria (YCarGE); el ingreso total del productor ganadero extensivo (YGE); el beneficio del ganadero extensivo (BGE); la relación beneficio costo de la actividad (RBCGE); el costo total del ganadero extensivo (CGE); el costo de mano de obra total anual de la actividad (CMOTGE); y el costo total de la actividad por hectárea (CGEha). Este sistema productivo considera un menor uso de tecnología y una menor inversión, que inciden en la producción final de leche y carne bovina (figura 59).

En la figura 61, se observa que los ingresos percibidos por el ganadero extensivo provienen de la venta de leche y de la producción total de leche, donde en este caso la productividad por vaca masa es menor, debido a la menor tecnología utilizada en este sistema que interpreta el método de crianza de ternero al pie, obteniendo una menor cantidad de leche destinada a la venta.



*Ecuación 100*  $YLGE = PrLTGE * Pyl$

*Ecuación 101*  $terGE = UA\_carGE / UAter$

*Ecuación 102*  $UA\_nov\_GE = terGE * IncrPeso$

*Ecuación 103*  $YCarGE = (UA\_nov\_GE + DesalojoGE + VdesGE) * Pycar\_ * UA$

*Ecuación 104*  $YGE = YCarGE + YLGE$

*Ecuación 105*  $CGEha = \text{if } PE > 0 \text{ then } (CGE / PE) \text{ else } 0$

*Ecuación 106*  $CMOTGE = PE * CAd$

*Ecuación 107*  $CGE = CostCompraGE + CMOTGE$

*Ecuación 108*  $BGE = YGE - CGE$

*Ecuación 109*  $RBCGE = \text{IF } CGE > 0 \text{ then } BGE / CGE \text{ else if } CGE = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

#### 4 Sistema Extracción de leña de bosque nativo (SELe)

En la zona sur de Chile, uno de los recursos energéticos renovables de mayor importancia es la utilización de leña, la cual es extraída de la explotación del bosque nativo. La leña es utilizada tanto para la calefacción y cocción de alimentos tanto en zonas urbanas como rurales. Por otra parte, la extracción de leña determina superficie potencial a utilizar en distintos usos de suelos alternativos.

Para la comprensión del sistema de bosque nativo, se han considerado 4 fases que consideran la estimación de demanda interna desde las zonas rurales en estudio y externa desde las zonas urbanas aledañas y por defecto, la oferta de leña del territorio; las decisiones técnicas operativas de cada temporada, relacionadas en esta caso con las hectáreas a extraer, la determinación del dinero disponible para las actividades de extracción y finalmente, la determinación de costos, ingresos y beneficios de esta actividad.

##### 4.1 Fase 1: Estimación de demanda interna – externa y oferta de leña

###### Los elementos y las relaciones entre variables

La variable de stock fundamental es BN, que expresa la cantidad de hectáreas ocupadas por el bosque nativo, la variable de stock Año es ocupada para expresar la evolución de la población de: las zonas rurales locales consideradas en el estudio (PobRloc), de las zonas urbanas en la zona de estudio (PobUloc) y también de las zonas urbanas aledañas a la zona de estudio (PobUal). Las ciudades que se encuentran en la zona de estudio son: Calbuco, Maullín, Los Muermos y Ancud y las ciudades aledañas consideradas son Puerto Montt y Puerto Varas.

Para construir la evolución de la población se consideró la información de los censos poblacionales oficiales efectuada en los años 1975, 1992 y 2002; donde para la construcción de la evolución de la población entre censos, se calculó una tasa de crecimiento intercensal, de procedimiento homólogo al expresado en la ecuación 1, y en base a ella se estimó la población para cada año. La serie completa y las tasas de crecimiento poblacional intercensales por zona urbana, rural y comunas geográficas de interés se encuentran en anexos.

La variable  $n^{\circ}p$ , y su metodología de construcción ya fue explicada precedentemente en los sistemas anteriores. También se consideran los parámetros Consloc (consumo de leña per cápita local al año), equivale a  $3.42 \text{ m}^3$  al año por persona y Consext (consumo de leña per cápita al año de la población externa o aledaña a la zona de estudio), correspondiente a un consumo de  $2.96 \text{ m}^3$  al año por persona. Otro parámetro utilizado es un factor de conversión (FactorC) de una hectárea típica de bosque nativo a leña<sup>31</sup>, donde una hectárea de bosque nativo es equivalente a  $90 \text{ m}^3$  de leña.

Por su parte, el parámetro FactorE, expresa la superficie máxima, en porcentaje, que los propietarios podrían extraer de bosque sin arriesgar a ser sorprendidos ni multados (10% de su superficie de cada año). Otro parámetro considerado es la estimación de una cuota de mercado (cMerc) que es cubierto con leña proveniente de la zona de estudio. Lo anterior, son supuestos

---

<sup>31</sup> Comunicación personal investigadora principal Proyecto Fondecyt Regular: 2008 – 1085077, Sra. Laura Nahuelhual.

y estimaciones de informantes claves debido a que esta actividad se realiza muy informalmente<sup>32</sup>.

Las cantidades demandadas de leña tanto para las zonas rurales (Qint) y urbanas por año de la zona de estudio (Qextloc) y aquellas de las ciudades aledañas (Qexal) son consideradas como variables endógenas a la fase y sistema. Por demanda externa total (QextT), se considera la sumatoria de Qextloc y Qexal. Las demandas de leña en m<sup>3</sup> por persona año tanto interna – rural – y externa, son transformados en sus equivalentes a hectárea de bosque nativo necesario de extraer para suplir esta demanda (QintHa y QextHa) y la sumatoria de ambas originan la demanda total de leña en su equivalente de ha de bosque nativo (QTha).

La máxima extracción de hectáreas de bosque nativo por año es denominada (ExtracMaxHa) la cual es comparada con la cantidad demandada total de leña obteniéndose la extracción potencial de leña en hectáreas (Extracpotha). La variable Opotleña, muestra la oferta potencial de leña al mercado sin restricción monetaria, recogiendo esta restricción en la variable Orleña, que indica la oferta real de leña para cada año.

En base a la evolución de la población, la zona en que habita durante el período de análisis y los parámetros relativos al consumo per cápita, se construye la cantidad de demanda interna de leña de los habitantes de las zonas rurales en estudio, así como la cantidad demandada de leña de los habitantes de las zonas urbanas dentro de la zona de estudio y un porcentaje de la cantidad de leña demandada desde otros centros urbanos de importancia aledaños a la zona de estudio.

Las cantidades demandadas de leña son calculadas en m<sup>3</sup> totales por zona y por año, para posteriormente ser homologadas a la cantidad de hectáreas necesarias de extraer para suplir dicha demanda.

---

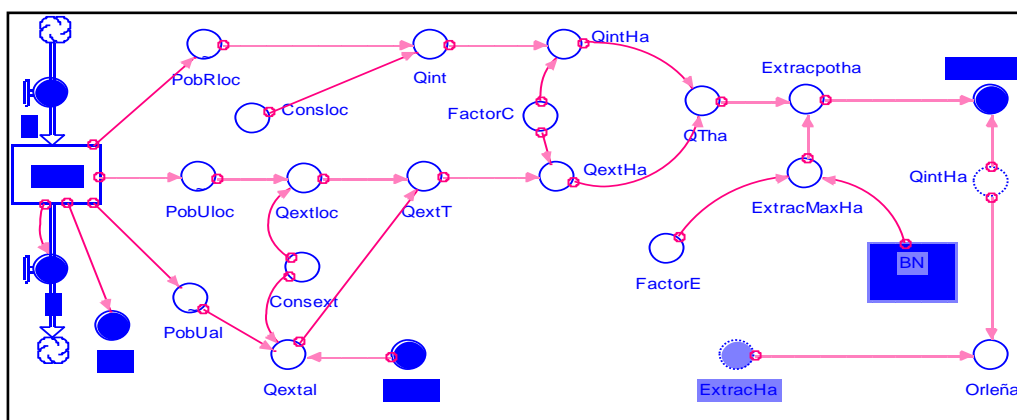
<sup>32</sup> Idem Comunicación personal anterior

Como se señaló precedentemente, tanto la extracción como la comercialización de leña se realiza muy informalmente razón por la cual la cantidad de hectáreas calculadas para satisfacer la cantidad demandada de  $mt^3$  al año total, se compara con la extracción tradicionalmente realizada anualmente por los propietarios, donde si la cantidad calculada de hectáreas a extraer es superior al porcentaje de superficie tradicionalmente extraída, se considerará la segunda cantidad de hectáreas y viceversa.

Esta elección da origen a lo potencialmente extraíble en hectáreas de bosque nativo considerando la demanda local y externa al territorio y las restricciones provocadas por la tradición y al temor de ser sorprendidos extrayendo más de lo permitido en los planes de manejo de extracción que no todos los propietarios realizan.

No obstante, el valor calculado anteriormente no es el realmente ofrecido por el territorio para suplir la demanda de los consumidores de las zonas urbanas, debido a que se establece una priorización de cantidades demandadas de leña a satisfacer, donde primero son cubiertas las necesidades de los habitantes rurales para posteriormente ofrecer la diferencia posible. Las relaciones señaladas se grafican en la figura 62 y ecuaciones que las expresan se listan a continuación:

Figura 60: Relaciones entre variables fase Estimación de demanda interna – externa y oferta de leña submodelo SELe.



Fuente: imagen de software Stella

Ecuaciones:



- Ecuación 110*  $Q_{int\_} = Consloc * PobRloc$
- Ecuación 111*  $Q_{extT} = (Q_{extal} + Q_{extloc})$
- Ecuación 112*  $Q_{extal} = PobUal * Consect * cMerc$
- Ecuación 113*  $Q_{extloc} = (Consect * PobUloc)$
- Ecuación 114*  $Q_{extHa} = Q_{extT} / FactorC$
- Ecuación 115*  $Q_{intHa} = Q_{int\_} / FactorC$
- Ecuación 116*  $Q_{Tha} = Q_{extHa} + Q_{intHa}$
- Ecuación 117*  $Extracpotha = \text{if } Q_{Tha} < ExtracMaxHa \text{ then } Q_{Tha} \text{ else if } Q_{Tha} = ExtracMaxHa \text{ then } Q_{Tha} \text{ else if } Q_{Tha} > ExtracMaxHa \text{ then } ExtracMaxHa \text{ else } 0$
- Ecuación 118*  $ExtracMaxHa = BN * FactorE$
- Ecuación 119*  $O_{potleña} = Extracpotha - Q_{intHa}$
- Ecuación 120*  $O_{rLe\_} = ExtracHa - Q_{intHa}$

#### 4.2 Fase 2: Decisiones técnicas operativas

La decisión básica de este sistema corresponde a cuantas hectáreas de bosque nativo se extraen tanto como para consumo interno como para la oferta de leña a zonas urbanas del territorio y cercanas a él.

##### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos participantes corresponden a una variable de stock, \$Le, correspondiente al dinero disponible para costear las actividades relativas a la extracción del recurso.

El costo de extracción de leña por hectárea (CLeHa), la superficie potencialmente extraíble en hectáreas (Extracpotha), siendo éstas variables exógenas a esta fase, pero endógenas en relación al sistema analizado. De esta forma las variables endógenas de la fase y sistema son: la opción económica de extracción de hectáreas de bosque nativo para leña (OEcExtracLeHa) y la decisión de hectáreas a extraer efectivamente a realizar (ExtracHa).

De la comparación del dinero disponible para la extracción de leña con el costo de extracción de leña, se obtiene la cantidad de hectáreas que económicamente podrían ser explotadas sin la existencia de ninguna otra restricción. La decisión final de las hectáreas a extraer es determinada con la inclusión de la restricción que determina las hectáreas potencialmente a extraer, definida en la fase anterior de este sistema (Figura 63).

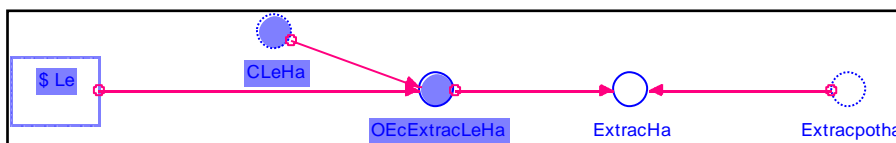
Las ecuaciones y gráfica siguientes expresan lo señalado:

Ecuaciones:

*Ecuación 121*     $OEcExtraLeHa = \$\_Le / CLeHa$

*Ecuación 122*     $ExtraHa = \text{if } OEcExtraLeHa = ExtraCpotha \text{ then } ExtraCpotha \text{ else if } OEcExtraLeHa > ExtraCpotha \text{ then } ExtraCpotha \text{ else if } OEcExtraLeHa < ExtraCpotha \text{ then } OEcExtraLeHa \text{ else } 0$

*Figura 61 :Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SLe.*



Fuente: imagen de software Stella

### 4.3 Fase 3: Dinero disponible

#### Los elementos y las relaciones entre variables

De la misma forma en que ha sido descrita esta fase en los sistemas anteriores, se componen básicamente de una variable de stock, \$Le, dinero disponible para financiar esta actividad durante la temporada, dos variables de flujo de entrada (E\$Le) y salida (S\$Le) de dinero al sistema y de variables endógenas a la fase.

Las variables endógenas a esta fase son: dinero necesario para satisfacer las necesidades de subsistencia de los habitantes de las zonas rurales en cuanto a sus consumo de leña (\$SubsLe) y el dinero que se transmitirá al sistema de decisiones estratégicas al final de la temporada (STDEsLe).

Las otras variables que alimentan las variables de flujo son exógenas a la fase, pero endógenas al sistema o parámetros especificados para este sistema y que ya han sido precedentemente explicados, correspondiendo a: CLeHa; QintHa; YVtaLe; CostTLe.

La única excepción a lo anterior, corresponde a la variable dinero prevista para la realización de la actividad ( $\$disLe$ ) proveniente del sistema de decisiones estratégicas.

El flujo de entrada de dinero para financiar la actividad proviene de la determinación del dinero necesario para realizar la extracción de la cantidad de hectáreas necesarias para satisfacer la cantidad de  $m^3$  de leña al año de las personas que habitan en las zonas rurales del estudio, ya que la satisfacción de esta necesidad energética de calefacción y cocción de alimentos es básica para la sobrevivencia de las personas que habitan en estas regiones. Es por esta razón que el dinero para suplir estas necesidades siempre estará disponible cada año alimentando el flujo de entrada de dinero para financiar la actividad.

Otra posibilidad de entrada de dinero, corresponde a que en el sistema de decisiones estratégicas, se haya establecido el financiamiento de la actividad con un determinado monto de dinero para financiar la extracción de leña para ofertar a la comunidad urbana y/o aledaña demandante de este recurso.

Las salidas de dinero ocurren por el financiamiento de las actividades de extracción y otros costos de administración reflejados en el costo total de leña, eventualmente de extraer para la venta de leña ocurrirán ingresos durante la temporada los cuales se considerarán una vez descontados los costos de la actividad como el dinero resultante de esta actividad en la temporada, cantidad que será traspasada cada año al sistema de toma de decisiones estratégicas.

La gráfica de relaciones entre los elementos (figura 64) y sus ecuaciones se presentan a continuación.

Ecuaciones:

Ecuación 123  $\$SubsLe = CLeHa * QintHa$

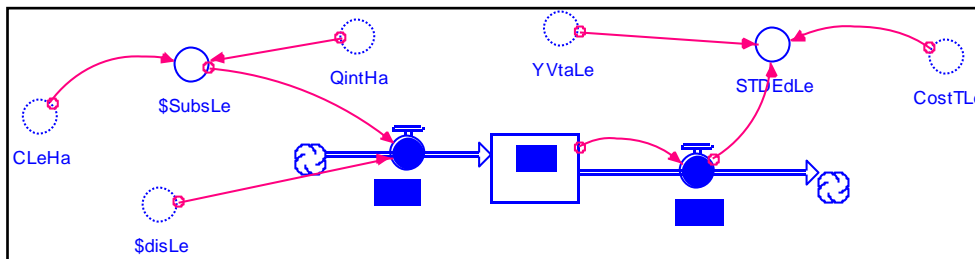
Ecuación 124  $STDEdLe = ((\$Le + YVtaLe) - CostTLe)$

Ecuación 125  $\$Le(t) = \$Le(t - dt) + (E\$Le - \$Le) * dt$  , INIT  $\$Le = 72439$

Ecuación 126 INFLOWS:  $E\$Le = \$disLe + \$SubsLe$

Ecuación 127 OUTFLOWS:  $S\$Le = \$Le$

Figura 62: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SELe.



Fuente: imagen de software Stella

#### 4.4 Fase 4: Determinación de ingresos, costos y beneficios

##### Los elementos y las relaciones entre variables

La informalidad del sector no permite tener cifras oficiales de series de precios de transacción de la leña, razón por la cual, se optó por considerar los precios oficiales de transacción de leña en la zona central de Chile, pero de leña de especies exóticas (introducidas).

Al consultar respecto a los precios recopilados a informantes claves de la zona, señalaron encontrarse próximos a los valores en que se recuerdan oscilaron las transacciones en la época y zona, por lo que los precios recogidos de fuentes oficiales fueron considerados para construir la variable exógena precio de leña (PyLe).

Un mayor detalle de la evolución de los precios de venta de leña se puede revisar en anexos. La misma razón señalada obliga a estimar un parámetro de los costos de extracción operacionales (principalmente costos de herramientas, mantención de las mismas y

combustible para las motosierras, entre otros) (FacCost), donde éstos equivalen a un 25% del precio de venta considerado.

La variable YVtaLe, corresponde a los ingresos por venta de leña en el año; BLe, a los beneficios obtenidos en la temporada; BLeHa, los beneficios por hectárea de leña; CostTLe, a los costos totales de leña; CLeHa, los costos de extracción de leña por hectárea; CostExtracHa, costos de extracción por hectárea; RBCLe, a la relación beneficio costo de la actividad de extracción y venta de leña.

Las variables señaladas precedentemente corresponden a variables endógenas a la fase y sistema actualmente analizado. Variables exógenas a la fase y endógenas al sistema son: Factor C; OrLe; ExtracHa; CAd; ya explicadas con anterioridad.

Si bien es cierto, las variables a señalar a continuación no inciden en el modelamiento de las tendencias pasadas, debido a que no existían en el período de análisis, se establecen variables que permiten analizar la elección de preservar o cortar el bosque nativo para leña. Decisiones que se analizarán posteriormente en el modelamiento de las tendencias futuras.

Las variables aquí consideradas son el incentivo al bosque nativo (IncBN), ingresos totales percibidos por la preservación de bosque nativo (YIncBN), los ingresos por este concepto, pero por hectárea conservada (YBNha); la relación costo beneficio de la actividad también es considerada (RBCBN); y para el costo de preservación se consideró el costo de oportunidad observado durante la temporada que corresponde al beneficio que hipotéticamente podría haber recibido de haber cortado el bosque y haberlo vendido como leña.

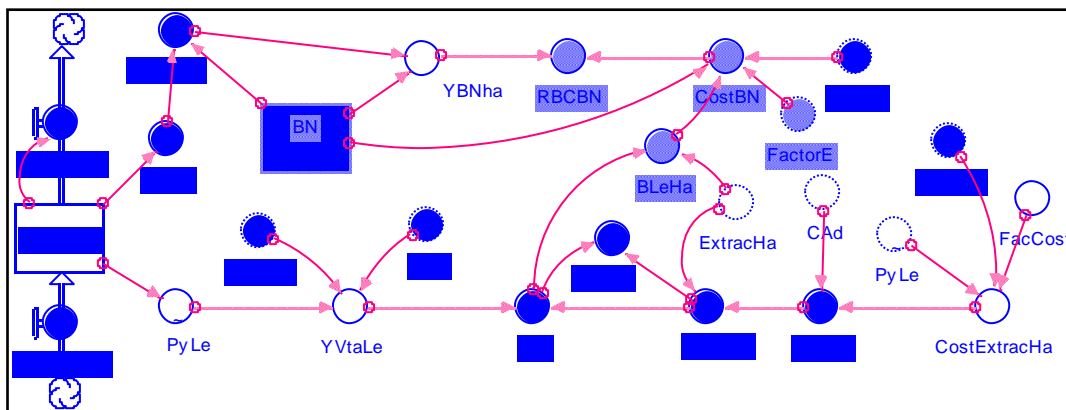
El ingreso por venta de leña depende de la oferta real del territorio, una vez autoabastecidas las necesidades internas de las zonas rurales, la disponibilidad de leña es vendida al precio de leña del año en particular. En el sistema se presentan los precios de leña en dólares de diciembre de 2007 por metro<sup>3</sup>, razón por la cual es posible observar las transformaciones respectivas para la obtención de hectáreas.

Los costos se componen básicamente de los costos por administración asociados al tomador de decisiones y a los costos operacionales, ambos costos son calculados por hectárea de extracción. Los costos totales de extracción son calculados considerando el costo total por hectárea de extracción y las hectáreas efectivamente extraídas que no son necesariamente las hectáreas ofertadas.

Se calcula adicionalmente, la relación beneficio costo de la actividad, debido a su importancia en el sistema de decisiones estratégicas y el beneficio por hectárea.

Las ecuaciones que expresan las relaciones descritas se presentan a continuación y una visualización de las relaciones de esta fase se puede apreciar en la figura 65.

Figura 63: Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SELe



Fuente: imagen de software Stella

Ecuaciones:

*Ecuación 128*  $Y\text{IncTBN} = \text{BN} * \text{IncBN}$

*Ecuación 129*  $YV\text{taLe} = \text{OrLe}_* * \text{PyLe} * \text{FactorC}$

*Ecuación 130*  $\text{CostTLe} = \text{CLeHa} * \text{ExtracHa}$

*Ecuación 131*  $\text{CLeHa} = \text{CostExtracHa} + \text{CAd}$

*Ecuación 132*  $\text{CostExtracHa} = \text{FactorC} * \text{PyLe} * \text{FacCost}$

*Ecuación 133*  $\text{BLe} = YV\text{taLe} - \text{CostTLe}$

*Ecuación 134*  $BLeHa = \text{if } ExtracHa > 0 \text{ then } BLe/ExtracHa \text{ else } 0$

*Ecuación 135*  $RBCLe = \text{IF } CostTLe > 0 \text{ then } BLe/CostTLe \text{ else if } CostTLe = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 136*  $YBNha = \text{if } BN > 0 \text{ then } YIncTBN/BN \text{ else if } BN < 0 \text{ or } BN = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 137*  $RBCBN = \text{IF } CostBN > 0 \text{ then } YBNha/CostBN \text{ else if } CostBN = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

*Ecuación 138*  $CostBN = \text{if } YBNha > 0 \text{ then } (BLeHa * BN * (1 - FactorE)) \text{ else } 0$

## 5 Sistema Plantaciones Forestales

### 5.1 Fase 1: Determinación costos, ingresos y beneficios

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Las variables de stock que participan en esta fase son 3. Año de plantación, expresa la temporalidad de la entrega de los incentivos a la plantación forestal; retraso, representa el rezago existente entre la fecha de plantación y la entrega real del incentivo correspondiente; y finalmente, la variable de stock PF, corresponde a las hectáreas destinadas al uso de plantaciones forestales para cada año de análisis.

Existe una variable exógena a esta fase, pero endógena al sistema, que corresponde a las hectáreas que se ha decidido establecer (ha a plantar) y una variable exógena participante en todos los sistemas productivos correspondiente a los costos de administración asociados en este caso a este uso de suelo (CA<sub>d</sub>).

Los parámetros utilizados en esta fase corresponden a la tasa de descuento considerada, correspondiente a un 8% anual y años, donde se considera 21 años para la rotación de la plantación, de acuerdo a los estudios realizados por Toral, M y otros (2005).

Un aspecto básico del cálculo de la tasa interna de retorno consiste en la determinación de los ingresos totales de la actividad, los cuales se producen mayoritariamente al momento de cosecha del recurso, en este caso al año 21. Estos ingresos obtenidos por Toral, M y otros (2005) fueron llevados a dólares de diciembre de 2007, pero actualizados al momento cero o

momento de plantación construyéndose así el parámetro: ingresos actualizados de la plantación forestal (YActPF), de igual forma se procedió a la construcción del parámetro CActPF.

Otro parámetro considerado es el factor de anualidad equivalente (FAnualEq) que es un factor construido en base al modelo Faustman para la determinación del óptimo de liquidación o cosecha de un recurso natural que para este caso puede ser replantado utilizando la misma superficie.

Este factor permite construir un monto anual a perpetuidad equivalente a los ingresos totales mayoritariamente percibidos al año 21 (YFaustman) y de la misma forma permite establecer un monto anual a perpetuidad equivalente de los costos a incurrir durante todo el tiempo en que se tenga establecida la plantación forestal (CFaustman).

Cabe señalar que los costos no consideran las plantas forestales y su establecimiento, ya que éstos son considerados una inversión (InvPI) variable que es considerada en la fase de decisiones operativas que más adelante se detallará.

El costo de mantención de la plantación por hectárea (CMantPFha) es considerado una variable endógena a la fase y al sistema, así como el costo de mantención del total de las hectáreas establecidas (CMantPF), el ingreso de la actividad forestal (YPFT), el beneficio de la actividad (BPF) y su correspondiente relación beneficio costo (RBCPF).

Esta fase posee una variable exógena de importancia que corresponde al monto del incentivo entregado por hectárea bonificada. Los valores considerados fueron obtenidos de un estudio realizado por Valdebenito, G. (2005), que trata sobre el efecto de este incentivo en la actividad forestal y de los datos oficiales de la Corporación nacional forestal (CONAF), valores que fueron transformados a dólares de 2007, para el presente análisis.

El ingreso de la actividad forestal se compone del ingreso Faustman calculado y del ingreso por incentivo a las plantaciones forestales. El ingreso por incentivo se recibe efectivamente un año después de establecida la plantación, posterior a la comprobación de un



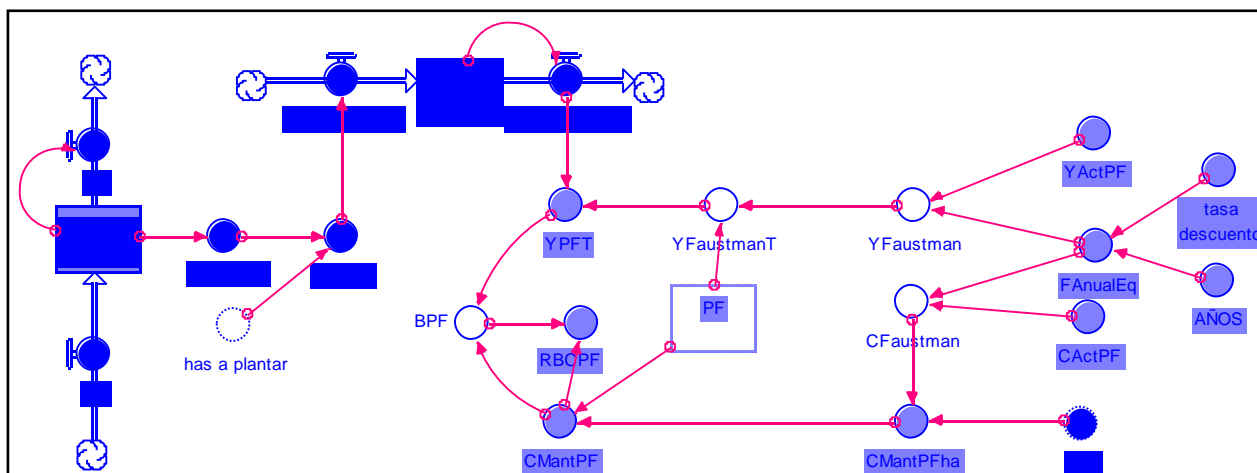
porcentaje mínimo de prendimiento de la plantación, de acuerdo a lo establecido en la normativa del decreto Ley nº 701 y siguientes que regulan esta actividad.

No obstante, el otorgamiento del incentivo no ocurre durante todo el período de análisis, comenzando su entrega a partir del año 1993, como puede consultarse en anexos; razón por la cual este incentivo puede formar parte de los ingresos de la actividad a partir del año siguiente: 1994, en caso de existir la decisión de establecer plantaciones forestales, donde el incentivo se entrega por una vez y en un solo período.

Una vez decidido y establecida una superficie de plantación forestal, durante todos los años existe un costo de mantenimiento de la plantación, el cual considera tanto los costos Faustman como los asociados al tomador de decisiones. La cuantía total de estos costos dependerá de la cantidad de hectáreas que existan en este uso de suelo. Finalmente la obtención de los beneficios de la actividad se obtiene de la diferencia entre ingresos y costos; y la relación beneficio costo del cociente entre estas variables.

Como costumbre la relación gráfica se presenta en la figura 66 y cuantitativa se presentan en las ecuaciones descritas a continuación:

Figura 64: Relaciones entre variables fase Determinación de ingresos, costos y beneficios de la actividad, submodelo SPF



Fuente: imagen de software Stella

Ecuaciones:

*Ecuación 139*  $Y_{\text{IncPF}} = \text{has\_a\_plantar} * Y_{\text{IncPFha}}$

*Ecuación 140*  $\text{retraso}(t) = \text{retraso}(t - dt) + (\text{retraso}Y_{\text{IncPF}} - \text{entrega}Y_{\text{IncPF}}) * dt; \text{INIT retraso} = 0$

*Ecuación 141* INFLOWS:  $\text{retraso}Y_{\text{IncPF}} = Y_{\text{IncPF}}$

*Ecuación 142* OUTFLOWS:  $\text{entrega}Y_{\text{IncPF}} = \text{retraso}$

*Ecuación 143*  $Y_{\text{PFT}} = \text{entrega}Y_{\text{IncPF}} + Y_{\text{FaustmanT}}$

*Ecuación 144*  $Y_{\text{FaustmanT}} = PF * Y_{\text{Faustman}}$

*Ecuación 145*  $Y_{\text{Faustman}} = F_{\text{AnualEq}} * Y_{\text{ActPF}}$

*Ecuación 146*  $F_{\text{AnualEq}} = \frac{((1 + \text{tasa\_descuento})^{\text{AÑOS}} * \text{tasa\_descuento})}{((1 + \text{tasa\_descuento})^{\text{AÑOS}} - 1)}$

*Ecuación 147*  $C_{\text{Faustman}} = C_{\text{ActPF}} * F_{\text{AnualEq}}$

*Ecuación 148*  $C_{\text{MantPF}} = C_{\text{MantPFha}} * PF$

*Ecuación 149*  $C_{\text{MantPFha}} = C_{\text{Faustman}} + C_{\text{Ad}}$

*Ecuación 150*  $BPF = (Y_{\text{PFT}} - C_{\text{MantPF}})$

*Ecuación 151*  $RBCPF = \text{IF } C_{\text{MantPF}} > 0 \text{ then } BPF / C_{\text{MantPF}} \text{ else if } C_{\text{MantPF}} = 0 \text{ then } 0 \text{ else } 0$

## 5.2 Fase 2: Decisiones técnicas operativas

### Los elementos y las relaciones entre variables

La variable de stock comprendida en esta fase es exógena a ella, pero endógena al sistema y corresponde al dinero disponible para financiar actividades durante la temporada (\$PF).

Otras variables participantes son la inversión en plantas (InvPI) y plantación que corresponde a un parámetro de costos asociados a esta actividad, correspondiente a 700 dólares por hectárea.

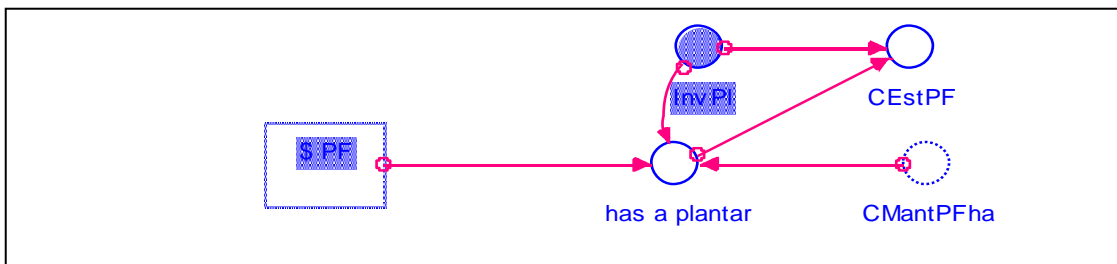
Este monto fue estimado considerando las tablas de costos estándar que posee la CONAF, para la zona en estudio, sensibilizados por informantes claves profesionales que trabajan relacionados con la aplicación de este instrumento.

Los costos de establecimiento de la plantación forestal (CEstPF) corresponde a una variable endógena a la fase y al sistema; siendo exógena a la base y endógena al sistema la variable costos de mantención de la plantación forestal por hectárea (CMant PFha).

La figura 67, grafica las relaciones existentes en esta fase, donde para la determinación de las hectáreas de plantación forestal a establecer, se considera el dinero disponible relacionado con el monto necesario para realizar la inversión en plantas y el costo de las actividades normales en una temporada, obteniéndose de esta forma la cantidad de hectáreas a plantar con especies exóticas.

En forma adicional es posible obtener los costos de establecimiento de la nueva plantación considerando el monto de inversión en plantación con el número de hectáreas elegidas. Esta última variable es de importancia para la fase dinero disponible para la actividad, la cual se describirá a continuación.

*Figura 65: Relaciones entre variables fase Decisiones técnicas operativas, submodelo SPF.*



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones que describen las relaciones anteriores, son:

*Ecuación 152*       $has\_a\_plantar = \$\_PF / (CMantPFha + InvPI)$

*Ecuación 153*       $CEstPF = has\_a\_plantar * InvPI$

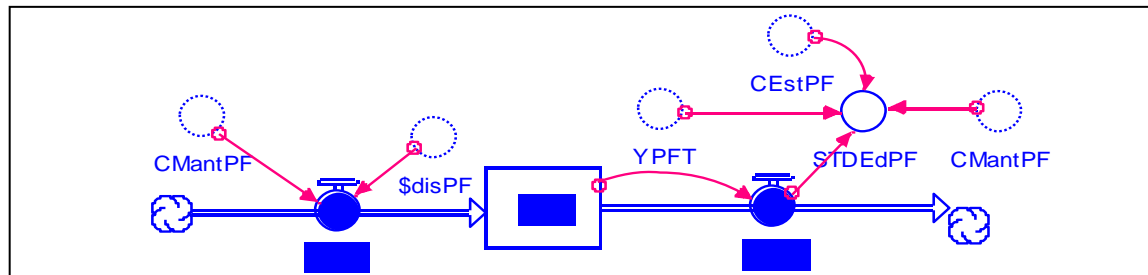
### 5.3 Fase 3: Dinero disponible

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos constituyentes de esta fase son dos variables de flujo: entrada y salida de dinero para la actividad, E\$PF y S\$PF, respectivamente; una variable de stock: dinero disponible para la actividad; una variable endógena a la fase y sistema, que corresponde al dinero disponible al final de la temporada y que pasará al sistema de toma de decisiones estratégicas (STDEdPF).

Las demás variables son exógenas a la fase, donde las variables costo de mantenimiento de la plantación forestal, ingreso total de la actividad forestal, costo de establecimiento de una plantación forestal son endógenas al sistema plantación forestal y la variable dinero disponible para plantación forestal (\$disPF) es además exógena al sistema ya que proviene del sistema de toma de decisiones estratégicas.

*Figura 66: Relaciones entre variables fase Dinero disponible para la actividad, submodelo SPF.*



Fuente: imagen de software Stella

La figura anterior (68) representa que los flujos de entrada de dinero al sistema provienen de 2 vías fundamentales: la cantidad de dinero reservada para la mantención de la actividad forestal una vez tomada la decisión de establecer la plantación y del dinero disponible para realizar la actividad.

Durante la temporada, en primera instancia se desembolsarán los costos relativos a los costos de mantención de las hectáreas ya establecidas, para posteriormente realizar el establecimiento de nuevas hectáreas; por otra parte, durante la temporada también es posible

recibir ingresos, donde la diferencia total obtenida entre éstos será traspasada al sistema de toma de decisiones estratégicas.

Las ecuaciones que dan cuenta de lo anterior se explicitan a continuación:

*Ecuación 154*       $STDEdPF = (S\$PF + YPFT) - (CMantPF + CEstPF)$

*Ecuación 155*       $\$\_PF(t) = \$\_PF(t - dt) + (E\$PF - S\$PF) * dt ; \text{INIT } \$\_PF = 10000$

*Ecuación 156*      INFLOWS:  $E\$PF = CMantPF + \$disPF$

*Ecuación 157*      OUTFLOWS:  $S\$PF = \$\_PF$

## 6 Sistema de toma de decisiones estratégicas

### 6.1 Fase 1: Dinero para la toma de decisiones estratégicas

#### Los elementos y las relaciones entre variables

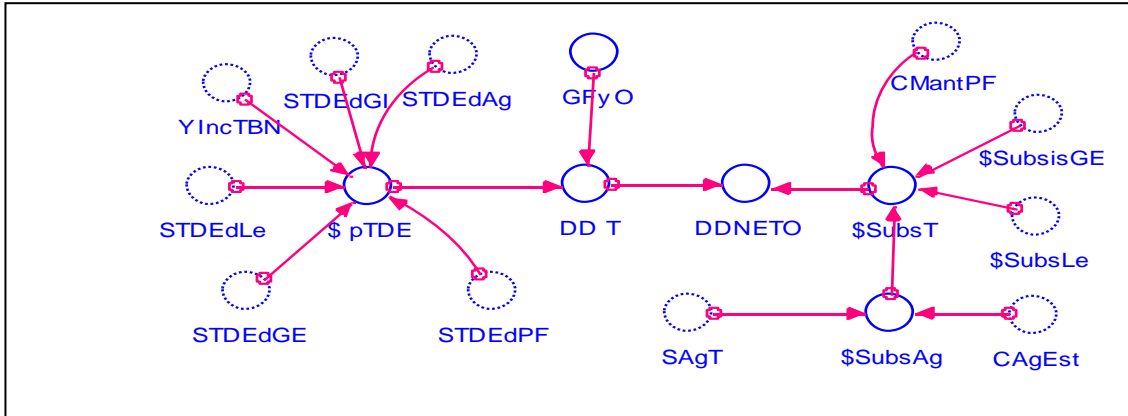
En esta fase participan 5 variables endógenas: el dinero disponible para la toma de decisiones estratégicas ( $\$pTDE$ ), el dinero disponible total (DDT), el dinero disponible neto para la toma de decisiones (DDNETO); la cantidad de dinero total necesario para la mantención de las actividades productiva de subsistencia de las familias ( $\$SubsT$ ) y el dinero para las actividades de subsistencia del sistema agrícola ( $\$SubsAg$ ).

Se considera un parámetro:  $GFy0$ , que corresponde a un porcentaje (5%) del ingreso total percibido que será destinado para los gastos familiares que no se deriven de la actividad silvoagropecuaria y para actividades de ocio.

Las 11 variables restantes, son exógenas a esta fase y sistema, pero provienen de cada uno de los sistemas precedentemente analizados.

La figura 69, muestra que el dinero para la toma de decisiones se compone de todos los dineros provenientes de cada uno de los sistemas anteriormente descritos, luego de realizar todas las actividades ocurridas en la temporada agrícola respectiva.

Figura 67: Relaciones entre variables fase Dinero para la toma de decisiones estratégicas, submodelo STDE.



Fuente: imagen de software Stella

Este dinero se considera en su conjunto, al cual se le descuenta una cantidad proporcional de dinero destinado a compras y gastos fuera de las actividades productivas.

A la cantidad resultante se le descuenta la sumatoria de actividades destinadas a mantención de la superficie forestal plantada, al manejo de la ganadería de subsistencia proveniente del sistema de ganadería extensiva, el dinero necesario para lograr la extracción de leña suficiente para suplir las necesidades internas de leña para la calefacción y cocción de alimento de las familias rurales que habitan en el territorio y el dinero suficiente para mantener la actividad agrícola destinada a la alimentación básica de las familias. El dinero resultante de cada año en particular conforma el dinero realmente disponible para la planificación estratégica de los tomadores de decisiones del territorio.

Las ecuaciones que expresan lo señalado se presentan a continuación:

Ecuación 158  $\$\_pTDE = STDEdAg + STDEdGI + STDEdLe + STDEdGE + STDEdPF + YIncTBN$

Ecuación 159  $DD\_T = (\$\_pTDE * (1 - GFyO))$

Ecuación 160  $DDNETO = DD\_T - \$SubsT$

Ecuación 161  $\$SubsT = CMantPF + \$SubsisGE + \$SubsAg + \$SubsLe$

Ecuación 162  $\$SubsAg = CAgEst * SAgT$

## 6.2 Fase 2: Fijación de expectativas relación beneficio costo

Luego de la determinación del dinero disponible comienza el proceso de toma de decisiones para la temporada siguiente, donde es fundamental el criterio de la relación beneficio costo de las actividades realizadas anteriormente.

### Los elementos y las relaciones entre variables

Participan en esta fase la variable de stock añoEstim, cuya función es netamente la asignación de la temporalidad de los criterios de relación beneficio costo que serán considerados.

Existen además 6 variables de stock, referidas a la relación beneficio costo de cada una de las actividades consideradas (BCBNacum, BCLeacum, BCGLacum, BCGEacum, BCAgacum, BCPFacum) y sus correspondientes 6 variables de flujo de entrada para cada uno de los stock considerados (BC año BN, BC año Le, BC año GI, BC año GE, BC año Ag, BC año PF).

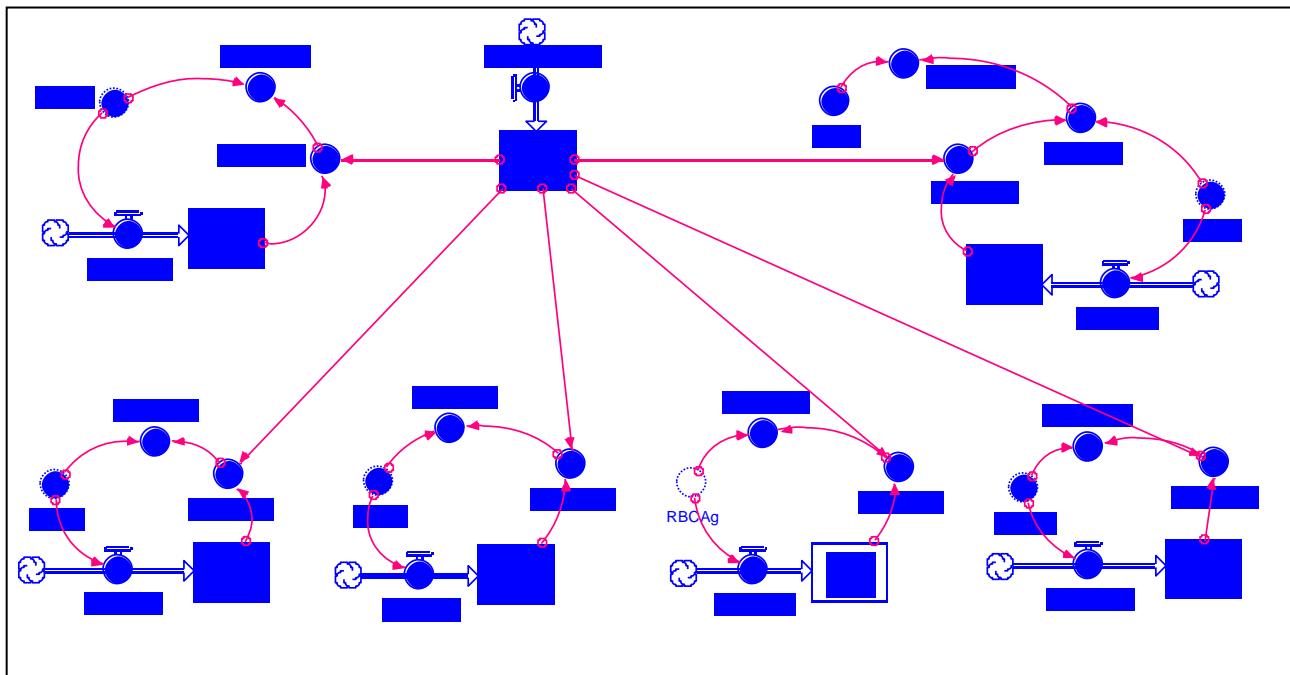
Las variables exógenas a esta fase, pero que se derivan de los sistemas previamente analizados, corresponden a las relaciones de beneficio-costo derivadas de cada sistema analizado precedentemente, siendo éstas: RBCBN, RBCLe, RBCGI, RBCGE, RBCAg, RBCPF.

Las variables endógenas son las estimaciones de los promedios anteriores y estimados para la siguiente temporada, de las relaciones beneficio costo, siendo éstas respectivamente: RBCBNprom, RBCLeprom, RBCGIprom, RBCGEprom, RBCAgprom, RBCPFprom; y, RBCBNesp, RBCLeesp, RBCGlesp, RBCGEesp, RBCAgesp, RBCPFesp.

La estimación de la fijación de expectativas en cuanto se basa en la relación de beneficio costo esperada para la temporada siguiente, deriva del supuesto de que el tomador de decisiones considerará la experiencia anterior, para lo cual establece un promedio de todas las temporadas anteriores, pero la expectativa final de lo que prevé para la próxima temporada esta fuertemente marcada de lo ocurrido en la temporada inmediatamente anterior, razón por la cual la expectativa de la relación beneficio costo por actividad (RBC\_\_ esp) se construye de un promedio que considera lo obtenido en la temporada anterior (RBC\_\_) con toda su experiencia

anterior en la actividad (prom RBC\_\_) en cada uno de las actividades analizadas, como se expresa gráficamente en la figura 70.

**Figura 68: Relaciones entre variables fase:Fijación de expectativas relación beneficio costo, submodelo STDE**



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones que expresan lo señalado son:

*Ecuación 163*  $prom\_BCLe = BCLe\_acum / año\_estimac$

*Ecuación 164*  $RBCLe\_esp = \text{if } RBCLe > 0 \text{ then } (RBCLe + prom\_BCLe) / 2 \text{ else if } RBCLe < 0 \text{ or } RBCLe = 0 \text{ then } prom\_BCLe \text{ else } 0$

*Ecuación 165* INFLOWS:  $BC\_año\_Le = \text{if } RBCLe > 0 \text{ then } RBCLe \text{ else if } RBCLe = 0 \text{ then } SUM(1.21) \text{ else if } RBCLe < 0 \text{ then } RBCLe \text{ else } 0$

*Ecuación 166*  $BCLe\_acum(t) = BCLe\_acum(t - dt) + (BC\_año\_Le) * dt$ ; INIT  $BCLe\_acum = 1.21$

*Ecuación 167*  $prom\_BCAg = BCAg\_acum / año\_estimac$

*Ecuación 168*  $RBCAg\_esp = \text{if } RBCAg > 0 \text{ then } (prom\_BCAg + RBCAg) / 2 \text{ else if } RBCAg < 0 \text{ or } RBCAg = 0 \text{ then } prom\_BCAg \text{ else } 0$



- Ecuación 169*  $BCAg\_acum(t) = BCAg\_acum(t - dt) + (BC\_año\_Ag) * dt$ ; INIT  $BCAg\_acum = 5.81$
- Ecuación 170* INFLOWS:  $BC\_año\_Ag = \text{if } RBCAg > 0 \text{ then } RBCAg \text{ else if } RBCAg = 0 \text{ then } SUM(5.81) \text{ else if } RBCAg < 0 \text{ then } RBCAg \text{ else } 0$
- Ecuación 171*  $prom\_BCBN = BCBN\_acum/año\_estimac$
- Ecuación 172*  $RBCBN\_esp = \text{if } RBCBN > 0 \text{ then } (prom\_BCBN + RBCBN)/2 \text{ else if } RBCBN < 0 \text{ or } RBCBN = 0 \text{ then } prom\_BCBN \text{ else } 0$
- Ecuación 173*  $BCBN\_acum(t) = BCBN\_acum(t - dt) + (BC\_año\_BN) * dt$ , INIT  $BCBN\_acum = 0$
- Ecuación 174* INFLOWS:  $BC\_año\_BN = \text{if } RBCBN > 0 \text{ then } RBCBN \text{ else if } RBCBN = 0 \text{ then } SUM(0) \text{ else if } RBCBN < 0 \text{ then } RBCBN \text{ else } 0$
- Ecuación 175*  $prom\_BCGE = BCGE\_acum/año\_estimac$
- Ecuación 176*  $RBCGE\_esp = \text{if } RBCGE > 0 \text{ then } (prom\_BCGE + RBCGE)/2 \text{ else if } RBCGE < 0 \text{ or } RBCGE = 0 \text{ then } prom\_BCGE \text{ else } 0$
- Ecuación 177*  $BCGE\_acum(t) = BCGE\_acum(t - dt) + (BC\_año\_GEt) * dt$ ; INIT  $BCGE\_acum = 4.16$
- Ecuación 178* INFLOWS:  $BC\_año\_GEt = \text{if } RBCGE > 0 \text{ then } RBCGE \text{ else if } RBCGE = 0 \text{ then } SUM(4.16) \text{ else if } RBCGE < 0 \text{ then } RBCGE \text{ else } 0$
- Ecuación 179*  $prom\_BCGI = BCGI\_acum/año\_estimac$
- Ecuación 180*  $RBCGI\_esp = \text{if } RBCGI > 0 \text{ then } (prom\_BCGI + RBCGI)/2 \text{ else if } RBCGI < 0 \text{ or } Ecuación 181 \text{ } RBCGI = 0 \text{ then } prom\_BCGI \text{ else } 0$
- Ecuación 182*  $BCGI\_acum(t) = BCGI\_acum(t - dt) + (BC\_año\_GI) * dt$ ;
- Ecuación 183* INIT  $BCGI\_acum = 2.57$
- Ecuación 184* INFLOWS:  $BC\_año\_GI = \text{if } RBCGI > 0 \text{ then } RBCGI \text{ else if } RBCGI = 0 \text{ then } SUM(2.57) \text{ else if } RBCGI < 0 \text{ then } RBCGI \text{ else } 0$
- Ecuación 185*  $prom\_BCPF = BCPF\_acum/año\_estimac$
- Ecuación 186*  $RBCPF\_esp = BCPF\_esp * ajuste$
- Ecuación 187*  $BCPF\_acum(t) = BCPF\_acum(t - dt) + (BC\_año\_PF) * dt$ ; INIT  $BCPF\_acum = 0.43$
- Ecuación 188* INFLOWS:  $BC\_año\_PF = \text{if } RBCPF > 0 \text{ then } RBCPF \text{ else if } RBCPF = 0 \text{ then } SUM(0.43) \text{ else if } RBCPF < 0 \text{ then } RBCPF \text{ else } 0$

*Ecuación 189* 
$$\text{BCPF\_esp} = \text{if RBCPF} > 0 \text{ then } (\text{prom\_BCPF} + \text{RBCPF}) / 2 \text{ else if RBCPF} < 0 \text{ or RBCPF} = 0 \text{ then prom\_BCPF else } 0$$

### 6.3 Fase 3: Fijación de costos ex ante

Para tomar la decisión de que actividad mantener, ampliar, disminuir o emprender se hace necesario estimar los costos probables de cada actividad. Este aspecto es analizado en esta fase.

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos participantes en esta fase corresponden a 5 variables de stock, siendo una de ellas el año en que ocurre la estimación y las restantes el costo por actividad acumulado (CLe acum, CGI acum, CGE acum, CAg acum) y sus correspondientes variables de flujo, que representan el último costo por hectárea incurrido en cada actividad (CLe año, CGI año, CGE año, CAg año).

Estas variables de flujo son alimentadas por las variables exógenas provenientes de los sistemas productivos analizados (CLeHa, CGIha, CGEha, CAg). Las variables endógenas, que representan la experiencia pasada del productor en sus años de actividad como un promedio de del costo por hectárea de cada una de sus actividades son: promCLe, promCGI, promCGE, promCAg.

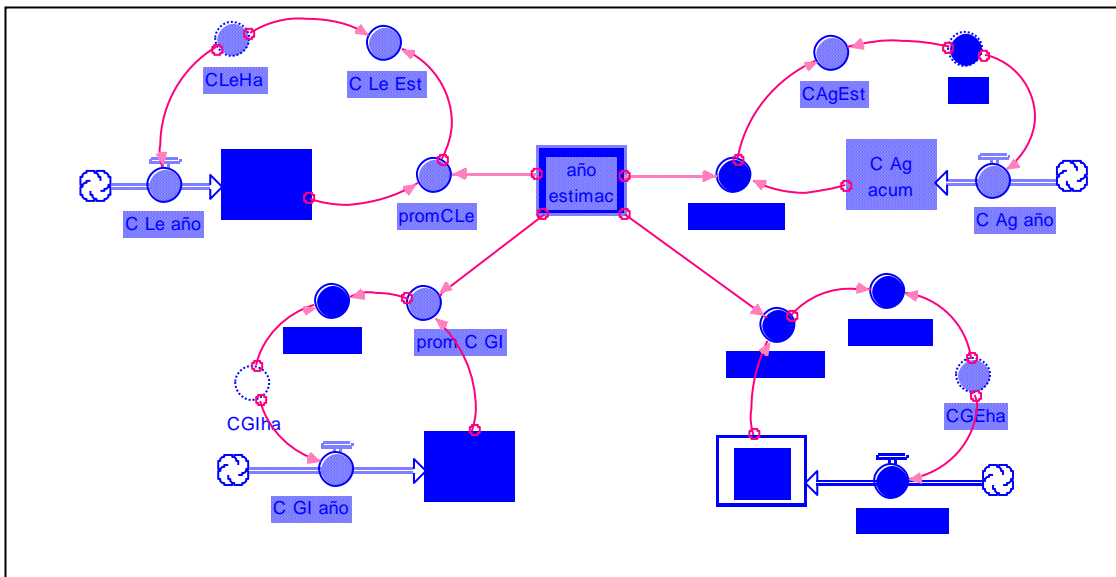
Finalmente las variables para la toma de decisiones son los que confluyen en la determinación de los costos estimados por actividad (CLe Est, CGI Est, CGE Est, CAg Est), variables endógenas para esta fase y sistema.

La construcción de los costos estimados por actividad se basa en la estimación de un promedio entre el promedio de los costos incurridos durante toda la experiencia del productor y el costo del último año de la actividad, lo anterior para graficar el mayor peso en las experiencias recientes del productor en su toma de decisiones.

Las relaciones que determinan los costos estimados por actividad se grafican en la figura 71.

La estimación de costos es relevante toda vez que en el proceso productivo las decisiones de los input se toman en un período anterior al logro del output, output que además de los factores de producción y nivel tecnológico considerados, están mediatizados por factores ambientales como el clima y el costo real al momento de efectuar las actividades de cada proceso productivo.

**Figura 69: Relaciones entre variables fase Fijación de costos ex ante, submodelo STDE**



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones que determinan estas relaciones son:

*Ecuación 190*  $prom\_C\_Ag = C\_Ag\_acum / año\_estimac$

*Ecuación 191*  $C_{AgEst} = (C_{Ag} + prom\_C\_Ag) / 2$

*Ecuación 192*  $C\_Ag\_acum(t) = C\_Ag\_acum(t - dt) + (C\_Ag\_año) * dt; INIT C\_Ag\_acum = 1852$

*Ecuación 193* INFLOWS:  $C\_Ag\_año = if C_{Ag} > 0 then C_{Ag} else if C_{Ag} = 0 then SUM(1129.42) else if C_{Ag} < 0 then C_{Ag} else 0$

*Ecuación 194*  $prom\_C\_GE = C\_GE\_acum / año\_estimac$

- Ecuación 195*  $C_{GE\_Est} = (CGEha + prom\_C_{GE})/2$
- Ecuación 196*  $C_{GE\_acum}(t) = C_{GE\_acum}(t - dt) + (C_{GE\_año}) * dt$ , INIT  $C_{GE\_acum} = 13$
- Ecuación 197* INFLOWS:  $C_{GE\_año} = \text{if } CGEha > 0 \text{ then } CGEha \text{ else if } CGEha = 0 \text{ then } SUM(12.7) \text{ else if } CGEha < 0 \text{ then } CGEha \text{ else } 0$
- Ecuación 198*  $prom\_C_{GI} = C_{GI\_acum}/año\_estimac$
- Ecuación 199*  $C_{GI\_Est} = (prom\_C_{GI} + CGIha)/2$
- Ecuación 200*  $C_{GI\_acum}(t) = C_{GI\_acum}(t - dt) + (C_{GI\_año}) * dt$
- Ecuación 201* INIT  $C_{GI\_acum} = 25$
- Ecuación 202* INFLOWS:  $C_{GI\_año} = \text{if } CGIha > 0 \text{ then } CGIha \text{ else if } CGIha = 0 \text{ then } SUM(25.40) \text{ else if } CGIha < 0 \text{ then } CGIha \text{ else } 0$
- Ecuación 203*  $promCLe = C_{Le\_acum}/año\_estimac$
- Ecuación 204*  $C_{Le\_Est} = (promCLe + CLeHa)/2$
- Ecuación 205*  $C_{Le\_acum}(t) = C_{Le\_acum}(t - dt) + (C_{Le\_año}) * dt$ ; INIT  $C_{Le\_acum} = 28$
- Ecuación 206* INFLOWS:  $C_{Le\_año} = \text{if } CLeHa > 0 \text{ then } CLeHa \text{ else if } CLeHa = 0 \text{ then } SUM(28.45) \text{ else if } CLeHa < 0 \text{ then } CLeHa \text{ else } 0$

#### 6.4 Fase 4: Priorización de actividades

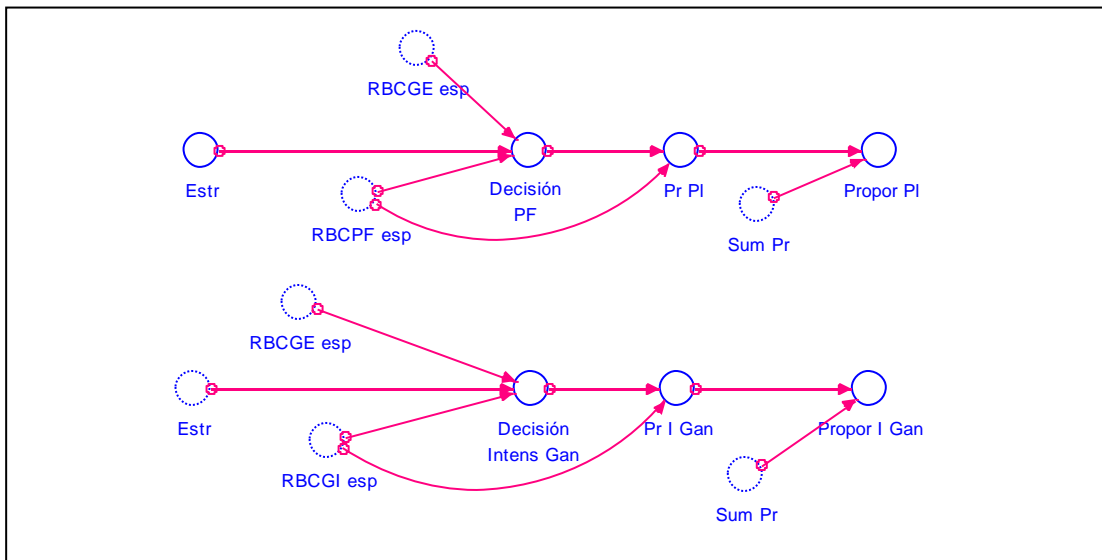
La priorización de las actividades a realizar en la próxima temporada se definen teniendo en consideración las relaciones beneficio – costo y los costos estimados por actividad. Los elementos y relaciones se describen a continuación.

##### Los elementos y las relaciones entre variables

La representación gráfica de esta fase se presenta en las figuras 72 ,73, 74 y 75. Ella se construye considerando 6 variables exógenas a la fase, pero endógenas al sistema correspondientes a las estimaciones de las relaciones beneficio costo esperados ( RBCGE esp, RBCGI esp, RBCAg esp, RBCPF esp, RBCLe esp, RBCBN esp).

Considera 7 variables endógenas al sistema y fase relativas a la elección de potenciales actividades a realizar: decisión de establecer una plantación forestal (Decisión PF), decisión de intensificar la producción ganadera (Decisión Intens Gan), decisión de realizar la actividad de ganadería intensiva en desmedro de la actividad agrícola (Decisión GI), decisión de explotar bosque nativo para la extracción de leña (Decisión leña); decisión de des intensificar la actividad ganadera actual (Decisión GE); decisión de cambiar el uso de suelo desde la ganadería extensiva hacia la actividad agrícola (Decisión Hab Ag) y la decisión de realizar la actividad agrícola en desmedro de la ganadera intensiva (Decisión Ag).

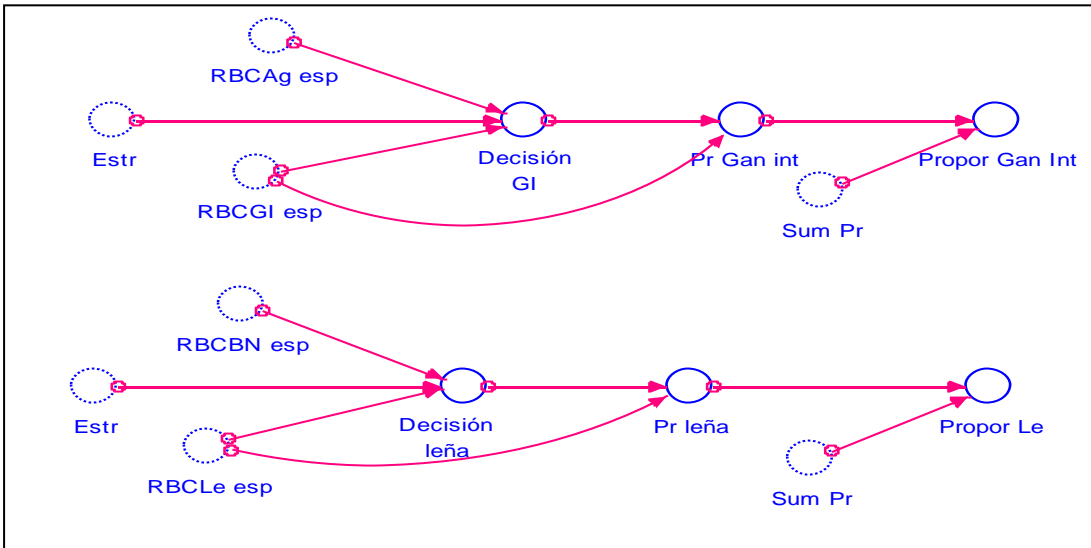
**Figura 70: :Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA**



Fuente: imagen de software Stella

Participan además 7 variables endógenas a la fase y sistema como una forma de construir una priorización en las elecciones relacionadas con el beneficio costo de cada una de ellas (PrPI, Pr I Gan, Pr Gan int, Pr leña, Pr Gan E, Pr H Ag, Pr Ag) y la sumatoria de ellas (Sum Pr) y 7 variables endógenas adimensionales que determinan la proporción de recursos a invertir en cada una de las actividades en el período siguiente: Propor PI, Propor I Gan, Propor Gan Int, Propor Le, Propor Gan E, Propor H Ag y Propor Ag.

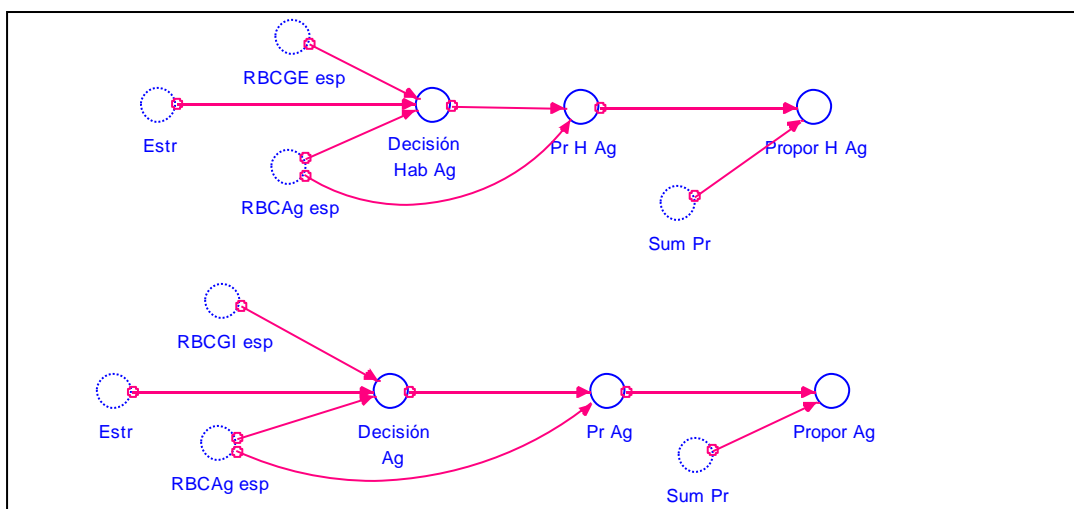
**Figura 71: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA (continuación)**



Fuente: imagen de software Stella

Finalmente se considera un parámetro de estrategia de sobrevivencia, que establece que el tomador de decisiones considerará en sus elecciones todas aquellas actividades que al menos le otorguen un 50% de la relación beneficio costo de la actividad actual como manera de asegurarse por medio de la diversificación ante riesgos sistemáticos ajenos a la gestión del tomador de decisiones como los factores climáticos que afectan a su actividad

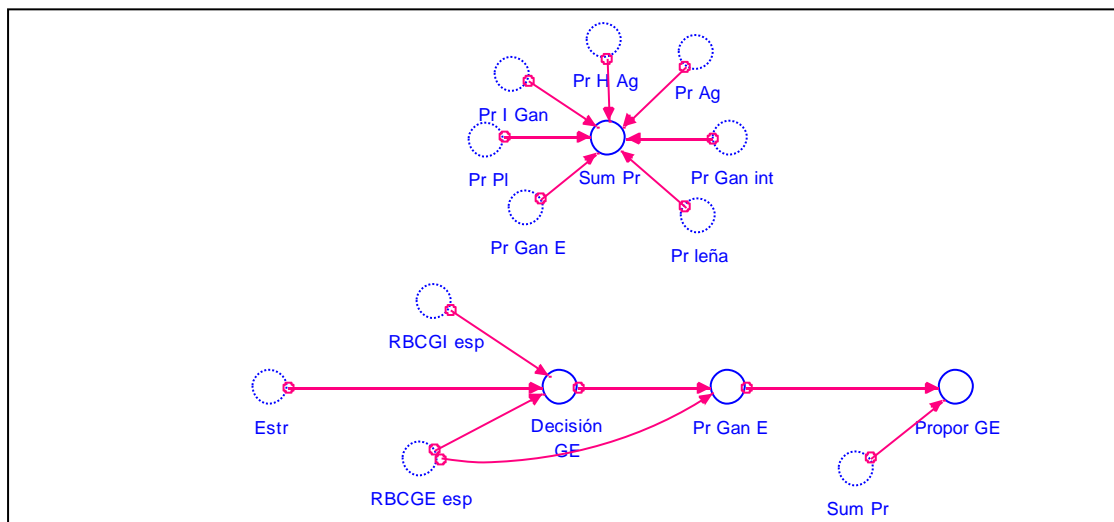
**Figura 72: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA (continuación)**



Fuente: imagen de software Stella

Las relaciones de esta fase se basan en el supuesto de que el tomador compara las alternativas productivas potencialmente realizables para cada uso actual, para ello compara las relaciones de beneficio costo esperadas para cada actividad que compite por el suelo, donde decidirá aquella que le otorgue un mejor relación beneficio- costo.

Figura 73: Relaciones entre variables fase: Priorización de actividades, submodelo SA (continuación)



Fuente: imagen de software Stella

No obstante esta decisión esta mediatizada por el parámetro estrategia (Estr) el cual refleja que el tomador de decisiones tomará en consideración para su elección cualquier actividad que al menos le otorgue un 50% de la actividad que se encuentre realizando actualmente, como parte de su estrategia de diversificación.

De estas comparaciones pareadas se determinarán los rubros potencialmente a emprender los cuales serán sometidos a un nuevo análisis para determinar la prioridad de inversión en ellos, para lo cual se considerará las relaciones beneficio costo de todas aquellas actividades elegidas para la obtención de una sumatoria final de relaciones beneficio-costo (Sum Pr) la cual relacionada con la relación beneficio costo de la actividad priorizada -Pr \_\_\_\_ dependiendo de la actividad elegida- entregará la proporción (adimensional) en que se asignará recursos a esta actividad: Propor \_\_\_\_ dependiendo de la actividad seleccionada por el tomador de decisiones.

La toma de decisiones procede de igual forma para cada una de las elecciones de las actividades productivas, donde a continuación se listan las ecuaciones que las definen.

Ecuaciones:

*Ecuación 207*     $Decisión\_PF = \text{If } (RBCPF\_esp > Estr * RBCGE\_esp) \text{ or } (RBCPF\_esp = Estr * RBCGE\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 208*     $Pr\_PI = \text{IF } Decisión\_PF = 1 \text{ THEN } RBCPF\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 209*     $Propor\_PI = (Pr\_PI / Sum\_Pr)$

*Ecuación 210*     $Decisión\_Intens\_Gan = \text{If } (RBCGI\_esp > Estr * RBCGE\_esp) \text{ or } (RBCGI\_esp = Estr * RBCGE\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 211*     $Pr\_I\_Gan = \text{IF } Decisión\_Intens\_Gan = 1 \text{ THEN } RBCGI\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 212*     $Propor\_I\_Gan = (Pr\_I\_Gan / Sum\_Pr)$

*Ecuación 213*     $Decisión\_GI = \text{If } (RBCGI\_esp > Estr * RBCAg\_esp) \text{ or } (RBCGI\_esp = Estr * RBCAg\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 214*     $Pr\_Gan\_int = \text{IF } Decisión\_GI = 1 \text{ THEN } RBCGI\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 215*     $Propor\_Gan\_Int = (Pr\_Gan\_int / Sum\_Pr)$

*Ecuación 216*     $Decisión\_leña = \text{If } (RBCLe\_esp > Estr * RBCBN\_esp) \text{ or } (RBCLe\_esp = Estr * RBCBN\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 217*     $Pr\_leña = \text{IF } Decisión\_leña = 1 \text{ THEN } RBCLe\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 218*     $Propor\_Le = (Pr\_leña / Sum\_Pr)$

*Ecuación 219*     $Decisión\_GE = \text{If } (RBCGE\_esp > Estr * RBCGI\_esp) \text{ or } (RBCGE\_esp = Estr * RBCGI\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 220*     $Pr\_Gan\_E = \text{IF } Decisión\_GE = 1 \text{ THEN } RBCGE\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 221*     $Propor\_GE = (Pr\_Gan\_E / Sum\_Pr)$

*Ecuación 222*     $Decisión\_Hab\_Ag = \text{If } (RBCAg\_esp > Estr * RBCGE\_esp) \text{ or } (RBCAg\_esp = Estr * RBCGE\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 223*     $Pr\_H\_Ag = \text{IF } Decisión\_Hab\_Ag = 1 \text{ THEN } RBCAg\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 224*     $Propor\_H\_Ag = (Pr\_H\_Ag / Sum\_Pr)$



*Ecuación 225*     $Decisión\_Ag = \text{If } (RBCGI\_esp > Estr * RBCAg\_esp) \text{ or } (RBCGI\_esp = Estr * RBCAg\_esp) \text{ then } 1 \text{ else } 0$

*Ecuación 226*     $Pr\_Ag = \text{IF } Decisión\_Ag = 1 \text{ THEN } RBCAg\_esp \text{ ELSE } 0$

*Ecuación 227*     $Propor\_Ag = (Pr\_Ag / Sum\_Pr)$

*Ecuación 228*     $Sum\_Pr = Pr\_Ag + Pr\_Gan\_E + Pr\_Gan\_int + Pr\_H\_Ag + Pr\_I\_Gan + Pr\_leña + Pr\_PI$

## 6.5 Fase 5: Determinación de superficie para cambio de uso de suelos

La quinta fase de este sistema tiene por objeto la determinación de la asignación de superficie a cada una de las actividades elegidas y priorizadas. Los elementos y relaciones se detallan a continuación.

### Los elementos y las relaciones entre variables

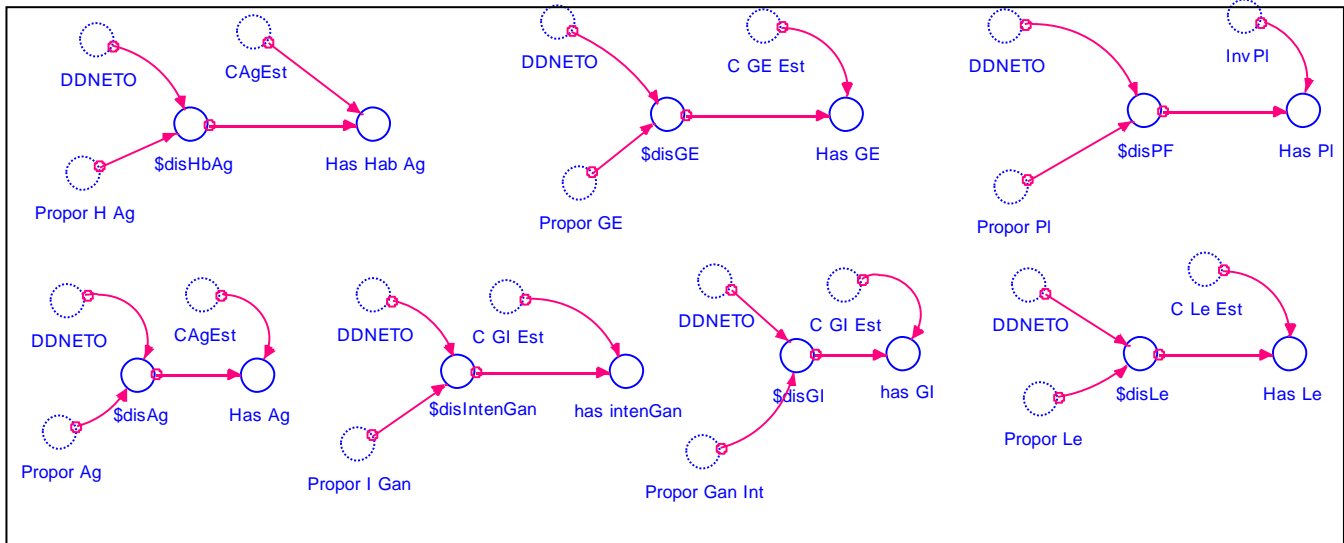
Participan en esta fase las proporciones por actividad determinadas en la fase anterior (7), el dinero disponible neto para la realización de actividades productivas (DDNeto) también determinado en este sistema y los costos estimados por hectárea de la actividad agrícola, ganadería intensiva, ganadería extensiva, y de extracción de leña; así como los costos de establecimiento de una hectárea de plantación forestal. Todas ellas son exógenas a la fase, pero endógenas al sistema a excepción de la última señalada.

Endógenas a la fase y sistema es la determinación del dinero disponible para la realización de cada una de las actividades ( $\$dispHbAg$ ,  $\$dispAg$ ,  $\$dispInten\ Gan$ ,  $\$disp\ GE$ ,  $\$disp\ PF$ ,  $\$disp\ Le$ ) y la determinación de las correspondientes hectáreas estimadas para cada actividad en la próxima temporada bajo la restricción presupuestaria del momento ( $Has\ Hab\ Ag$ ,  $Has\ Ag$ ,  $Has\ GE$ ,  $Has\ GI$ ,  $Has\ PI$  y  $Has\ Le$ ).

La estimación de las hectáreas posibles de financiar en cada una de las actividades se determina bajo el cálculo del dinero disponible para cada actividad dado por la multiplicación de la proporción de cada actividad por el dinero disponible neto, el cual es comparado con el costo

estimado por actividad para la determinación de las hectáreas posibles de financiar en el período siguiente.

**Figura 74: Relaciones entre variables fase: Determinación de superficie para cambio de uso de suelos, submodelo STDE**



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones están dadas por:

*Ecuación 229*     $\$disHbAg = DDNETO * Propor\_H\_Ag$

*Ecuación 230*     $Has\_Hab\_Ag = \$disHbAg / CAgEst$

*Ecuación 231*     $\$disAg = DDNETO * Propor\_Ag$

*Ecuación 232*     $Has\_Ag = \$disAg / CAgEst$

*Ecuación 233*     $\$disGE = DDNETO * Propor\_GE$

*Ecuación 234*     $Has\_GE = \$disGE / C\_GE\_Est$

*Ecuación 235*     $\$disGI = DDNETO * Propor\_Gan\_Int$

*Ecuación 236*     $has\_GI = \$disGI / C\_GI\_Est$

*Ecuación 237*     $\$disIntenGan = DDNETO * Propor\_I\_Gan$

*Ecuación 238*     $has\_intenGan = \$disIntenGan / C\_GI\_Est$

*Ecuación 239*     $\$disLe = DDNETO * Propor\_Le$

*Ecuación 240*  $Has\_Le = \$disLe/C\_Le\_Est$

*Ecuación 241*  $\$disPF = DDNETO*Propor\_PI$

*Ecuación 242*  $Has\_PI = \$disPF/InvPI$

## 7 Sistema de Cambio de Uso de suelos

El sistema que integra cada uno de los sistemas anteriormente descritos es el sistema de cambio de uso de suelos que en su totalidad se grafica en la figura a continuación, donde es posible apreciar que el uso de suelo con mayor presión es el de pradera extensiva (PE) donde se ejerce presión para el flujo desde este stock hacia el bosque nativo, plantación forestal, cultivos agrícolas y praderas intensivas.

Por su parte, las praderas intensivas son presionadas hacia la transformación a cultivos agrícolas y a praderas extensivas. El uso de suelo agrícola es presionado por la actividad de ganadería intensiva con el uso de suelo praderas intensivas. Finalmente, el modelo considera una no presión al uso plantación forestal, debido a que técnicamente es posible realizar hasta 3 rotaciones en un mismo suelo, período de tiempo que sobrepasa el período de tiempo de simulación del presente estudio.

Para una mayor comprensión cada flujo o transferencia desde un uso de suelo a otro será detallado separadamente a continuación y para una visión completa del sistema a analizar, se presenta la figura 77.

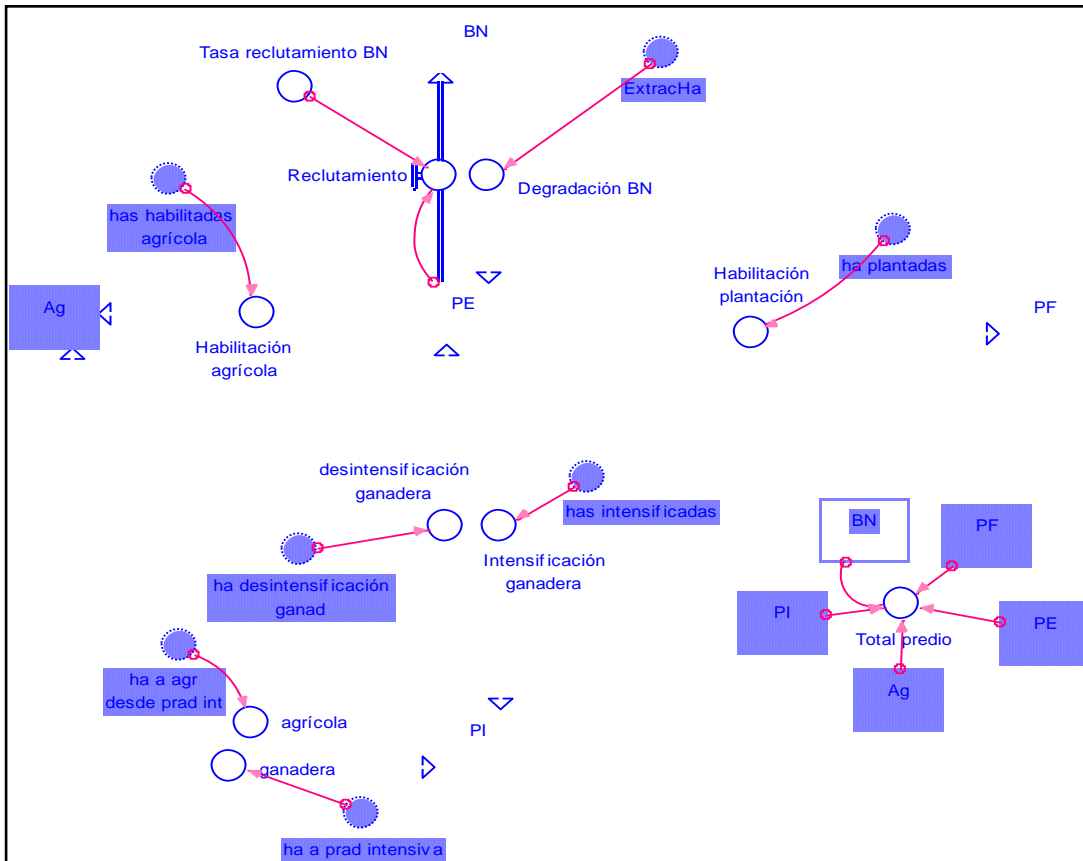
### 7.1 Fase 1: Intercambio entre bosque nativo y pradera extensiva

#### Los elementos y las relaciones entre variables

Los elementos a analizar en esta fase corresponden a dos variables de stock: superficie de bosque nativo (BN) y superficie de pradera extensiva (PE), y las variables de flujo reclutamiento y degradación de bosque nativo.

Participa además un parámetro, correspondiente a la tasa de reclutamiento del bosque nativo, que expresa cuanto es la reintegración desde praderas extensivas a bosque nativo producto de un no manejo agronómico de las mismas. El valor de este parámetro es de un 4% el cual fue obtenido en base a consultas a expertos<sup>33</sup>. La variable exógena al sistema y fase es: la extracción de hectáreas para la obtención de leña proveniente del sistema SELe.

**Figura 75: Sistema Cambio de uso de suelos (SCUS)**



Fuente: imagen de software Stella

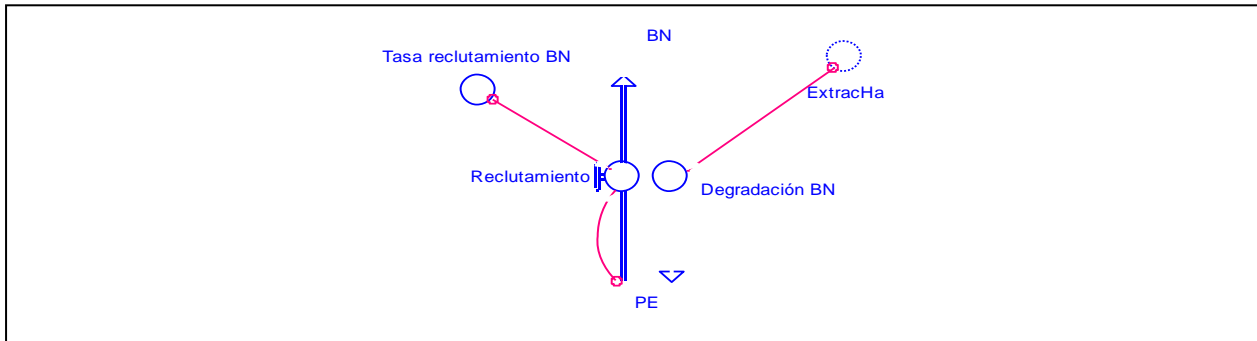
El flujo de hectáreas desde el uso de suelo praderas extensivas esta determinado por la tasa de reclutamiento, disminuyendo la cantidad de hectáreas en este uso para aumentar las de bosque nativo, el que a su vez es afectado negativamente por la extracción de bosque nativo

<sup>33</sup> Laura Nahuelhual, Antonio Lara, académicos e investigadores de la Universidad Austral de Chile

para leña generando un aumento en la superficie de pradera extensiva por el despoblamiento del bosque.

Estas relaciones de constantes flujos simultáneos, tanto de entrada como salida de ambos stock, se gráfica en la figura 78.

Figura 76: Relaciones entre variables fase Intercambio entre bosque nativo y praderas extensivas, submodelo SCUS



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones que definen esta fase son:

Ecuación 243  $BN(t) = BN(t - dt) + (Reclutamiento - Degradación\_BN) * dt; INIT BN = 195454$

Ecuación 244 *INFLOWS: Reclutamiento = PE\*Tasa\_reclutamiento\_BN*

Ecuación 245 *OUTFLOWS: Degradación\_BN = ExtracHa*

## 7.2 Fase 2: Flujos de intercambio desde y hacia pradera extensiva

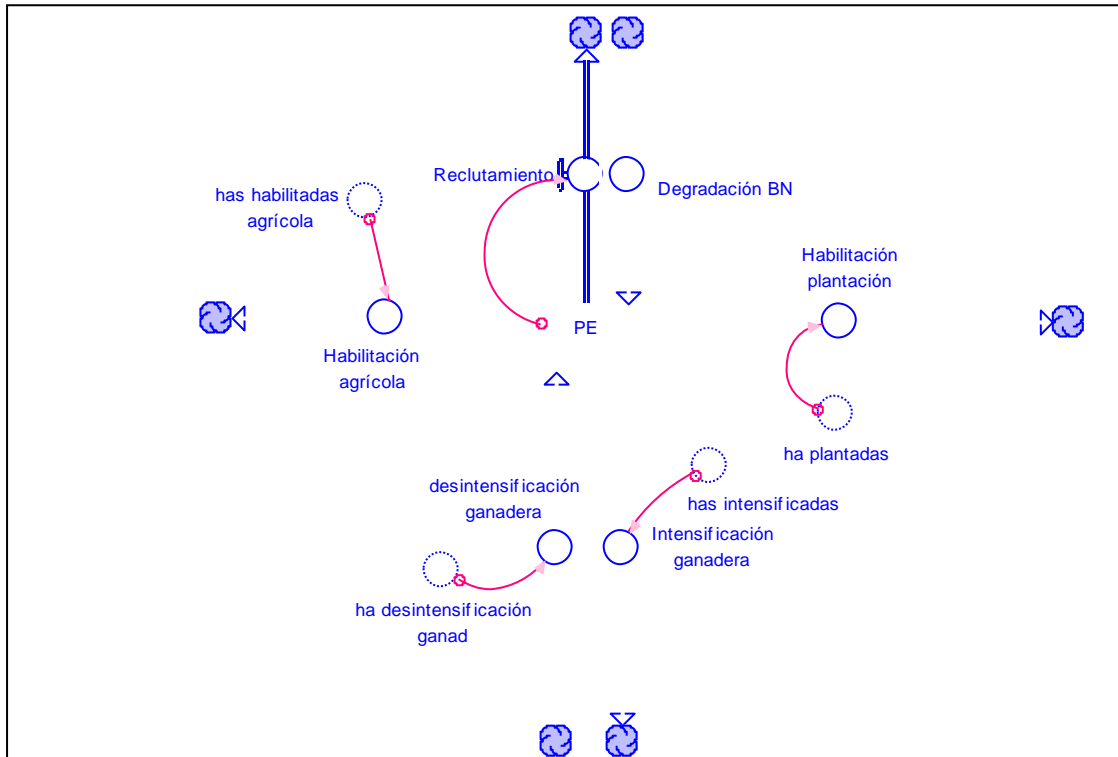
### Los elementos y las relaciones entre variables

La figura 79 grafica los cuatro flujos de salida desde pradera extensiva y dos flujos de entrada hacia el uso de pradera extensiva.

Los flujos de entrada y salida, desde y hacia bosque nativo ya fueron explicados en la fase anterior, por lo que la descripción a realizar se centrará en 3 flujos de salida: hacia plantación forestal (habilitación forestal); hacia agrícola (habilitación agrícola) y hacia pradera

intensiva (intensificación ganadera) y un único flujo de entrada desde pradera intensiva (desintensificación ganadera).

Figura 77: Relaciones entre variables fase Intercambio entre bosque nativo y praderas extensivas, submodelo SCUS



Fuente: imagen de software Stella

Las ecuaciones de stock pradera extensiva (PE) y las de flujo de salida desde praderas extensivas y de entrada, corresponden a:

*Ecuación 246*  $PE(t) = PE(t - dt) + (desintensificación\_ganadera + Degradación\_BN - Habilitación\_agrícola - Habilitación\_plantación - Reclutamiento - Intensificación\_ganadera) * dt; INIT PE = 95477$

*Ecuación 247* OUTFLOWS:  $Habilitación\_agrícola = has\_habilitadas\_agrícola$

*Ecuación 248* OUTFLOWS:  $Habilitación\_plantación = ha\_plantadas$

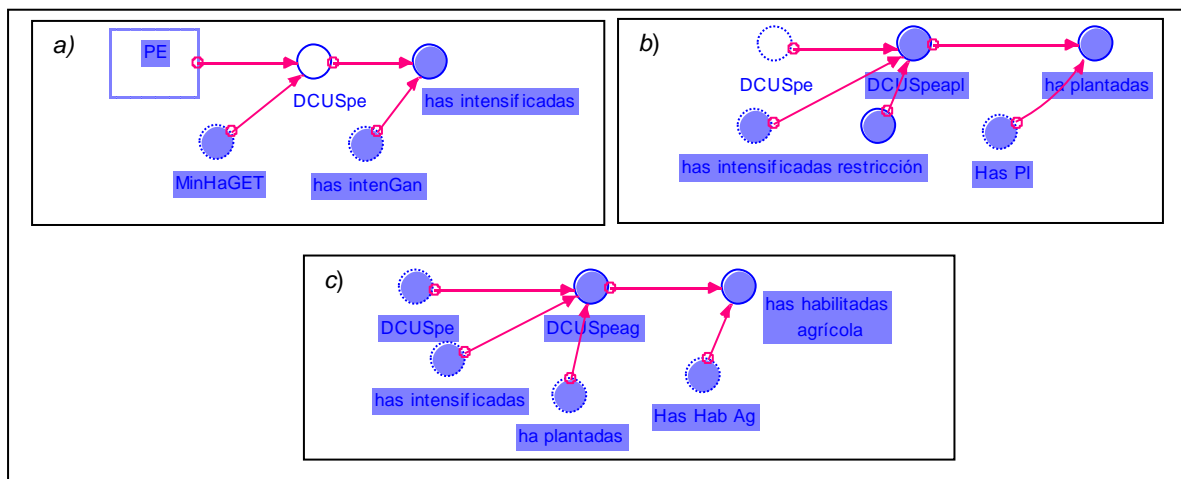
*Ecuación 249* OUTFLOWS:  $Intensificación\_ganadera = has\_intensificadas$

*Ecuación 250* INFLOWS:  $desintensificación\_ganadera = ha\_desintensificación\_ganad$

En el traspaso de hectáreas desde el uso de suelo praderas extensivas a praderas intensivas, plantación forestal o agrícola; obedecen a una priorización de transferencias a ocurrir desde esta variable de stock (PE), debido a que este uso es simultáneamente presionado por los usos de suelo praderas intensivas (intensificación ganadera); agrícola (habilitación agrícola), y plantación forestal (habilitación plantación).

La primera priorización es hacia el uso praderas intensivas (PI) con el flujo de intensificación ganadera, el de plantación forestal (habilitación forestal) ocurre en segundo lugar, y en tercer lugar hacia el uso agrícola. Las priorizaciones de los flujos de salida desde pradera extensiva a los usos señalados se presentan gráficamente en la figura 80.

**Figura 78: Priorización de flujos de salida desde pradera extensiva, submodelo SCUS**



Fuente: imagen de software Stella

Lo anterior debido a que la intensificación, en primera instancia, implica un aumento de inversión en las técnicas ya realizadas e incorporación de nuevas prácticas no difíciles de asimilar. Además es posible intensificar la ganadería en suelos con pendiente moderada siendo ésta la primera opción de intercambio y la segunda, el establecimiento de plantaciones forestales debido a la posibilidad de integrar suelos con pendientes mayores no aptos para la actividad agrícola ni para la actividad ganadera intensiva.

En la figura 80 a), se representa que no toda la superficie destinada a pradera extensiva es potencialmente disponible para un cambio de uso de suelos (DCUSpe), debido a que se debe resguardar una superficie mínima para el mantenimiento de animales destinados a la sobrevivencia<sup>34</sup>, y trabajo (MinHa GET).

Las hectáreas intensificadas efectivamente surgen de la comparación entre las hectáreas definidas para este efecto en el sistema STDE y las efectivamente disponibles al momento de implementar la decisión de intensificar. Las ecuaciones que describen lo anterior son:

*Ecuación 251*     $DCUSpe = PE - MinHaGET$

*Ecuación 252*     $has\_intensificadas = if\ DCUSpe > 0\ and\ DCUSpe > has\_intenGan\ then\ has\_intenGan\ else\ if\ DCUSpe > 0\ and\ DCUSpe = has\_intenGan\ then\ has\_intenGan\ else\ if\ DCUSpe > 0\ and\ DCUSpe < has\_intenGan\ then\ DCUSpe\ else\ 0$

La segunda priorización (figura 80 b)) determina las hectáreas a plantar con plantaciones forestales exóticas. Su determinación parte considerando la variable superficie disponible para cambio de uso de suelo desde praderas extensivas (DCUSpe) y las hectáreas intensificadas hacia la actividad ganadera (figura 80 a)) donde su diferencia representa la superficie potencialmente a destinar a plantación forestal (DCUSpeapl).

Sobre ésta última, actúa un parámetro: restricción, que grafica un componente cultural de los tomadores de decisiones de la zona sur hacia la conversión hacia la actividad forestal exótica, debido a que ella involucra la generación de flujos de ingresos reales de dinero a largo plazo (normalmente mayores a 20 años) y la generación de flujos reales de costos de mantención anuales que limitan la transformación masiva a este uso de suelo. Este uso es visualizado como una inversión a largo plazo con retornos orientados a la vejez, el valor consignado al parámetro restricción es de un 5%<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> Mínimo ganadero por explotación existente cada año de análisis. Ver sistema Ganadero extensivo

<sup>35</sup> En base a entrevistas realizadas a productores de la zona de estudio.



Finalmente, las hectáreas efectivamente establecidas (ha plantadas) se obtienen de la comparación de la disponibilidad en hectáreas para el cambio de uso de suelos desde praderas extensivas hacia el uso plantación forestal (DCUSpeapl) y las hectáreas económicamente factibles a establecer (Has PI), donde de existir una mayor factibilidad económica que técnica, se elegirá aquellas definidas técnicamente ya que éstas representan la restricción real y viceversa, vale decir, si existe una mayor factibilidad técnica que económica, se optará por establecer la cantidad de hectáreas económicamente definidas.

Las ecuaciones que definen la priorización antes señala, son:

*Ecuación 253*  $DCUSpeapl = (DCUSpe - has\_intensificadas) * restricción$

*Ecuación 254*  $ha\_plantadas = \text{if } DCUSpeapl > 0 \text{ and } DCUSpeapl > Has\_PI \text{ then } Has\_PI \text{ else if } DCUSpeapl > 0 \text{ and } DCUSpeapl = Has\_PI \text{ then } Has\_PI \text{ else if } DCUSpeapl > 0 \text{ and } DCUSpeapl < Has\_PI \text{ then } DCUSpeapl \text{ else } 0$

y la ecuación que define los cambios en el stock PF es:

*Ecuación 255*  $PF(t) = PF(t - dt) + (Habilitación\_plantación) * dt; \text{INIT } PF = 0$

*Ecuación 256*  $\text{INFLOWS: } Habilitación\_plantación = ha\_plantadas$

La tercera priorización (figura 80 c)) corresponde a la definición del flujo de salida: has habilitadas agrícola. Se determina una superficie de cambio de uso de suelos potencialmente disponible para el uso agrícola, que considera la variable DCUSpe menos las hectáreas intensificadas ganaderamente y las plantadas.

Utilizando la misma lógica antes señalada se compara esta disponibilidad potencial con las hectáreas determinadas para ser habilitadas agrícolamente en el SDTE, eligiendo aquella alterativa menor de entre las consideradas. Las ecuaciones que expresan lo anterior son:

*Ecuación 257*  $DCUSpeag = DCUSpe - (ha\_plantadas + has\_intensificadas)$

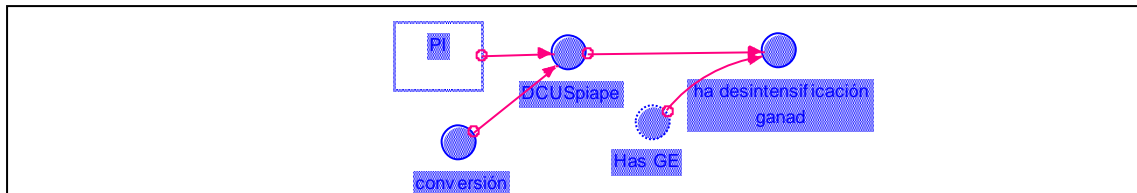
*Ecuación 258*  $has\_habilitadas\_agrícola = \text{if } DCUSpeag > 0 \text{ and } DCUSpeag > Has\_Hab\_Ag \text{ then } Has\_Hab\_Ag \text{ else if } DCUSpeag > 0 \text{ and } DCUSpeag = Has\_Hab\_Ag \text{ then}$

Has\_Hab\_Ag else if DCUSpeag >0 and DCUSpeag <Has\_Hab\_Ag then DCUSpeag  
else 0

El flujo de entrada al stock PE corresponde a la desintensificación ganadera donde el traspaso desde el stock pradera intensiva (PI) se determina considerando una disponibilidad de cambio de uso de suelos desde pradera intensiva (DCUSpi) que se basa en un porcentaje de conversión (50%) sobre la superficie de uso de suelo presente en cada temporada.

Gráficamente, la figura 81 expresa el flujo de entrada descrito

Figura 79: Determinación de flujo de entrada a pradera extensiva desde pradera intensiva, submodelo SCUS



Fuente: imagen de software Stella

Al igual que en los casos anteriores se realiza una comparación entre las hectáreas de ganadería extensiva determinadas en el STDE y la disponibilidad de hectáreas para cambio de uso, eligiéndose aquella alternativa menor.

Las ecuaciones que reflejan estas relaciones son:

*Ecuación 259*  $DCUSpi = (PI\_ *conversión)$

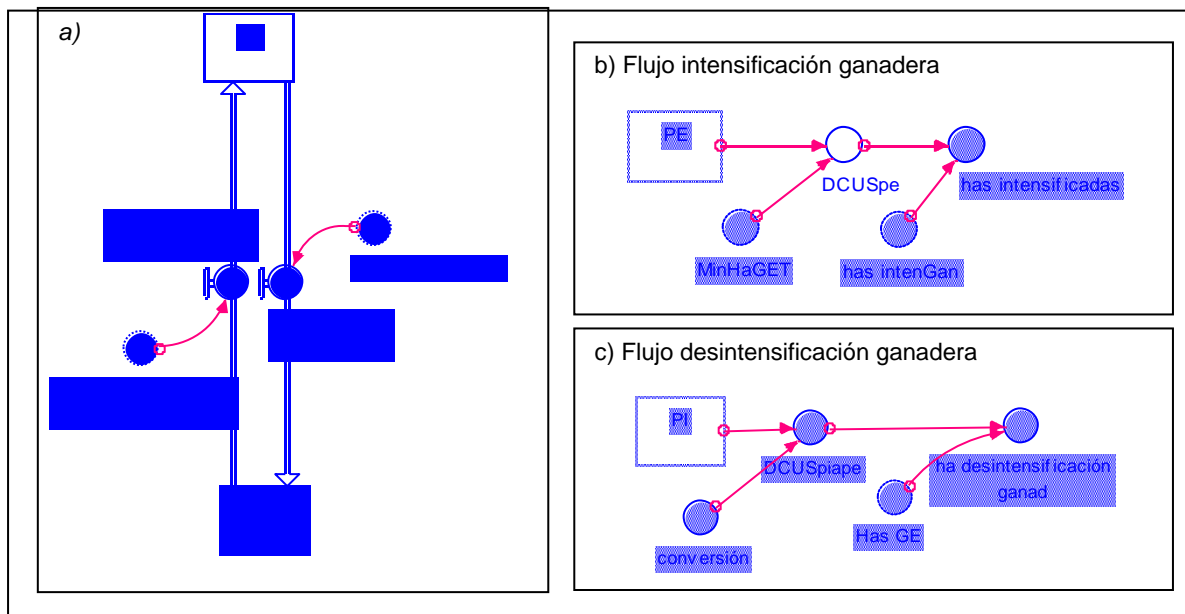
*Ecuación 260*  $ha\_desintensificación\_ganad = if DCUSpiape >0 and DCUSpiape >Has\_GE then Has\_GE else if DCUSpiape >0 and DCUSpiape =Has\_GE then Has\_GE else if DCUSpiape >0 and DCUSpiape <Has\_GE then DCUSpiape else 0$

### 7.3 Fase 3: Flujos de intercambio desde y hacia pradera intensiva

La pradera intensiva se ve presionada por dos usos de suelos alternativos: pradera extensiva y uso agrícola. Estos flujos son bidireccionales, tal como se aprecia en la figura 82.

Las variables de stock participantes en el primer flujo bidireccional (figura 82 a)), corresponden a la superficie destinadas a los usos de suelo de pradera extensiva (PE) y de pradera intensiva (PI), las que poseen dos variables de flujo que retroalimentan a ambos stock, siendo éstas: desintensificación ganadera e intensificación ganadera.

**Figura 80: Determinación de flujo de entrada y salida desde pradera intensiva, submodelo SCUS**



Fuente: imagen de software Stella

Las variables que alimentan estos flujos corresponden a las hectáreas que el tomador de decisiones ha definido para la desintensificación ganadera (ha desintensificación ganad), entendiendo por ellas, las hectáreas dedicadas a la actividad ganadera en las que se ha decidido dejar de realizar ciertas actividades agronómicas que involucran una menor inversión en ella y un menor uso de tecnología.

Las hectáreas de desintensificación ganadera se obtienen de la comparación de las hectáreas disponibles para cambio de uso de suelo desde pradera intensiva a pradera extensiva (DCUSpi) y las hectáreas definidas económicamente para este uso (Has GE), donde la elección de las hectáreas que definitivamente se tornarán a este uso: praderas extensivas, dependerán de la limitante existente entre ellas, vale decir, se elegirá la menor superficie

definida en ambos ámbitos de análisis: técnico y económico (ver figura proceso de des-intensificación ganadera).

En este proceso actúa una variable definida como un parámetro: conversión, que determina el máximo de conversión a realizar en cada temporada desde el uso de pradera intensiva a la extensiva.

La variable de flujo intensificación ganadera se alimenta de la variable: has intensificadas, la cual representa la elección de las hectáreas que efectivamente cambiarán de uso, desde pradera extensiva a pradera intensiva. En ella se considera el mantenimiento de una superficie mínima de la actividad ganadera extensiva, definida por la variable: mínimo ganadero. La lógica general del proceso, es similar a las señaladas precedentemente. (Ver Figura 82 b) y c)).

La ecuación que define al stock de PI es:

$$\text{Ecuación 261} \quad PI(t) = PI(t - dt) + (\text{Intensificación\_ganadera} + \text{ganadera} - \text{desintensificación\_ganadera} - \text{agrícola\_}) * dt ; \text{INIT } PI = 84996$$

Las variables de flujo bidireccionales entre los stocks PI y PE, son:

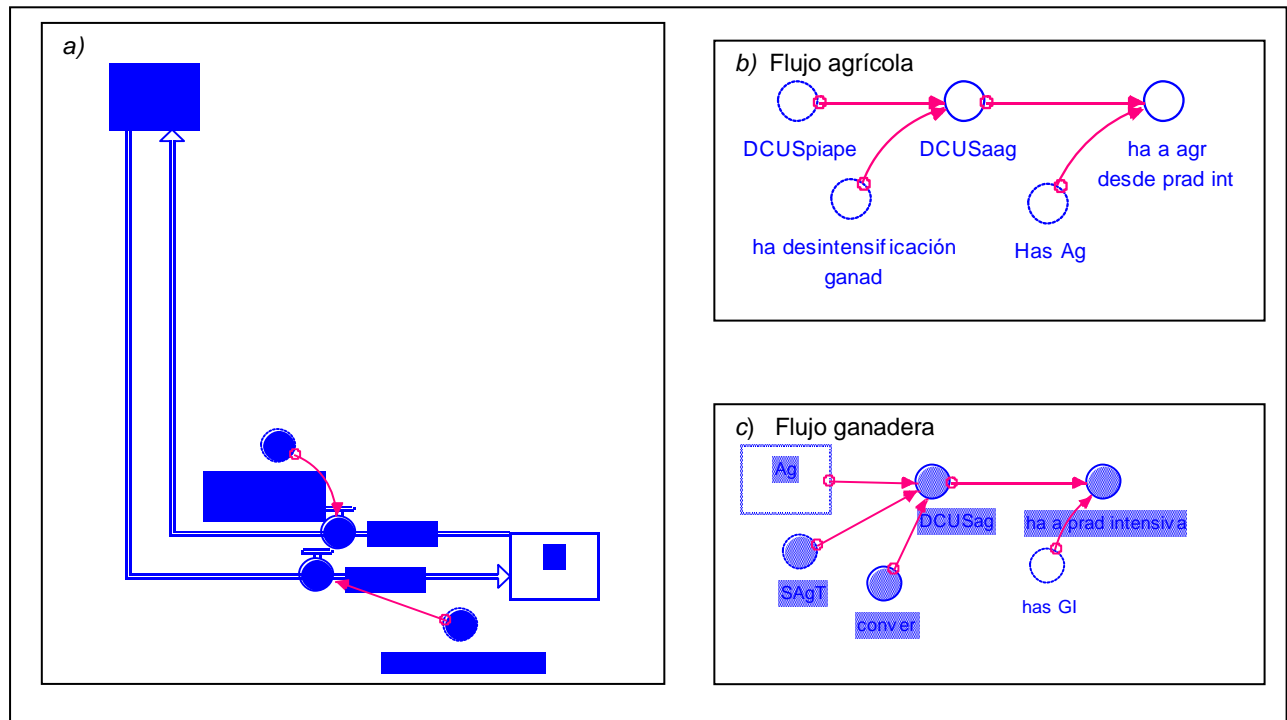
$$\text{Ecuación 262} \quad \text{INFLOWS: Intensificación\_ganadera} = \text{has\_intensificadas}$$

$$\text{Ecuación 263} \quad \text{OUTFLOWS: desintensificación\_ganadera} = \text{ha\_desintensificación\_ganad}$$

La figura 83 a), representa el segundo flujo bi direccional desde y hacia pradera intensiva desde y hacia agrícola. Los factores que influyen en la transferencia de superficie entre las actividades agrícolas y de ganadería intensiva. Están determinadas por las variables de stock agrícola (Ag) y pradera intensiva (PI) existiendo dos variables de flujo: ganadera y agrícola, siendo sus ecuaciones:

$$\text{Ecuación 264} \quad \text{INFLOWS: ganadera} = \text{if ha\_a\_prad\_intensiva} > 0 \text{ then ha\_a\_prad\_intensiva else } 0$$

**Figura 81: Flujos bidireccionales entre pradera intensiva y agrícola, submodelo SCUS**



Fuente: imagen de software Stella

La variable de flujo agrícola (figura 83 b) se alimenta desde la elección de hectáreas a establecer en el uso agrícola, la cual se determina desde la comparación de la superficie disponible para el uso de agrícola (DCUSaag) y la determinación de hectáreas agrícolas económicamente factibles de establecer, la decisión final: ha a agr desde prad int, será la menor superficie establecida por DCUSaag y Has Ag.

La determinación de DCUSaag, se deriva desde la superficie disponible para cambio de uso de suelos desde pradera intensiva (DCUSpiape) menos las hectáreas que ya han sido transformadas al uso de suelo pradera extensiva.

Por su parte, la variable de flujo ganadero se alimenta de las hectáreas determinadas para la transformación desde el uso de suelo praderas intensivas a agrícola (ha a prad intensiva). La lógica de determinación de este flujo es similar a los anteriores, comparando las

hectáreas económicamente factibles de transformar a este uso y la disponibilidad de suelo para cambiar de uso (DCUSag), donde la elección será aquella menor superficie definida.

La variable DCUSag, se construye en consideración a la superficie destinada a actividades agrícolas menos la superficie mínima de sobrevivencia (SAgT) sometidos a una restricción, dada por el parámetro conver, que establece el porcentaje máximo sujeto a cambio en cada temporada.

Las ecuaciones que definen las variables que surten a las variables de flujo ganadera y agrícola son:

*Ecuación 266*  $DCUSaag = DCUSpiape - ha\_desintensificación\_ganad$

*Ecuación 267*  $ha\_a\_agr\_desde\_prad\_int = \text{if } DCUSaag > 0 \text{ and } DCUSaag > Has\_Ag \text{ then } Has\_Ag$   
 $\text{else if } DCUSaag > 0 \text{ and } DCUSaag = Has\_Ag \text{ then } Has\_Ag \text{ else if } DCUSaag > 0 \text{ and}$   
 $DCUSaag < Has\_Ag \text{ then } DCUSaag \text{ else } 0$

*Ecuación 268*  $DCUSag = (Ag - SAgT) * conver$

*Ecuación 269*  $ha\_a\_prad\_intensiva = \text{if } DCUSag > 0 \text{ and } DCUSag > has\_GI \text{ then } has\_GI \text{ else if}$   
 $DCUSag > 0 \text{ and } DCUSag = has\_GI \text{ then } has\_GI \text{ else if } DCUSag > 0 \text{ and } DCUSag$   
 $< has\_GI \text{ then } DCUSag \text{ else } 0$

#### 7.4 Fase 4: Flujos de intercambio desde y hacia agrícola

Los flujos de intercambio que modifican la variable de stock agrícola (Ag) se visualizan en la figura 84, observándose un flujo unidireccional: habilitación agrícola y uno bidireccional: ganadera y agrícola.

La ecuación que determina las variaciones de stock agrícola y sus variables de flujo son:

*Ecuación 270*  $Ag(t) = Ag(t - dt) + (Habilitación\_agrícola + agrícola\_ - ganadera) * dt;$

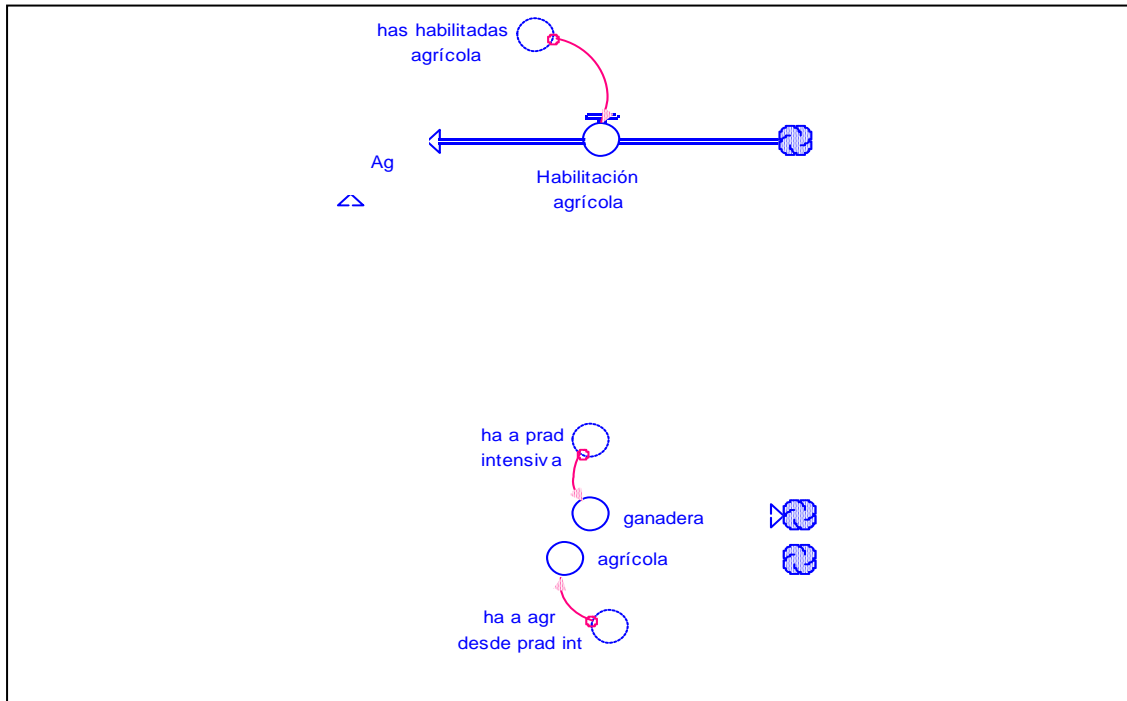
*Ecuación 271*  $INIT Ag = 34861$

*Ecuación 272*  $INFLOWS: Habilitación\_agrícola = has\_habilitadas\_agrícola$

*Ecuación 273*  $INFLOWS: agrícola\_ = ha\_a\_agr\_desde\_prad\_int$

Ecuación 274  $\text{OUTFLOWS:ganadera} = \text{if ha\_a\_prad\_intensiva} > 0 \text{ then ha\_a\_prad\_intensiva}$   
 else 0

Figura 82: Flujos de intercambio desde y hacia agrícola, submodelo SCUS



Fuente: imagen de software Stella

Se ha considerado sólo una dirección de flujo desde las praderas extensivas a uso agrícola, debido a que aún de existir el abandono total de la actividad agrícola, la pradera ha surgir poseerá la influencia de las labores agronómicas realizadas en el cultivo anterior, entre las que destaca la fertilización remanente en el suelo que provocará la expresión de especies nobles que permanecen en el banco natural de semillas en el suelo.

Por estas razones la variable de flujo habilitación agrícola es de un solo sentido, la cual es alimentada por la elección de hectáreas a habilitar en el uso agrícola. Estas hectáreas son determinadas en el proceso de habilitación agrícola (ver figura 84), donde siguiendo las lógicas de elección descritas precedentemente, se comparan las hectáreas disponibles para efectuar una potencial transferencia, en este caso, una vez resguardada la superficie de ganadería extensiva de sobrevivencia, las hectáreas que han sido elegidas para intensificar y las hectáreas que han sido establecidas en plantación forestal.

Esta superficie potencialmente disponible (DCUS<sub>peag</sub>) se compara con la determinación de hectáreas económicamente factibles de realizar en este uso, decidiéndose finalmente la cantidad de superficie menor considerada desde ambos ámbitos de análisis: técnico y económico.

Por otra parte, el flujo bi direccional descrito, corresponde a una práctica habitual de los suelos agrícolas del sur de Chile: la rotación de cultivo, es decir, el cambio alternado desde un cultivo agrícola a pradera intensiva para luego retornar a cultivo agrícola.

La Figura 84: Flujos bidireccionales entre pradera intensiva y agrícola, submodelo SCUS , muestra las relaciones anteriormente señaladas así como las ecuaciones que definen estos flujos pueden revisarse en la fase 3: Flujos de intercambio desde y hacia pradera intensiva.



## SEXTA PARTE. Validación del Modelo

---

La evaluación del modelo consiste en analizar la bondad del modelo tanto en estructura y funcionamiento. Para tal efecto se realiza simulaciones donde sus resultados son comparados con la información existente relacionada de la serie de tiempo considerada.

### 1. Datos de validación

Para lo anterior se considera los datos oficiales de los censos silvoagropecuarios efectuados en los años 1976, 1997 y 2007, sin embargo estos datos no son homogéneos en cuanto a las categorías de clasificación de uso de suelo ni tampoco en la superficie total de las comunas en estudio (Ver anexos).

De manera de homologar las categorías de análisis se consideró las categorías de uso suelo: *Agrícola*, la cual comprende las subcategorías de cultivos anuales, cultivos permanentes, suelos en barbecho y descanso. Para la categoría de suelos *Pradera Intensiva*, se consideró las subcategorías praderas mejoradas, praderas permanentes y praderas de rotación; por su parte la categoría *Praderas extensivas* sólo considera el ítem praderas naturales, presente en los 3 censos considerados.

El uso *Plantación Forestal* se consideró en la misma forma que el anterior; el uso de suelo *Bosque Nativo*, considera las subcategorías bosque nativo, matorrales, bosques naturales y monte; bosque y montes en explotación forestal y bosques y montes no explotados según corresponda al censo involucrado.

Finalmente el uso de suelo: uso indirecto, estériles, tierras áridas, pedregales y otros; fue prorrateado en las categorías: Plantaciones forestales, Agrícola, Praderas Mejoradas, Praderas Naturales y Bosque Nativo.

Respecto a la diferencia encontrada en la superficie total, en cada uno de los censos consultados, se consideró como fuente más fidedigna a la superficie identificada mediante una imagen satelital tomada para la realización del catastro vegetacional de los recursos vegetacionales de Chile en 1999.

De esta forma se homologó la superficie total y de cada uno de los usos de suelo considerados en el presente estudio en base a la misma proporción presentada en cada Censo Silvoagropecuario realizado. Los resultados de dicha homologación, tanto para un predio promedio como para el total de la zona de estudio, sin considerar las áreas urbanas, se presentan en el cuadro 26.

*Cuadro 26: Homologación uso de suelos en la zona de estudio*

Uso del suelo predio promedio	Censo agropecuario 1976		Censo agropecuario 1997		Censo agropecuario 2007	
	ha	%	ha	%	ha	%
Agrícola	3,8	8	1,3	4	1,0	3
Praderas intensivas	9,4	21	9,0	26	7,5	25
Praderas extensivas	10,5	23	8,7	25	8,1	26
Bosque nativo	21,6	48	14,9	44	13,5	44
Plantaciones forestales	0,0	0	0,3	1	0,6	2
<b>Total predio promedio</b>	<b>45,3</b>	<b>100</b>	<b>34,1</b>	<b>100</b>	<b>30,7</b>	<b>100</b>
Uso del suelo zona de estudio	Censo agropecuario 1976		Censo agropecuario 1997		Censo agropecuario 2007	
	ha	%	ha	%	ha	%
Agrícola	34.861	8	15.319	4	12.914	3
Praderas intensivas	84.996	21	108.437	26	100.696	25
Praderas extensivas	95.477	23	104.734	25	108.805	26
Bosque nativo	195.454	48	179.151	44	180.282	44
Plantaciones forestales	0	0	3.148	1	8.090	2
<b>Total zona estudio</b>	<b>410.788</b>	<b>100</b>	<b>410.788</b>	<b>100</b>	<b>410.788</b>	<b>100</b>

Fuente: En base a Chile, Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Censos silvoagropecuario Años 1976, 1997, 2007 y Chile, Instituto Nacional Forestal (INFOR). Catastro vegetacional de recursos vegetacionales de Chile, 1999.

Para realizar las simulaciones fue necesario considerar los datos de inicio al modelo de cambio de uso de suelo, los cuales corresponden a los obtenidos por el Censo Silvoagropecuario de Chile realizado en el año 1976. Del mismo modo los datos del Censo

Silvoagropecuario de 1997 y 2007, nos proporcionan la posibilidad de hacer una comparación de la realidad a mitad del período de estudio y al final del mismo con los datos que arroja el modelo de simulación, de esta forma es posible realizar el análisis de sensibilidad del modelo.

La validación del modelo se realiza mediante la comparación de los resultados de la simulación para cada uno de los usos de suelos con la información homologada de los censos silvoagropecuarios realizados en los años 1997 y 2007.

Cabe señalar que para estos tipos de modelos de simulación dinámica se considera apropiados diferencias de hasta un 20%<sup>36</sup> de error entre los resultados del modelo y la realidad, no obstante los modelos actualmente disponibles en la literatura no poseen el nivel de complejidad e interrelaciones descritas en el modelo propuesto en la presente investigación<sup>37</sup>.

## 2. Resultados globales obtenidos

El modelo en su conjunto, arroja un error promedio en la distribución del uso del suelo de 3.8%, observándose un mayor error para el año 1997 (5.9%) y un menor error para el año 2007 (1.8%).

Para determinar el porcentaje de error en la distribución del uso de suelo, se consideró los momentos en que se puede efectuar la comparación entre lo observado y simulado (años 1997 y 2007). Para estos años y para cada uso de suelo se determinó la diferencia positiva o negativa existente, agrupándose los valores obtenidos tanto positiva como negativamente.

El valor negativo o positivo obtenido, debe ser el mismo en valor absoluto, toda vez que la superficie en análisis no se expande ni se contrae (cuadro 26). El valor absoluto obtenido para cada año (1997 y 2007) corresponde, por tanto, a la superficie que no fue distribuida adecuadamente de acuerdo a lo observado en los censos.

---

<sup>36</sup> Comunicación personal Ph D. Fernando Santibañez Universidad de Chile

<sup>37</sup> Comunicación personal de Fernando Santibañez y Giorgio Castellaro, especialistas en modelos de simulación dinámica en Chile, de la Universidad de Chile.

Finalmente esta superficie fue transformada a porcentaje de la superficie total determinándose el porcentaje de no distribución adecuada para el año 1997 y 2007, los que fueron promediados para la obtención del porcentaje promedio de no distribución adecuada de uso de suelo.

Cuadro 27: Determinación de porcentajes de distribución inadecuada de superficies en usos de suelos para los años 1997 y 2007.

Uso de suelos años 1997 y 2007									
año	Agrícola			Bosque nativo			Plantación forestal		
	Censo	Simulado	Diferencia (ha)	Censo	Simulado	Diferencia (ha)	Censo	Simulado	Diferencia (ha)
1.997	15.319	4.103	-11.216	179151	188.320	9.169	3.148	2.034	-1.114
2.007	12.914	20.343	7.429	180282	178.357	-1.925	8.090	5.914	-2.176
año	Pradera intensiva			Pradera Extensiva			Valores totales		
	Censo	Simulado	Diferencia (ha)	Censo	Simulado	Diferencia (ha)	sum (+)	sum (-)	% EDUS*
1.997	108437	96.258	-12.179	104734	120.074	15.340	24.509	-24.509	5,97
2.007	100696	100.302	-394	108805	105.872	-2.933	7.428	-7.428	1,81

\*% EDUS: Porcentaje de error en la distribución de uso de suelos.

Los valores obtenidos (cuadro 27) muestran que existe un 5,97% de superficie no distribuida adecuadamente entre los usos de suelos para el año 1997 y un 1,81%; para el año 2007; obteniéndose, por tanto, un promedio de error en la distribución de los usos del macro modelo de un 3,8%, lo que implica el modelo se ajusta en un 96, 2% a lo observado en la realidad.

Finalmente, en consideración a que los expertos nacionales<sup>38</sup> en modelos de simulación dinámica y la literatura internacional señalan errores admisibles máximos de hasta un 20%, se considera que el macromodelo es adecuado y se valida. La descripción para cada uso de suelo se presenta a continuación.

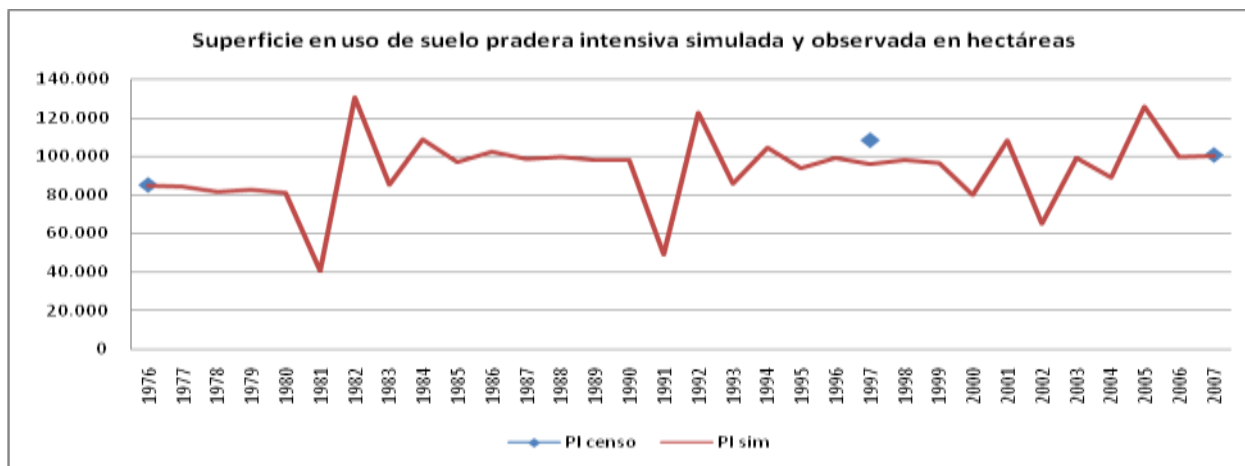
## 2.1 Uso de suelos praderas intensivas

---

<sup>38</sup> Consulta personal a Fernando Santibañez, Giorgio Castellaro y Sandra Marin

Como es posible apreciar en la figura 85, existe una gran coincidencia entre los valores arrojados por la simulación y los observados de acuerdo a los datos de censo homologados para la constatación del modelo.

**Figura 83: Superficie en uso de suelo pradera intensiva simulada y observada en hectáreas**



Fuente: en base a censos silvoagropecuarios homologados 1976,1997 y 2007 y resultados de la simulación en software Stella.

Para el año 1997 se observa una menor superficie simulada en este uso que la observada en dicho año, equivalente a 12.179 hectáreas. Esta superficie corresponde a un 3% de la superficie total de la zona en estudio y representa un 11% menos de lo observado en el censo de dicho año.

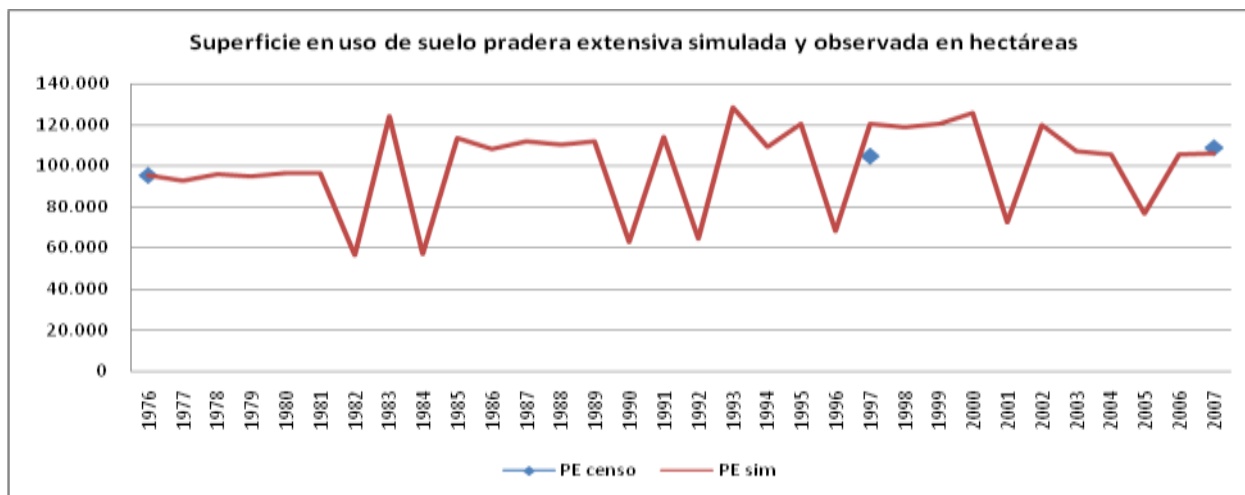
Para el año 2007 existe una coincidencia casi total de la superficie observada y simulada en este uso observándose que la simulación entrega sólo 394 hectáreas menos de lo observado para ese año.

## 2.2 Uso de suelos Praderas extensivas

El modelo de simulación arroja resultados bastante aproximados en este uso de suelo, donde para el año 1997 se observa una mayor superficie simulada (120.074 hectáreas) que la observada según censo del año (104.734 hectáreas).

La diferencia obtenida (15.339 hectáreas) corresponde a un 4% de la superficie total y a un 15% más de lo observado, tal como es posible apreciar en la figura 86. Una situación distinta ocurre para el año 2007, donde la superficie simulada es menor (105.872 hectáreas) a la observada en el censo del año (108.805 hectáreas), donde la diferencia obtenida equivale a un 1% del total de superficie y un 3% menos de lo observado.

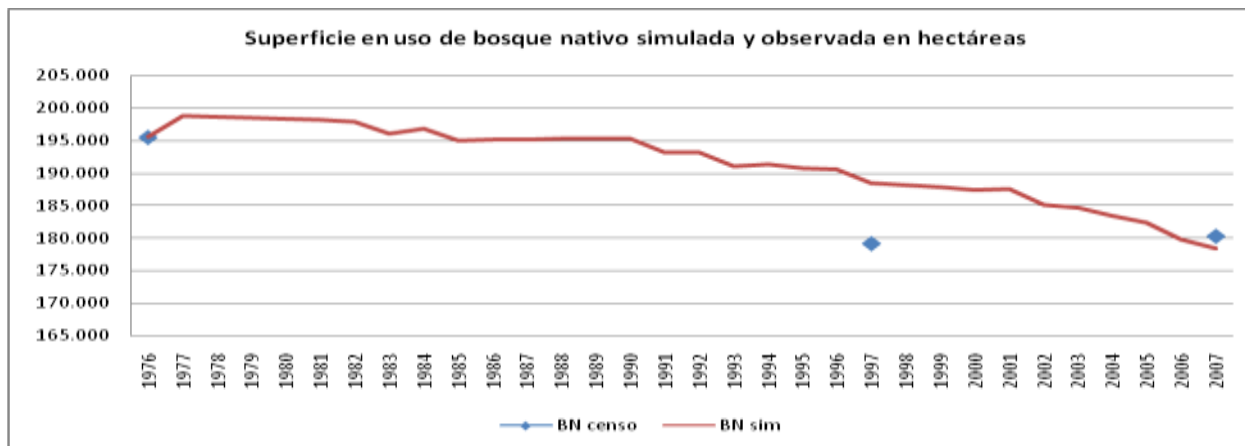
**Figura 84: Superficie en uso de suelo pradera extensiva simulada y observada en hectáreas**



Fuente: en base a censos silvoagropecuarios homologados 1976,1997 y 2007 y resultados de la simulación en software Stella.

### 2.3 Uso de suelos Bosque nativo

**Figura 85: Superficie en uso de suelo bosque nativo simulada y observada en hectáreas**



Fuente: en base a censos silvoagropecuarios homologados 1976,1997 y 2007 y resultados de la simulación en software Stella.

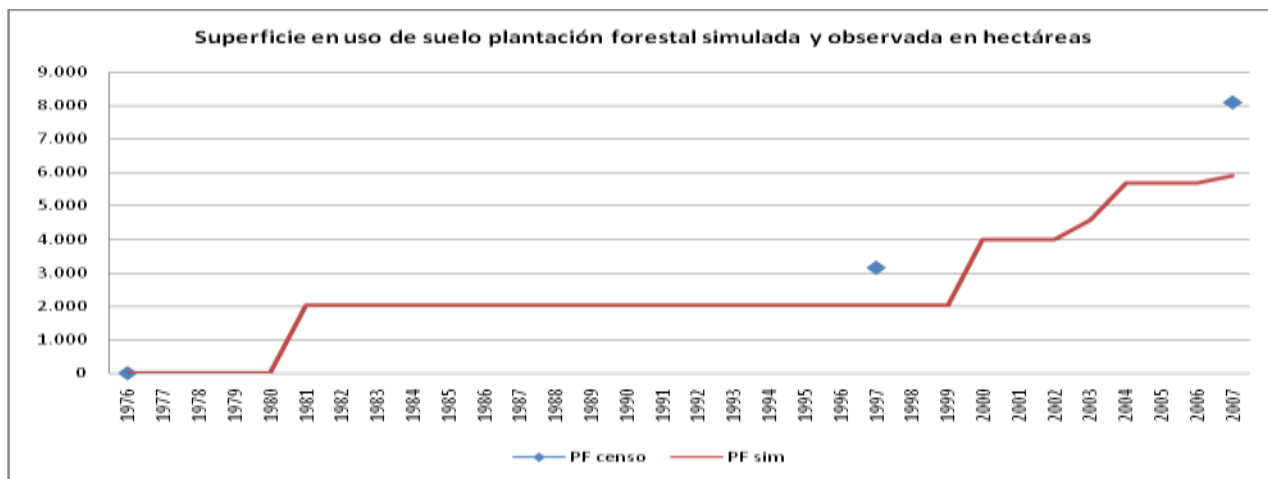
El uso de suelo bosque nativo presenta una mayor discrepancia para el año 1997, donde la superficie simulada es mayor (188.320 hectáreas) que la observada según censo del año respectivo (179.151 hectáreas). La diferencia observada – 9.168 hectáreas- corresponde a un 2% del total de la superficie en estudio y a un 5% más de lo observado para esa superficie en ese año.

Los resultados simulados para 2007, muestran una pequeña diferencia con lo registrado por el censo para ese año, donde la superficie simulada corresponde a 178.357 hectáreas y lo observado a 180.282 hectáreas. Esta diferencia representa un 1% de la superficie observada y menos del 0.5% de la superficie total (Figura 87).

#### 2.4 Uso de suelos Plantación forestal

La figura 88 muestra que la simulación del uso forestal presenta similar tendencia que la observada según datos de los censos silvoagropecuarios, pero con un desfase de 2 años aproximadamente. De acuerdo a la simulación obtenida tanto para el año 1997 como 2007 se obtienen superficies menores que las registradas por los censos respectivos, donde para el año 1997 existe un diferencia de 1.114 hectáreas menos de las observadas y 2.176 hectáreas menos, para el año 2007, tal como se aprecia en la figura 88.

*Figura 86: Superficie en uso de suelo bosque nativo simulada y observada en hectáreas*



Fuente: en base a censos silvoagropecuarios homologados 1976,1997 y 2007 y resultados de la simulación en software Stella.

## 2.5 Uso de suelos Agrícola

Los resultados de la simulación arrojan una menor superficie para el año 1997 que la observada de acuerdo al censo del año (11.216 hectáreas menos). Para el año 2007, se observa una mayor superficie de simulación que la observada según censo del año, siendo esta diferencia de 7.429 hectáreas. Las diferencias en hectáreas observadas en este uso de suelo, equivalen al 3% y al 2% de la superficie total del estudio para los años 1997 y 2007, respectivamente (Figura 89)

*Figura 87: Superficie en uso de suelo agrícola simulado y observado, en hectáreas*



Fuente: en base a censos silvoagropecuarios homologados 1976,1997 y 2007 y resultados de la simulación en software Stella.



## SEPTIMA PARTE. USOS DEL MODELO

---

El uso o aplicación del modelo, se centra en la definición de distintos escenarios, los cuales son ingresados al modelo para simular y obtener distintos resultados posibles de acuerdo a los distintos supuestos definidos para su evaluación.

Los escenarios construidos son tres: el primero, tiene como principal supuesto que en el período de análisis (1976-2007) no existieron instrumentos de política sectorial de fomento productivo. Finalmente, los resultados obtenidos comparados con los resultados del modelo validado, evidencian el efecto de la aplicación de estas políticas públicas.

El segundo escenario, supone que la tendencia del cambio climático observada en el pasado se mantendrá en el futuro al igual que los instrumentos de política aplicados en el pasado. El tercer escenario, corresponde al escenario futuro sin la aplicación de instrumentos de política, pero considerando que la tendencia observada en el cambio climático continúa. De la comparación de ambos escenarios es posible determinar el efecto probable tanto del cambio climático y de los instrumentos de fomento productivo sectorial en la zona de estudio.

### 1. Escenario 1: efecto de los instrumentos de fomento productivo en el pasado reciente (1976-2007)

El primer escenario contempla el análisis del territorio en el período 1976-1997, pero sin instrumentos de política, manteniendo todas las otras variables presentes, de manera de determinar cuales habrían sido las elecciones de los productores si las variables socioeconómicas y biológicas hubieran evolucionado de igual forma, pero no se hubieran implementado los instrumentos de política económica relacionados con el fomento productivo.

#### 1.1 Resultados de la simulación

En la figura 90 se muestra la tendencia simulada sin instrumentos de fomento y la superficie presentada según los distintos censos silvoagropecuarios homologados para el uso

agrícola. En ella, se aprecia que tanto en el año 1997 como en el 2007 la superficie de uso agrícola sin instrumentos de fomento, es menor a la simulada.

**Figura 88: Superficie de suelo agrícola simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios**



Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

En efecto en el cuadro 28, se constata que la simulación arroja resultados inferiores en 11.216 hectáreas para el año 1997 y de 8.421 hectáreas, para el 2007. Las cifras anteriores equivalen a un 73% y un 65% menos de lo realmente existente en este uso en el año 1997 y 2007, respectivamente.

**Cuadro 28: resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Uso suelo agrícola.**

año	Agrícola simulado				Agrícola real		
	Con IF (has)	Sin IF (has)	delta simulaciones		Censo (has)	delta real y sin IF	
			has	%		has	%
1997	4.103	4.103	0	0%	15.319	-11.216	-73%
2007	20.343	4.493	15.851	353%	12.914	-8.421	-65%

Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

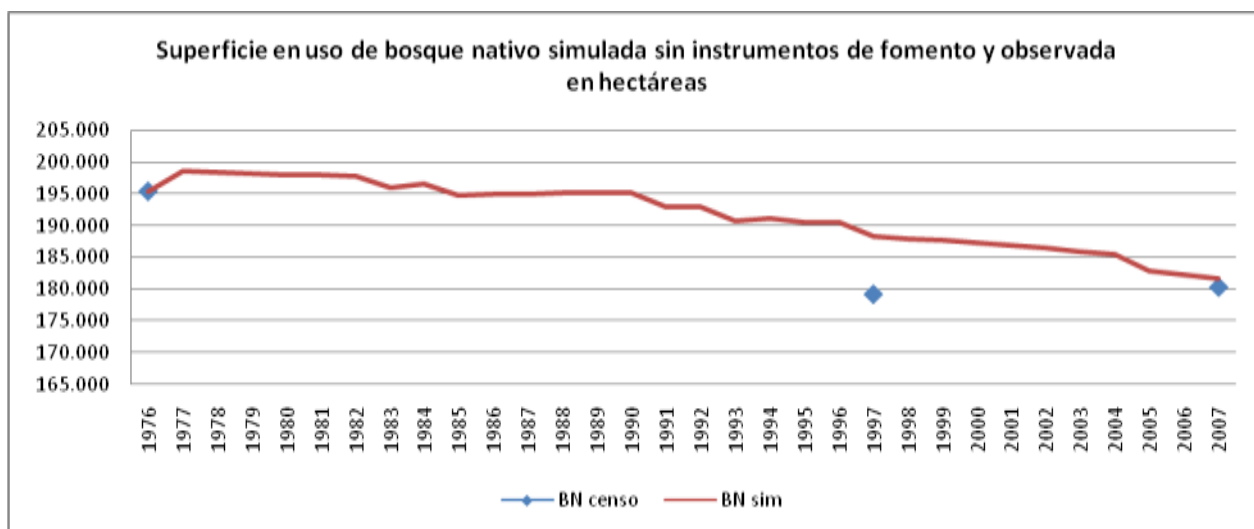
En el mismo cuadro, se compara la simulación del escenario con y sin instrumentos de fomento para el uso de suelo agrícola permitiendo percibir el efecto probable de los instrumentos de fomento. Al año 1997, no se observan diferencias – lo cual es esperable-

debido que la aplicación efectiva de los instrumentos de fomento sectorial comienzan en forma posterior al censo de 1997.

Las diferencias tanto en hectáreas como en porcentaje son mayores para el año 2007, observándose que cuando existen instrumentos de fomento productivo existe una mayor cobertura del uso agrícola (15.851 hectáreas agrícolas más, equivalente a 3,5 veces la superficie en este uso.) que sin la presencia de estos instrumentos.

Si bien es cierto, los porcentajes a primera vista parecen importantes, en un análisis de conjunto, su importancia disminuye toda vez que el suelo agrícola constatado en el censo de 1976, 1997 y 2007 corresponden a un 8%, 4% y 3%; respectivamente del territorio en análisis.

Figura 89: Superficie de suelo en bosque nativo simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios



Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

En cuanto a la evolución de la superficie de bosque nativo se aprecia una tendencia a la disminución de este uso en el período analizado, tanto real como simulada (figura 91), observándose pequeñas diferencias entre el escenario real como simulado (5% y 1% para los años 1997 y 2007 respectivamente). Lo anterior indicaría que la existencia de instrumentos de fomento en el pasado reciente no ha afectado en forma importante la disminución ocurrida en el uso de bosque nativo.

Al realizar un análisis comparativo de los resultados de la simulación para el escenario de tendencias pasadas con y sin instrumentos de fomento, se aprecia nuevamente – y como era de esperar- que no existen diferencias en el año 1997, por las razones anteriormente señaladas al realizar el análisis en el uso de suelo agrícola.

No obstante, en el 2007 se observa que si existen instrumentos de fomento productivo existe menos de bosque nativo (- 2% de su superficie), infiriéndose que la existencia de instrumentos de fomento sectorial en otras actividades que compiten en el uso de suelo, afectan negativamente al bosque nativo (Cuadro 32).

Cuadro 29: resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Bosque nativo.

año	Bosque nativo simulado				Bosque nativo real		
	Con IF (has)	Sin IF (has)	delta simulaciones		Censo (has)	delta real y sin IF	
			has	%		has	%
1997	188.320	188.320	0	0%	179151	9.169	5%
2007	178.357	181.702	-3.345	-2%	180282	1.420	1%

Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

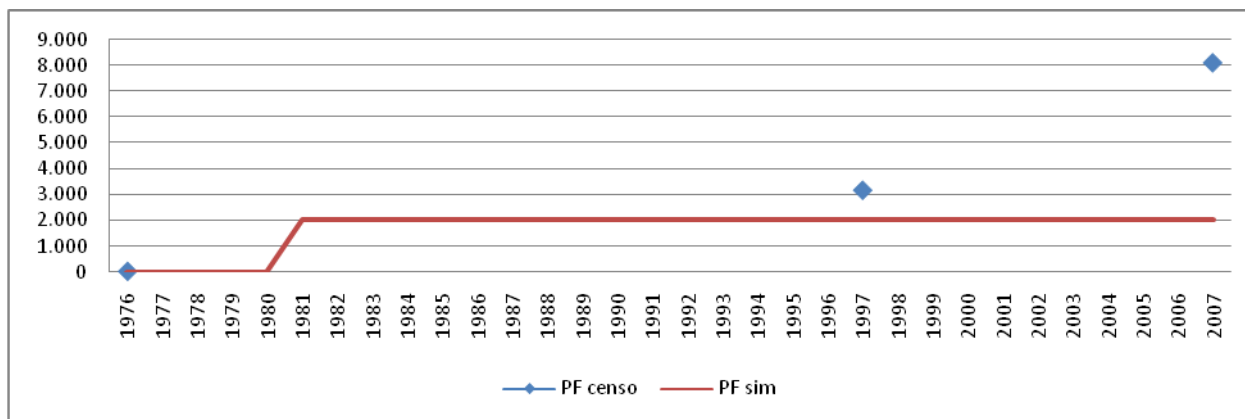
Respecto al uso de suelo en plantaciones forestales, al igual que en los casos anteriores, se advierte una fuerte influencia de instrumentos de fomento en la toma de decisiones sobre el uso dado al recurso suelo. Lo anterior y tal como se aprecia en la figura 92, la superficie plantada forestalmente sería mucho menor a la existente de no mediar estos instrumentos.

Llama la atención la sensibilidad del macromodelo construido donde tanto para el escenario con instrumentos como sin instrumentos de fomento, recoge en buena medida las decisiones de los productores durante la crisis chilena de los años ochenta, donde según lo constatado en entrevistas con productores de la zona<sup>39</sup>, visualizan la transformación hacia plantaciones forestales como una forma de asegurar el futuro en momentos de crisis

<sup>39</sup> Ver registros fotográficos de entrevistas a productores en la zona de estudio en anexos.

económica, toda vez que al transformar el suelo a esta actividad se generan relativamente bajos costos de mantención y un retorno a futuro con baja tasa de descuento (riesgo). Del mismo modo en tiempos de bonanza económica este uso no es el más elegido ya que no genera ingresos anuales.

Figura 90: Superficie de plantación forestal simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios



Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

Cuadro 30: resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Plantación forestal.

año	Plantación forestal simulado				Plantación forestal real			
	Con IF (has)	Sin IF (has)	delta simulaciones		Censo (has)	delta real y sin IF		
			has	%		has	%	
1997	2.034	2.034	0	0%	3.148	-1.114	-35%	
2007	5.914	2.034	3.880	191%	8.090	-6.056	-75%	

Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

Nuevamente al analizar en detalle el Cuadro 30, se observa importantes porcentajes de disminución de este uso sin instrumentos de fomento comparado con la situación censada, así como el resultado de la comparación de los escenarios simulados muestra que la presencia de instrumentos aumentaría este uso en un 191%.

No obstante, hay que recordar que este uso tiene poca presencia en el territorio en estudio (0%, 1% y 2% en los años 1976, 1997 y 2007; respectivamente) por lo que estas cifras

hay que tomarlas con cautela, toda vez que pequeñas disminuciones y/o aumentos en este uso provocan altos cambios al medirlos en unidades porcentuales. Sin embargo, lo relevante es la tendencia y efecto presentado.

La evolución del uso de suelos pradera extensiva sin instrumentos de fomento comparada con la situación de este uso en los distintos censos, presenta una mayor superficie en los puntos (años) de comparación (Figura 93), lo cual es esperable, toda vez que esta actividad no es beneficiaría de incentivos directos para su realización.

**Figura 91: Superficie de suelo pradera extensiva simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios**



Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

Por otro lado, se deduce del Cuadro 31, que los instrumentos de fomento orientados a otras actividades silvoagropecuarias afectan la decisión en la toma de decisiones de productores debido a que se observan diferencias en forma posterior al año 1997.

**Cuadro 31: resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Pradera extensiva.**

año	Pradera extensiva simulado				Pradera extensiva real			
	Con IF (has)	Sin IF (has)	delta simulaciones		Censo (has)	delta real y sin IF		
			has	%		has	%	
1997	120.074	120.074	0	0%	104734	15.340	15%	
2007	105.872	126.568	-20.695	-16%	108805	17.763	16%	

Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

Se observa que, sin la presencia de instrumentos de fomento productivo, la cobertura de este uso de suelo sería mayor a la presentada en los censos respectivos, por lo que se deduce una influencia negativa de los instrumentos de fomento productivo hacia este uso de suelo. En este caso específico, se observa que la existencia de incentivos influyó en que este uso fuera un 16% menor al que podría haber sido sin instrumentos de fomento.

Los resultados observados en el uso de la pradera intensiva muestran que el efecto de los instrumentos de fomento directamente aplicados a esta actividad no se evidencian de gran envergadura, en cuanto a las hectáreas convertidas a este uso de suelo. En efecto, la figura 94 muestra el escenario simulado sin instrumentos de fomento comparado con la superficie censada en el año 1976 -como inicial- 1997 y 2007 apreciándose que las diferencias son relativamente pequeñas.

Figura 92: Superficie de pradera intensiva simulada sin instrumento de fomento versus superficie censos silvoagropecuarios



Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

Por su parte, en el cuadro 32 se muestra que tanto para la comparación de escenarios simulados con y sin instrumentos de fomento; como para la comparación sin instrumentos de fomento con la superficie censada, las diferencias apreciadas son de 0% y - 11%, respectivamente para el año 1997.

Lo anterior indica, por una parte, que hasta el año 1997 no existirían diferencias entre escenarios simulados y por ende, de los efectos de los instrumentos de fomento toda vez éstos comenzaron a aplicarse mayoritariamente en forma posterior a 1997 y por otra, que se ha subestimado la superficie de esta actividad para el año 1997.

Cuadro 32: resultados de escenarios simulados y uso según censos silvoagropecuarios. Pradera intensiva.

año	Pradera intensiva simulado				Pradera intensiva real		
	Con IF (has)	Sin IF (has)	delta simulaciones		Censo (has)	delta real y sin IF	
			has	%		has	%
1997	96.258	96.258	0	0%	108.437	-12.179	-11%
2007	100.302	95.992	4.310	4%	100.696	-4.704	-5%

Fuente: En base a resultados de simulación de Stella y censos silvoagropecuarios.

Finalmente el mismo cuadro 32, muestra que para el año 2007 la comparación de escenarios simulados arroja un efecto positivo de aumento de la superficie en este uso de un 4%, lo cual es reforzado al realizar la comparación del escenario sin instrumentos de fomento con la superficie censada obteniendo un valor muy similar (5%).

## 2. Escenario 2: evolución futura del cambio de uso de suelo bajo efecto del cambio climático e instrumentos de fomento productivo (2007-2024)

Este escenario considera la proyección de variables exógenas de mercado, considerando los precios proyectados de insumos y productos silvoagropecuarios; las relacionadas con el cambio climático, específicamente la magnitud y distribución de la precipitación; las de instrumentos de política, que consideran los incentivos de fomento productivo proyectados; las sociodemográficas: crecimiento y distribución de la población en zonas urbanas y rurales y las variables de stock y parámetros utilizados en el modelo validado.

El detalle de las variables puede ser consultado en anexos y en los capítulos de sistemas humanos y naturales. Las variables de stock y parámetros, se consideraron iguales para el nuevo período y los stocks iniciales utilizados son los stock de usos de suelo: plantación forestal, pradera intensiva, pradera extensiva, bosque nativo y agrícola, considerando las



hectáreas censadas y homologadas como ya ha sido explicado. Del mismo modo se asignó un stock inicial en dinero para el funcionamiento del año 2008 de dos tercios del dinero necesario para financiar la misma cantidad de hectáreas por uso de suelo del año anterior (2007), considerando el costo por hectárea año y actividad, dado por el modelo de simulación de tendencias pasadas.

## 2.1 Resultados de la simulación

El resultado de la simulación del escenario que considera los efectos del cambio climático con la presencia de instrumentos de fomento productivo sectorial se presentan en el cuadro 33.

Cuadro 33: Resultados simulación escenario 2.

Año	Superficies (has)					
	Ag	BN	PF	PI	PE	
Inicial	2007	12.914,00	180.282,00	8.090,00	100.696,00	108.805,00
Final CCcIF	2024	32.218,35	154.404,75	9.626,21	59.169,76	155.367,93
CCcIF(% sobre superficie 2007)	2024	249,48	85,65	118,99	58,76	142,79

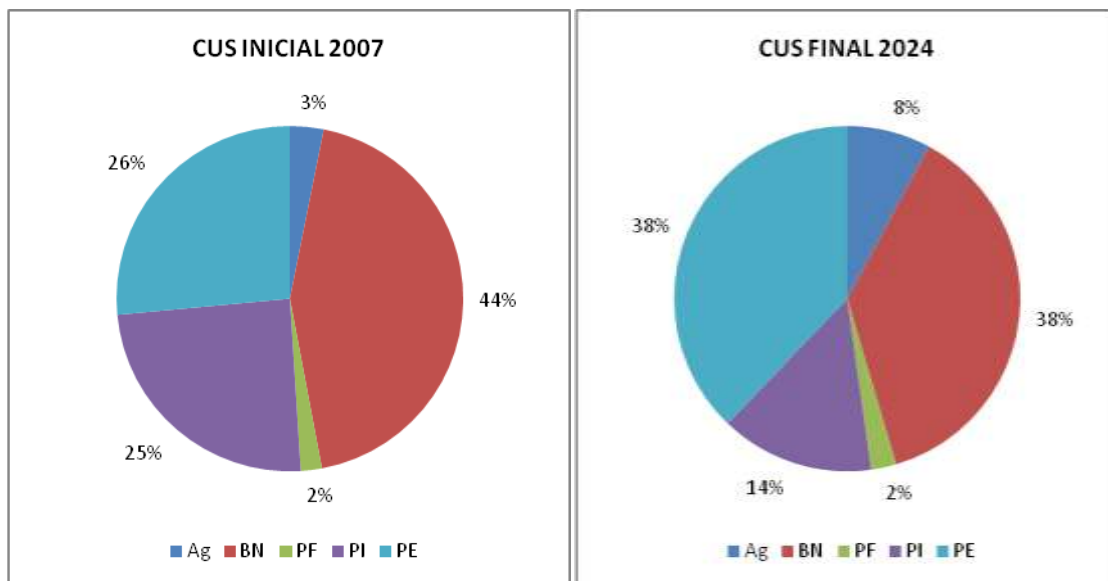
Fuente: elaboración propia en base a resultados Stella

Los resultados globales de la simulación indican que, manteniendo los instrumentos de fomento del pasado reciente, los efectos del cambio climático presionarán el paisaje hacia un claro aumento de actividades agrícolas y forestales, aumentando también la ganadería extensiva. Llama la atención la disminución de la superficie destinada a la ganadería intensiva, actividad en la que se presentan incentivos. Disminuye también la superficie destinada a bosque nativo.

En efecto, la actividad agrícola para el 2024 aumenta 2,5 su superficie en consideración a la presentada en el 2007. Por su parte, las plantaciones forestales crecen en un 19% y la superficie destinada a pradera extensiva, en un 43%. El bosque nativo, por su parte disminuye en un 15% y las praderas intensivas son sólo poco más de la mitad de la superficie destinada a este uso en el 2007.

No obstante lo anterior, al analizar la posición ordinal de cada uso de suelo para los años 2007 y 2024, no se observa grandes diferencias debido a que si bien el uso de suelo bosque nativo disminuyó, sigue siendo el uso más frecuente tanto para el 2007 como para el 2024. En ambos años de evaluación, el segundo uso en importancia es la pradera extensiva, en tercer lugar, la pradera intensiva, luego el uso agrícola y finalmente el forestal (figura 95).

*Figura 93: Cambio de usos de suelo años 2007 y 2024 en %*



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Las diferencias están dadas en la magnitud de esos usos, donde para el 2024 la cantidad de hectáreas de bosque nativo y praderas son similares, existe una disminución del uso intensivo de las praderas, un aumento de la actividad agrícola que no alcanza a las praderas intensivas y un crecimiento menor de la actividad forestal.

### 3 Escenario 3: evolución futura del cambio de uso de suelo bajo efecto del cambio climático sin instrumentos de fomento productivo (2007-2024)

Este escenario contempla que la tendencia del cambio climático continuará según lo observado, pero no existirán instrumentos de fomento productivo sectorial aplicados al territorio. Los parámetros y stock iniciales son los mismos del escenario 2.

### 3.1 Resultados de simulación

Como se observa en el cuadro 36, cuando no existe presencia de los incentivos de fomento productivo, no hay crecimiento de la actividad forestal exótica, la actividad de ganadería intensiva, con el uso de suelos de praderas intensivas, disminuye igual que en el escenario anterior, pero en menor magnitud (5% menos). Por su parte, la superficie de bosque igualmente disminuye, pero menos ya que al 2024 se proyecta un 87,86% de la superficie existente en el 2007.

La mayor disminución comparativa y relativa ocurre en este escenario con la actividad agrícola, ya que sin la presencia de incentivos de fomento productivo esta disminuye a un 40% de la superficie existente en el año 2007. Sólo la actividad de pradera extensiva aumenta su superficie en un 32% (Cuadro 34).

Cuadro 34: Resultados simulación escenario 3.

Año	Ag	BN	PF	PI	PE
Inicial (has)	<b>2007</b> 12.914,00	180.282,00	8.090,00	100.696,00	108.805,00
Final CCsIF	<b>2024</b> 5.268,20	158.393,94	8.090,00	95.546,05	143.488,81
CCsIF(% sobre superficie 2007)	<b>2024</b> 40,79	87,86	100,00	94,89	131,88

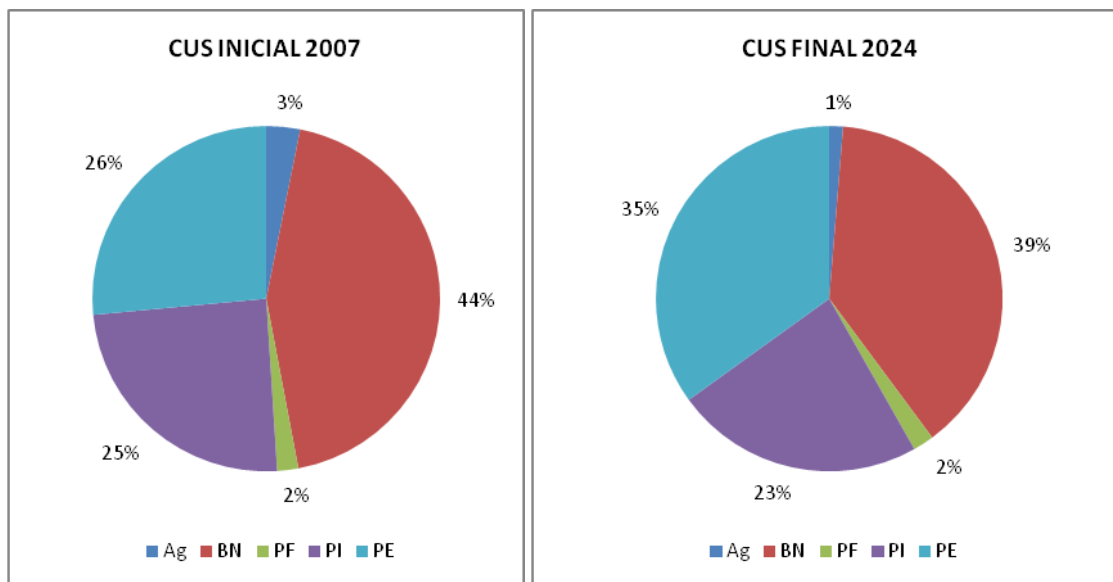
Fuente: elaboración propia en base a resultados Stella

El análisis comparativo de carácter ordinal (figura 96), de la situación inicial (2007) y final (2024) arroja que para ambos momentos el principal uso de suelo es el bosque nativo (44% y 39%, de la superficie total respectivamente). Las praderas extensivas son las segundas en orden de importancia, siendo más relevantes en el 2024 donde representan al 35% de la superficie del territorio, mientras que en el 2007, representan sólo el 26% de dicha superficie.

En tercer orden para ambos años, se encuentran las praderas intensivas, con una pequeña disminución para el 2024 (23% del territorio) en comparación al 2007, donde representaban al 26% de la superficie en estudio. Para el 2024 pierde relevancia la actividad agrícola relegándose al último puesto con sólo un 1% de la superficie, situándose por encima de ella la actividad forestal (2%), tal como se aprecia en la figura 96. Finalmente y como era de

esperarse, sin la presencia de incentivos, la actividad forestal solo mantiene la superficie plantada observada en el 2007, no aumentando este uso de suelo.

**Figura 94: Cambio de usos de suelo años 2007 y 2024 en %.**



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

#### 4 Análisis comparativo de tendencias futuras usos de suelos

##### 4.1 Análisis económico escenarios futuros

Se observa que la aplicación de instrumentos de fomento productivo sectorial provoca un aumento de los ingresos brutos y beneficios per cápita (cuadro 35 y figura 97) de la población de la zona de estudio.

En efecto, en el año 2008 cuando existen instrumentos de fomento sectorial implementados, existe un 5% más de ingresos per cápita en las zonas rurales en estudio. Al considerar los beneficios per cápita, esta diferencia a un 11% de aumento en relación al resultado obtenido para el mismo año, sin instrumentos de fomento. Para el año 2024, se observa que independientemente de la aplicación o no de instrumentos de fomento tanto los

ingresos como beneficio per cápita aumentan, pero este aumento es más significativo en la situación con instrumentos de fomento.

Cuadro 35: Ingresos y beneficios per cápita comparados en escenario con y sin instrumentos de fomento productivo sectorial

item	sin instrumentos de fomento		con instrumentos de fomento	
	ingresos brutos per cápita	beneficios per cápita	ingresos brutos per cápita	beneficios per cápita
2008	3.455,98	1.438,26	3.613,43	1.595,71
	100%	100%	105%	111%
2024	6.241,98	3.817,44	9.484,76	6.955,29
	100%	100%	152%	182%
neto	2.067,68	1.939,87	4.779,83	4.559,17
	100%	100%	231%	235%

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

En el cuadro 37, la línea “neto”; presenta cuales serían los ingresos y beneficios aislando el efecto de disminución de la población en la zona en estudio<sup>40</sup> considerando como situación base el resultado del año 2008. Por tanto, estos ingresos y beneficios “netos” son el resultado de crecimiento en cada uno de los escenarios en el período de tiempo 2008 al 2024.

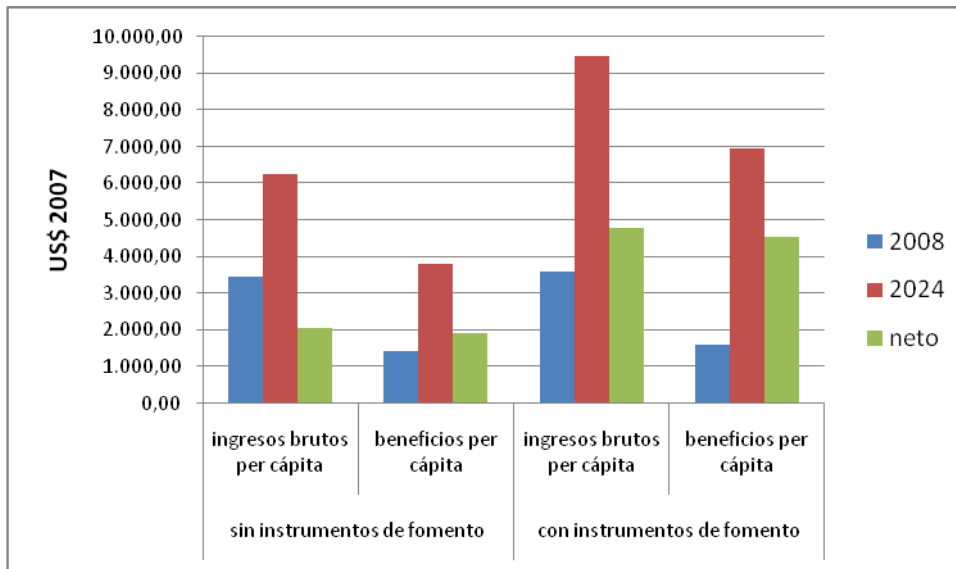
La aplicación de los instrumentos de fomento productivo, se materializa en un aumento neto de US\$ 2.712,15 y un aumento en el beneficio en US\$ es de 2.619,31. Estos resultados equivalen a un 75% de los ingresos brutos per cápita y a 1,64 veces más beneficio de lo percibido en el 2008.

De éstos resultados se puede inferir un manejo más intensivo y eficiente de los recursos productivos, razón por la cual se analizará cada una de las actividades productivas.

---

<sup>40</sup> Ver análisis de la situación sociodemográfica de Chile y la zona en estudio en el capítulo de Sistemas humanos.

Figura 95: Ingresos y beneficios per cápita comparados en escenario con y sin instrumentos de fomento productivo sectorial



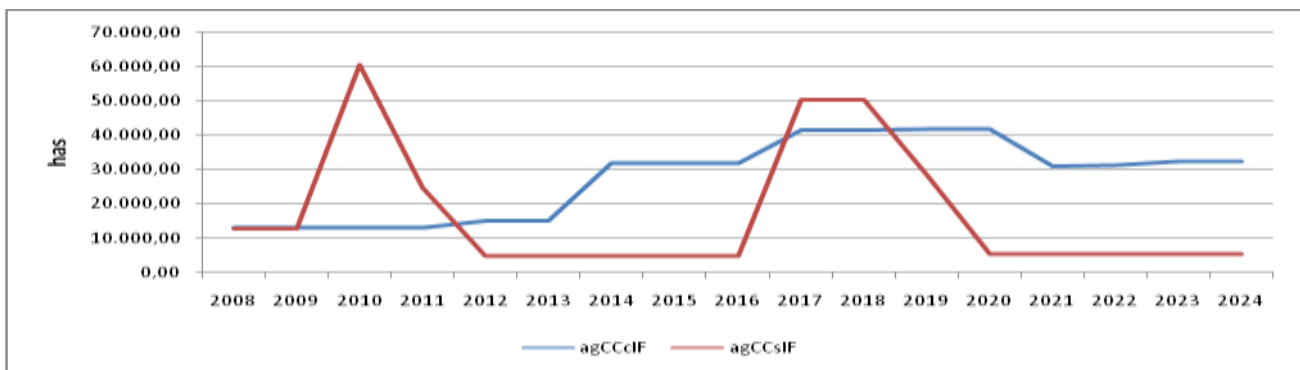
Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

## 4.2 Análisis por uso de suelo

### 4.2.1 Uso de suelo agrícola

La figura 98, muestra la superficie destinada al uso del suelo agrícola bajo el escenario con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo.

Figura 96: Tendencias uso del suelo agrícola con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo.



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

En ambos escenarios se aprecia la tendencia cíclica de siembra de papas comentada anteriormente, donde en presencia de los instrumentos, los cambios son menos abruptos y presentan un ciclo aparentemente más largo y desfasado que sin ellos. En efecto, al considerar la serie proyectada con instrumentos de fomento (agCCcIF) se observa una menor desviación estándar en la superficie sembrada que en la tendencia sin instrumentos de fomento (agCCsIF), así como una mayor superficie sembrada en promedio, tal como se aprecia en el cuadro 36.

Cuadro 36: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de siembra agrícola simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.

Superficie agrícola (has)	Con influencia del cambio climático y con instrumentos de fomento productivo (agCCcIF)	Con influencia del cambio climático y sin instrumentos de fomento productivo (agCCsIF)
Promedio	27.628,27	17.084,96
Desviación estándar	11.399,76	18.959,05
Máxima sembrada	41.776,61	60.503,56
Mínima sembrada	12.914,00	4.839,10

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Se aprecia que los resultados de la simulación para los dos escenarios son muy distintos, ya que para agCCcIF se obtiene una superficie en este uso de casi 2,5 veces mayor a la presentada en el 2007, mientras que en el escenario sin instrumentos de fomento, este uso corresponde a prácticamente el 41% de lo existente en el año 2007, donde lo sembrado prácticamente corresponde a la superficie destinada al autoconsumo de la población rural local. Así la aplicación de instrumentos de fomento a la actividad agrícola provoca un efecto de un aumento de la actividad, medido en hectáreas, de 26.950,15 has equivalente a un 511,56% más de su no aplicación.

La primera gran diferencia observada en las tendencias del uso de suelo agrícola ocurre a partir del 2012 al 2016, donde en el escenario sin instrumentos de fomento, la superficie sembrada se encuentra en su límite inferior; mientras que en el escenario con instrumentos, la superficie sembrada muestra una tendencia ascendente (figura 98).

Lo anterior se explica por un flujo de intercambio positivo hacia la actividad agrícola (año 4 en cuadro 37) producto de la habilitación de suelos desde pradera extensiva (habilitación agrícola) como se aprecia en el cuadro flujos de intercambio de uso de suelos.

**Cuadro 37: Flujos de intercambio de uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático y con instrumentos de fomento.**

final año	Degradación bosque nativo	Reclutamiento	Habilitación agrícola	Habilitación forestal	Intensificación ganadera	Desintensificación ganadera	Agrícola	Ganadera
1	1.593,76	4.352,20	0,00	0,00	28.942,60	50.348,00	0,00	0,00
2	5.928,55	5.098,08	0,00	0,00	47.589,56	39.645,30	0,00	0,00
3	6.015,74	4.813,53	0,00	0,00	39.626,17	43.617,43	0,00	0,00
4	6.105,45	5.021,27	2.136,39	112,44	41.709,42	41.621,80	0,00	0,00
5	6.197,85	4.971,18	0,00	0,00	41.832,78	41.665,61	0,00	0,00
6	6.292,95	5.013,56	16.636,85	875,62	24.500,70	35.958,91	0,00	0,00
7	6.390,89	4.822,56	0,00	0,00	36.347,41	0,00	0,00	0,00
8	6.491,67	3.431,40	0,00	0,00	671,53	54.193,79	0,00	0,00
9	6.595,46	5.694,70	9.768,20	514,12	46.063,16	0,00	0,00	0,00
10	6.702,36	3.476,91	0,00	0,00	0,00	50.464,24	0,00	0,00
11	6.812,47	5.624,50	321,17	16,90	52.405,69	0,00	0,00	0,00
12	6.925,84	3.562,27	0,00	0,00	249,87	51.434,96	0,00	0,00
13	7.042,58	5.744,21	0,00	0,00	53.848,64	0,00	25.493,41	36.452,06
14	7.162,89	3.642,20	325,44	17,13	0,00	58.246,06	0,00	0,00
15	7.286,80	6.099,17	0,00	0,00	60.799,15	0,00	26.779,70	25.704,75
16	7.414,41	3.714,71	0,00	0,00	184,63	58.985,13	0,00	0,00

Fuente: en base a simulación en Stella.

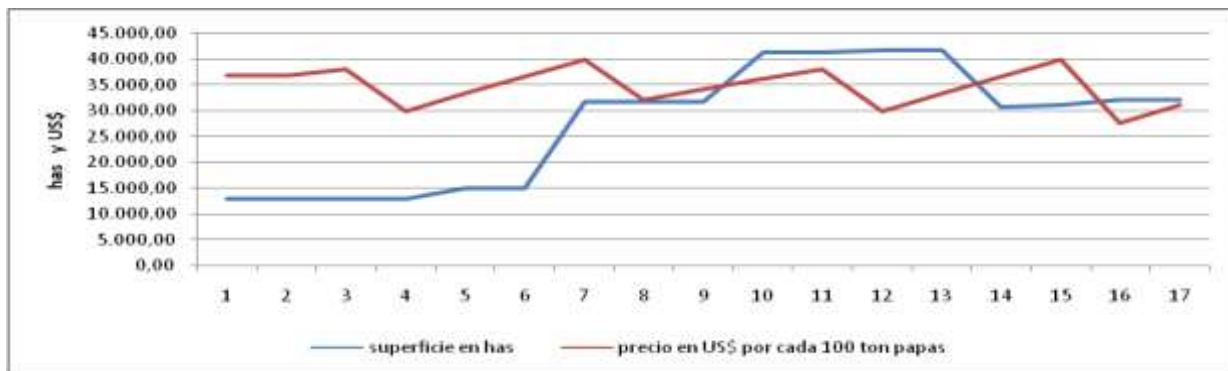
En la figura 97, se observa que luego de buenos precios de la papa se aumentan la superficie de este cultivo, como era de esperarse (años 4 y 5); pero esto no ocurre en todos los ciclos (años 14 y 15) donde se observa que luego de un alza de precios ocurre una disminución en la superficie agrícola.

El mantenimiento de la superficie agrícola en el escenario sin instrumentos de fomento durante los años 2012 a 2016 y luego en los años 2020 al 2024, obedece a que existe una relación beneficio costo menor a los otros usos de suelo que compiten por este recurso, he incluso esta relación en este escenario se hace negativa, no obstante, se mantiene un mínimo en esta actividad destinado a la producción de autoconsumo. Coincidentemente con lo anterior,



los años en que se observa una mayor superficie sembrada en esta actividad se observan mayores relaciones beneficio costo.

**Figura 97: Precio a productor y superficie agrícola con efecto de cambio climático e instrumentos de fomento productivo sectorial.**



Fuente: en base a simulación en Stella.

**Cuadro 38: Aumentos y disminuciones netas por uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático e instrumentos de fomento.**

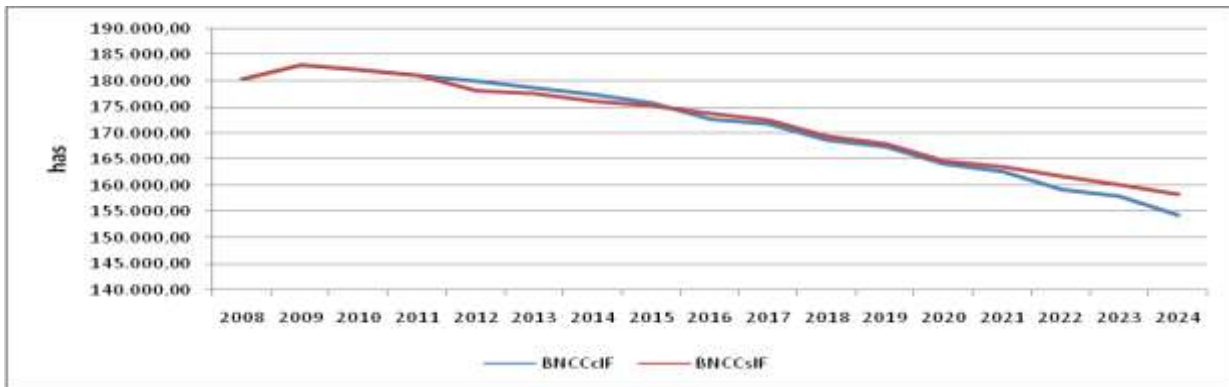
final año	delta bosque nativo	delta agrícola	delta prad.intensiva	delta prad.extensiva	delta plant.forestal
1	2.758,44	0	-21.405,40	18.646,96	0,00
2	-830,47	0	7.944,26	-7.113,79	0,00
3	-1.202,21	0	-3.991,26	5.193,47	0,00
4	-1.084,18	2136,39	87,62	-1.252,27	112,44
5	-1.226,67	0	167,17	1.059,50	0,00
6	-1.279,39	16636,85	-11.458,21	-4.774,87	875,62
7	-1.568,33	0	36.347,41	-34.779,08	0,00
8	-3.060,27	0	-53.522,26	56.582,53	0,00
9	-900,76	9768,2	46.063,16	-55.444,72	514,12
10	-3.225,45	0	-50.464,24	53.689,69	0,00
11	-1.187,97	321,17	52.405,69	-51.555,79	16,90
12	-3.363,57	0	-51.185,09	54.548,66	0,00
13	-1.298,37	-10958,65	64.807,29	-52.550,27	0,00
14	-3.520,69	325,44	-58.246,06	61.424,18	17,13
15	-1.187,63	1074,95	59.724,20	-59.611,52	0,00
16	-3.699,70	0	-58.800,50	62.500,20	0,00

Fuente: en base a simulación en Stella.

#### 4.2.2 Uso de suelo bosque nativo

La tendencia observada para ambos escenarios es una disminución de la superficie de bosque nativo (figura 98), donde la disminución es levemente mayor en el escenario que cuenta con instrumentos de fomento (BNCCcIF). En efecto, para el 2024 se proyecta una superficie equivalente al 85.65% de la superficie existente en el 2007 y para el escenario sin instrumentos de fomento, la superficie al final de la simulación (BNCCsIF) es un 87.86% de la superficie existente en el año 2007.

Figura 98: Tendencias uso del suelo bosque nativo con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo



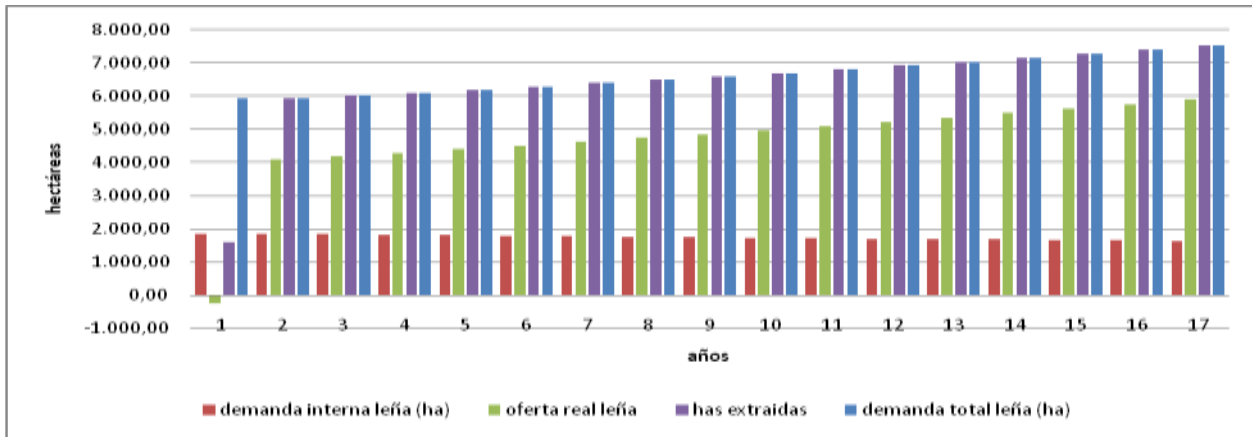
Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

La figura 98, muestra la tendencia que presenta este uso de suelo en ambos escenarios. Se observa que en los dos, existe un aumento de la superficie para posteriormente descender la cobertura de este uso. Esta alza en la superficie esta dada por una menor extracción de bosque nativo en ambos escenarios en el año respectivo donde esta extracción incluso no alcanza a suplir la demanda por leña como recurso energético para la población local rural, posteriormente la degradación del bosque nativo esta delimitada para suplir a cabalidad la demanda por este recurso tanto rural como urbana (figura 98 y 99).

Las diferencias en superficie de bosque nativo en ambos escenarios están influenciadas por la superficie existente de pradera extensiva, donde en los años que existe una mayor superficie en este uso existe una mayor transferencia al uso de bosque nativo debido al efecto

de reclutamiento natural desde pradera extensiva al uso de bosque nativo. Lo anterior puede constatarse en los cuadros: 36 y 37 y los cuadros homólogos en el escenario sin instrumentos de fomento (cuadro 38 y cuadro 39).

**Figura 99: Extracción de leña efectuada y demandas de leña en hectáreas**



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

**Cuadro 39: Aumentos y disminuciones netas por uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático sin instrumentos de fomento.**

año	delta bosque nativo	delta agrícola	delta prad.intensiva	delta prad.extensiva	delta plant.forestal
1	2.758,44	0	-21.405,40	18.646,96	0
2	-830,47	47589,56	-39.645,30	-7.113,79	0
3	-1.202,21	-35892,91	75.519,08	-38.423,96	0
4	-2.828,88	-19771,55	-37.469,82	60.070,25	0
5	-518,47	0	20.690,59	-20.172,12	0
6	-1.420,46	0	-10.705,92	12.126,38	0
7	-1.033,34	0	5.882,52	-4.849,18	0
8	-1.328,09	0	-2.804,72	4.132,81	0
9	-1.266,57	45378,51	1.821,85	-45.933,79	0
10	-3.210,82	0	-45.943,27	49.154,09	0
11	-1.354,76	-21687,26	70.261,22	-47.219,20	0
12	-3.356,90	-23262,15	-34.769,60	61.388,65	0
13	-1.018,10	0	19.791,80	-18.773,70	0
14	-1.889,35	0	-9.833,60	11.722,95	0
15	-1.544,35	0	5.838,56	-4.294,21	0
16	-1.843,72	0	-2.377,93	4.221,65	0

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Coincidentemente con la tendencia gráfica observada en la figura 98, el cuadro 40, presenta los valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de ambos escenarios simulados confirmando que sin instrumentos de fomento productivo agrícola ganadero y forestal, el bosque nativo tendría una leve mayor presencia (aproximadamente un 2% más) al año 2024.

Cuadro 40: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de bosque nativo simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024 (has).

Superficie bosque nativo (has)	Con influencia del cambio climático y con instrumentos de fomento productivo (BNCCcIF)	Con influencia del cambio climático y sin instrumentos de fomento productivo (BNCCsIF)
Promedio	171.645,11	172.149,32
Desviación estándar	9.248,59	8.104,59
Máxima cobertura	183.040,44	183.040,44
Mínima cobertura	154.404,75	158.393,94

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

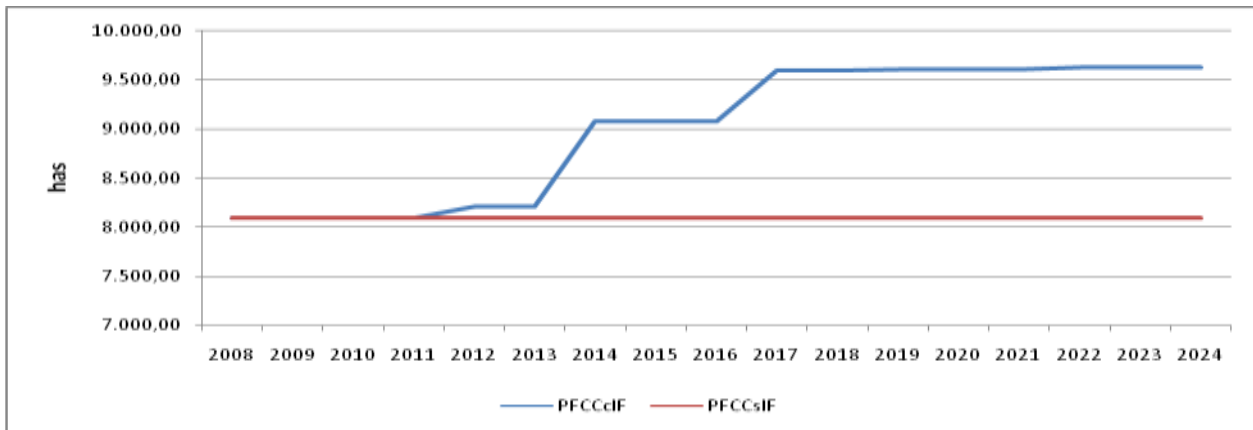
#### 4.2.3 Uso de suelo plantación forestal

La figura 100, muestra claramente el efecto positivo del incentivo al fomento forestal, ya que en presencia de éste y los demás incentivos, claramente los tomadores de decisiones optan por establecer plantaciones forestales a partir del año 2011. En el período considerado, claramente se muestra que la presencia de estos incentivos hacia la actividad provoca un aumento de un 19% al año 2024 en comparación a la superficie observada en el año 2007. Por su parte, cuando no existe este incentivo la superficie plantada se mantendría igual a la presentada en el 2008 (cuadro 41).

Las decisiones de implementar esta actividad se toman en el año 2011, 2013, 2016 y 2018, implementándose al año siguiente de acuerdo a lo observado en el cuadro flujo de intercambios con efecto del cambio climático con instrumentos de fomento (cuadro 42), donde a pesar de que el uso de pradera extensiva es alimentado por 6.105 hectáreas, sólo 112.44

hectáreas que serán plantadas forestalmente y el resto (2.136,39 hectáreas) serán habilitadas agrícolamente.

**Figura 100: Tendencias uso del suelo plantación forestal con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo**



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

**Cuadro 41: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de plantación forestal simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.**

Superficie plantación forestal (has)	Con influencia del cambio climático y con instrumentos de fomento productivo (PFCCcIF)	Con influencia del cambio climático y sin instrumentos de fomento productivo (PFCCsIF)
Promedio	8.993,49	8.090,00
Desviación estándar	688,88	0,00
Máxima plantada	9.626,21	8.090,00
Mínima plantada	8.090,00	8.090,00

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Una situación similar ocurre en los años 2013 y 2016 momento en que se toma las decisiones para su implementación en el año siguiente: 2014 y 2017, respectivamente. En estos años existe un flujo de intercambio neto negativo para la pradera extensiva (cuadro 39), en cambio, en el año 2018, el uso de suelo que provee secundariamente a esta actividad forestal es la pradera intensiva implementándose nuevas plantaciones forestales desde praderas extensivas e intensivas en el año 2019; existiendo, por lo tanto, un flujo de intercambio neto positivo del uso praderas extensivas en dicho año.

Cuadro 42: Flujos de intercambio de uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático sin instrumentos de fomento.

Intercambio de flujos de uso de suelo en hectáreas con efecto de cambio climático sin instrumentos de fomento								
final de año	Degradación bosque nativo	Reclutamiento	Habilitación agrícola	Habilitación forestal	Intensificación ganadera	Desintensificación ganadera	Agrícola	Ganadera
1	1.593,76	4.352,20	0	0	28.942,60	50.348,00	0	0
2	5.928,55	5.098,08	47.589,56	0	0	39.645,30	0	0
3	6.015,74	4.813,53	0	0	39.626,17	0	19.822,65	55.715,56
4	6.105,45	3.276,57	0	0	340,82	57.582,19	0	19.771,55
5	6.197,85	5.679,38	0	0	59.537,87	38.847,28	0	0
6	6.292,95	4.872,49	0	0	38.486,65	49.192,57	0	0
7	6.390,89	5.357,55	0	0	49.722,13	43.839,61	0	0
8	6.491,67	5.163,58	0	0	43.976,15	46.780,87	0	0
9	6.595,46	5.328,89	0	0	47.200,36	0	45.378,51	0
10	6.702,36	3.491,54	0	0	346,17	46.289,44	0	0
11	6.812,47	5.457,71	0	0	48.573,96	0	23.317,80	45.005,06
12	6.925,84	3.568,94	0	0	416,66	58.448,41	0	23.262,15
13	7.042,58	6.024,48	0	0	60.855,41	41.063,61	0	0
14	7.162,89	5.273,54	0	0	41.125,91	50.959,51	0	0
15	7.286,80	5.742,45	0	0	51.881,27	46.042,71	0	0
16	7.414,41	5.570,69	0	0	46.584,06	48.961,99	0	0

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

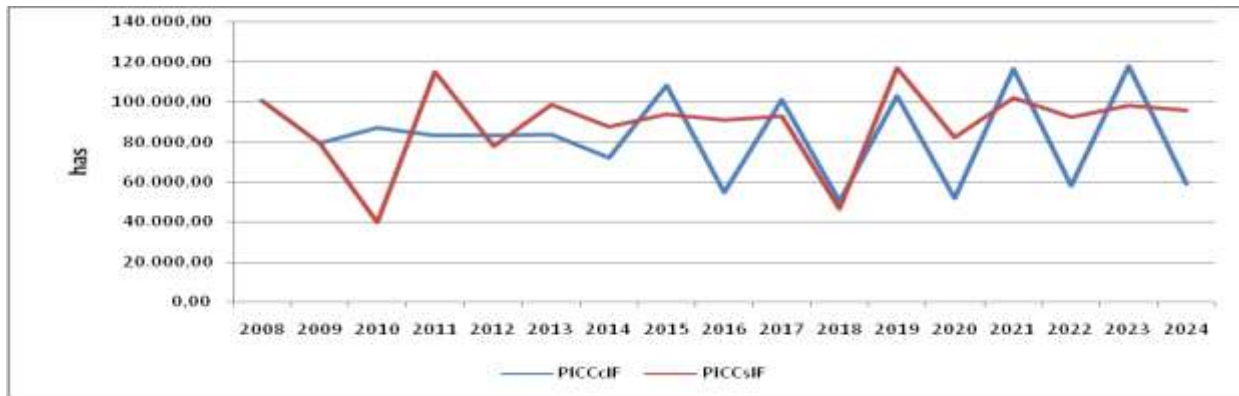
#### 4.2.4 Uso de suelo pradera intensiva

La figura 101 muestra las tendencias de este uso de suelo con influencia del cambio climático con y sin instrumentos de fomento productivo. Al respecto, la pradera intensiva sin instrumentos de fomento, muestra dos ciclos claros. El primero desde 2008 al 2017, y el segundo, desde el 2018 en adelante.

Estos ciclos presentan una gran caída de la superficie en hectáreas para luego tener una gran alza llegando al pico de la superficie destinada a este uso el año 2011. Posteriormente durante el ciclo existen menores oscilaciones, estabilizándose la superficie en este uso en el orden de las 90.000 hectáreas en el primer ciclo y en el segundo, en las 100.000 hectáreas.

En el escenario con instrumentos de fomento, la situación es distinta, ya que se observa una superficie más o menos estable destinada a este uso (alrededor de las 80.000 hectáreas) los primeros cinco años. A contar del 2014 las decisiones de los productores son oscilantes en cada año con pisos mínimos cercanos a las 60.000 hectáreas y máximos cercanos a las 120.000 hectáreas.

*Figura 101: Tendencias uso del suelo pradera intensiva con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo*



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Al momento de finalizar el escenario de simulación, este uso de suelo, se encuentra en el período del piso mínimo, equivalente a un 58,76% de lo existente en este uso en el año 2007 y un 38,07% menos que sin instrumentos de fomento, 36.376,29 hectáreas menos en comparación al resultado sin instrumentos de fomento.

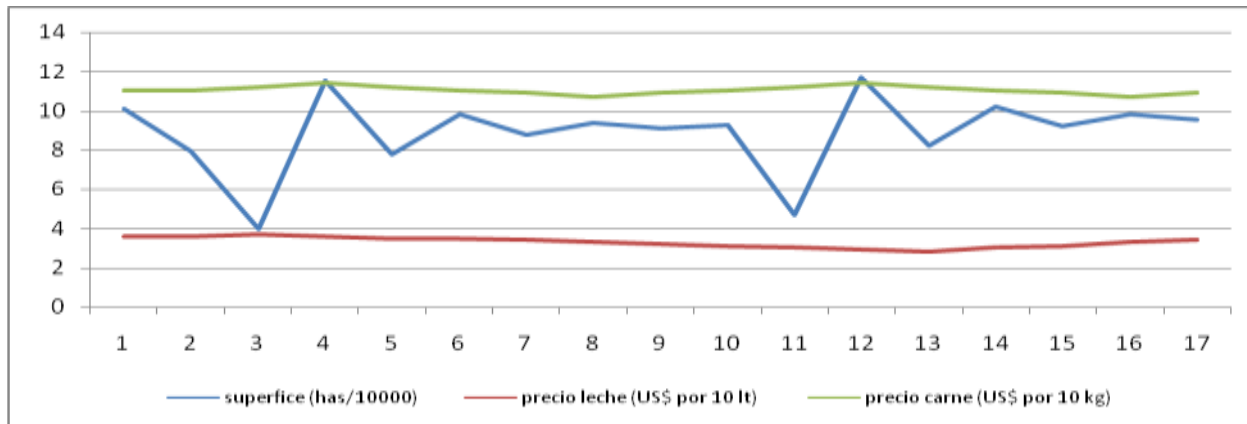
*Cuadro 43: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de pradera intensiva simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.*

Superficie pradera intensiva (has)	Con influencia del cambio climático con instrumentos de fomento productivo (PICCcIF)	Con influencia del cambio climático sin instrumentos de fomento productivo (PICCsIF)
Promedio	82.965,50	88.740,41
Desviación estándar	22.613,86	20.192,58
Máxima cobertura	117.970,26	116.896,82
Mínima cobertura	50.464,24	39.645,30

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Este comportamiento cíclico, del escenario PICCcif (con instrumentos de fomento), es evidenciado en la mayor desviación estándar presentada comparada con la tendencia sin instrumentos de fomento (PICCsIF). Coincidente con lo anterior, su trayectoria presenta la menor superficie destinada a este uso (año 2010) así como la mayor (2023) y una menor superficie promedio en ambas simulaciones (Cuadro 43).

Figura 102: Escenario sin instrumentos de fomento. Superficie de pradera intensiva, precio de la leche y carne a productor



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

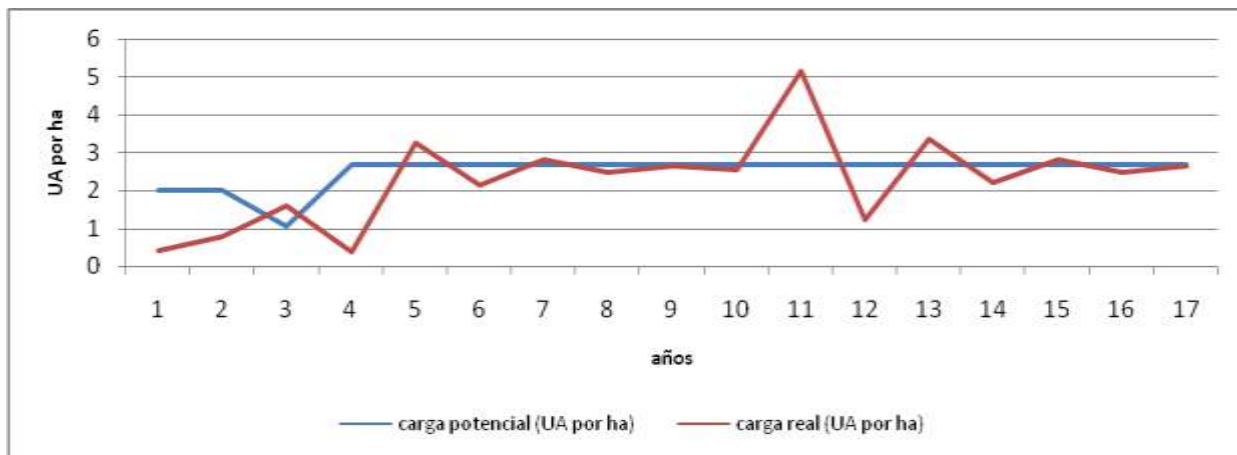
En el escenario sin instrumentos de fomento, puede apreciarse que la tendencia de precios de la leche y carne bovina pueden tener influencia en las decisiones de los productores en la determinación del uso dado al suelo debido a que siguen trayectorias similares (figura 102), observándose dos claras excepciones en los años 3 y 11 (2010 y 2018).

Al analizar técnicamente (figura 103) que ocurre en esos años, se observa que en el año 2010 ocurre un desbalance entre la capacidad sustentadora de la pradera y los animales efectivamente tenidos en ellas, provocando un rápido desalojo de animales en feria generando ingresos por venta de animales que permiten aumentar la inversión en tecnología al año siguiente, en este caso aumentando la fertilización de la pradera existente y aumentando su superficie en los dos años siguientes (ver flujos de intercambio entre usos de suelos, cuadro 39).



Lo anterior permite tener una oferta de forraje disponible por hectárea superior a los años precedentes, oferta que se estabiliza técnicamente en las 2,6 unidades animales por hectárea. Debido a que la reposición de la masa ganadera deseada en el año anterior es más lenta<sup>41</sup>, el año 2011 presenta un nuevo desbalance, ahora de menor aprovechamiento que el potencial, hasta lograr un equilibrio entre la oferta y demanda de forraje.

Figura 103: Escenario sin instrumentos de fomento. Carga potencial y real en unidades animales por hectárea.



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

En el año 11 (2018) ocurre un nuevo desbalance por un flujo de intercambio desde pradera intensiva hacia la actividad agrícola (ver flujos de intercambio, cuadro 39) aumentando la superficie de este uso de suelo en desmedro de la actividad ganadera intensiva provocando un nuevo desbalance entre los animales existentes y la capacidad sustentadora de la pradera, generando un nuevo desalojo de animales para iniciar un nuevo ciclo de estabilización posterior.

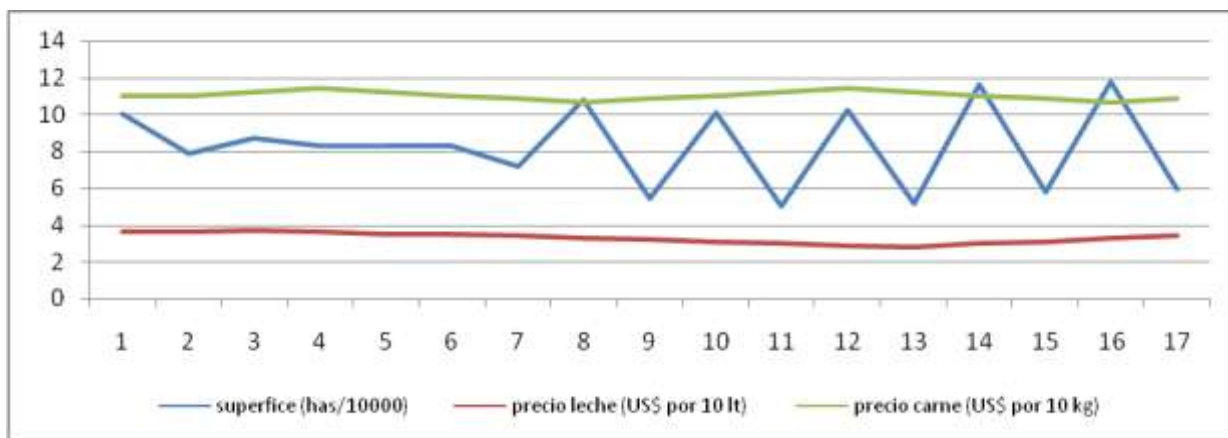
Al efectuar un análisis homólogo al anterior, en el escenario con instrumentos de fomento, se observa que al parecer las decisiones de cuanto superficie destinar a este uso no

<sup>41</sup> Si bien es cierto se puede adquirir nuevas cabezas de ganado, estas son compradas en calidad de terneros, terneras y/o vaquillas para encaste, son animales jóvenes con menor peso en unidades animales que un animal adulto.

se ven influenciadas por el efecto de los precios pagados a productor, debido a que no siguen trayectorias similares como puede apreciarse en la figura 104.

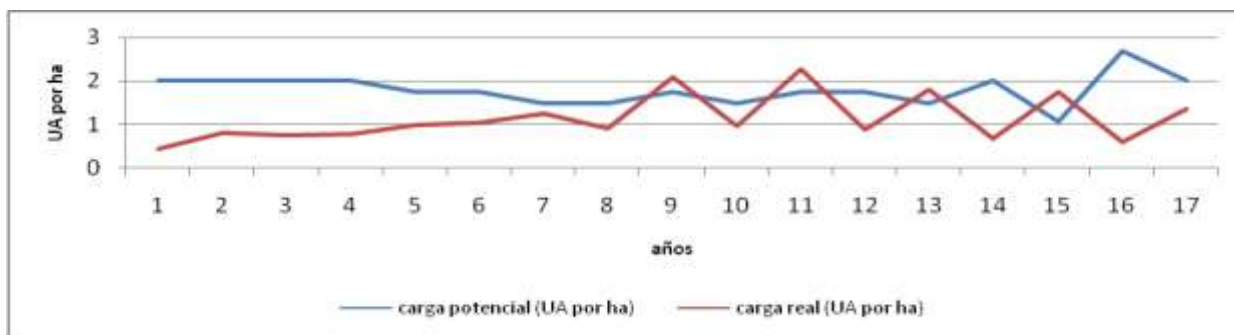
En cuanto al análisis técnico se observa que es más difícil lograr una producción óptima (figura 105). Lo anterior, debido a que existen períodos de desaprovechamiento de la capacidad de la pradera (años 1 al 8) donde existen menos animales que los potenciales para posteriormente seguir con años de sobrecarga animal para luego subutilización del recurso de la pradera, sin lograr estabilizarse técnicamente en ningún año.

**Figura 104: Escenario con instrumentos de fomento. Superficie de pradera intensiva, precio de la leche y carne a productor**



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

**Figura 105: Escenario sin instrumentos de fomento. Carga potencial y real en unidades animales por hectárea.**



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Adentrándose sobre posibles respuestas de cuales son las motivaciones que provocan estas decisiones que, por la evidencia no siguen la tendencia de los precios de los productos ganaderos ni tampoco la lógica técnica de estabilización en base a la capacidad de carga, se observa que la decisión sobre la superficie destinada a este uso de suelo sigue la tendencia de la relación de beneficio costo en este escenario (figura 106).

Figura 106: Escenario sin instrumentos de fomento. Tendencias de relación beneficio costo con rezago de un año versus superficie en el uso de suelo pradera intensiva.



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Lo anterior, ya que se recibe un incentivo (subsidio) que provoca un efecto de aumento en el ingreso, donde manteniendo los costos, provoca un aumento en el beneficio percibido por el productor generando una mayor relación de beneficio costo.

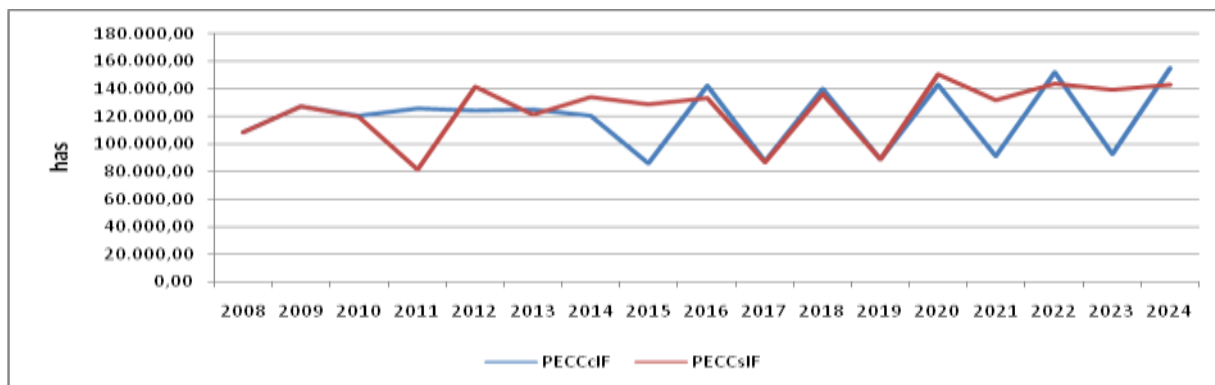
Cabe señalar que esta relación influye directamente la decisión tomada al año siguiente. La tendencia de la relación de beneficio costo ajustada al año siguiente comparada con la tendencia de la superficie destinada a este uso son presentada en la figura 106.

#### 4.2.5 Uso de suelo pradera extensiva

Las tendencias simuladas de este uso de suelo con (PECCcIF) y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo (PECCsIF), se presentan en la figura 107

Si bien este uso de suelo no es sujeto de incentivos productivos propiamente tales, igualmente es influenciado por la existencia de incentivos en otras actividades que compiten por el mismo recurso suelo, lo cual es comprobable al observar que en los escenarios señalados poseen distinta trayectoria a excepción de los años 2016 al 2020, en que son muy similares.

Figura 107: Tendencias uso del suelo pradera extensiva con influencia del cambio climático con y sin la presencia de instrumentos de fomento productivo



Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

La primera diferencia entre ambos escenarios ocurre en el 2011, donde se observa una caída en la superficie destinada a este uso en el escenario sin instrumentos de fomento y un leve aumento en la situación con instrumento de fomento. En el primer caso, la diferencia se explica porque existe una disminución neta en este uso de 38.424 hectáreas en ese año en el escenario sin instrumentos de fomento, ya que superficies que estaban en este uso son derivadas a la actividad agrícola y ganadera intensiva. En el segundo caso, existe una ganancia neta de 5193.47 hectáreas producto de la desintensificación ganadera (ver cuadro 39).

En el escenario sin instrumentos de fomento la disminución de la superficie en este uso de suelo en el año 2015, responde al cambio de uso de suelos hacia la actividad agrícola con un flujo de más de 45.000 hectáreas y con casi 50.000 hectáreas transformadas hacia la intensificación ganadera. A partir del 2020 en adelante, en el escenario sin instrumentos de fomento se observa una cierta tendencia de estabilización, no obstante esta pudiera obedecer a una probable ciclicidad más larga que el período simulado. Lo anterior, debido a la similitud de tendencia entre los períodos 2011 al 2016 y 2019 al 2024.

En el escenario con instrumentos de fomento, la caída en la superficie de pradera extensiva en el año 2015 responde básicamente al flujo desde este uso hacia el establecimiento de plantaciones forestales, lo que también ocurre en el 2017 y 2019. En este escenario, los cambios observados responden básicamente a la toma de decisiones del productor de intensificar o desintensificar la actividad ganadera, donde cada vez que el productor decide disminuir su superficie de pradera intensiva y de no cambiar el uso hacia la actividad agrícola, éste se transforma hacia pradera extensiva aumentando la superficie de este uso. Por una parte, como una forma de mantener los animales que no vende y que no puede sostener en pradera intensiva y por otra, debido a que es el uso que permite seguir en la actividad a un mínimo costo.

Reafirmando lo anteriormente descrito, se presenta el cuadro 44, donde es posible apreciar que a pesar que este uso no es beneficiario directo de incentivos de fomento productivo se ve mayormente afectado con la presencia de éstos en comparación a que no existiera, constantandose una mayor desviación estándar en el escenario PECCcIF.

Cuadro 44: Valores promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos de pradera extensiva simulados con y sin instrumentos de fomentos período 2008-2024.

Superficie pradera extensiva (has)	Con influencia del cambio climático con instrumentos de fomento productivo (PECCcIF)	Con influencia del cambio climático sin instrumentos de fomento productivo (PECCsIF)
Promedio	119.554,63	124.722,32
Desviación estándar	23.504,99	20.966,74
Máxima cobertura	155.367,93	150.612,11
Mínima cobertura	85.784,93	81.914,22

Fuente: elaboración propia en base a información simulación en Stella.

Por otra parte, en el mismo cuadro 44, se observa que en promedio existe una mayor superficie destinada a pradera extensiva en el escenario sin instrumentos de fomento. No obstante, al observar el año final de simulación de ambos escenarios, el escenario con instrumentos de fomento productivo presenta una mayor presencia de pradera extensiva incluso mayor a lo existente en el año 2007 (42.79% más). Para el escenario sin instrumentos de

fomento, existe un 31,88% más de superficie que la existente en el año 2007, lo que implica que la existencia de instrumentos de fomentos en otras actividades silvoagropecuarias afecta positivamente, en un 8,28% a este uso de suelo, al año de cierre de la simulación (2024) (Cuadro 34).

En cuanto al análisis de tendencias de precios y análisis técnico de capacidad de carga, las conclusiones son similares a las obtenidas para pradera intensiva, toda vez que el comportamiento de la pradera extensiva obedece a una situación de regulación de la carga animal de la actividad ganadera en su conjunto y la pradera extensiva en el escenario de instrumentos de fomento obedece además de la razón anterior, al flujo de intercambio del recurso suelo hacia la relación beneficio costo, anteriormente descrita.

## CONCLUSIONES

---

Por medio de la simulación dinámica fue posible modelar las interacciones entre sistemas humanos y naturales que influyen en los tomadores de decisiones de la zona sur de Chile, respecto al uso que darán al suelo. El modelo construido explica adecuadamente el cambio de uso de suelo de la zona de estudio en el período considerando (1976 -2007), ya que presenta un 96.2% de ajuste en sus predicciones.

El sistema consta de 330 variables: 28, de stock; 45, de flujo y 257 variables endógenas, exógenas y/o parámetros del modelo en una escala micro de análisis; siendo estas variables de: política, biológicas, económicas y socio demográficas. Estas variables se organizan en dos tipos de subsistemas: productivos y de gestión. Los subsistemas productivos son: sistema agrícola, sistema ganadero intensivo, sistema ganadero extensivo, sistema plantación forestal y sistema extracción de leña desde bosque nativo. Los sistemas de gestión son: sistema cambio de uso de suelo y sistema de toma de decisiones estratégicas.

En los subsistemas productivos es posible identificar procesos genéricos, siendo éstos denominados: *decisiones técnicas operativas de corto plazo, producción y oferta de productos, dineros disponibles para la actividad en la temporada agrícola, estimación de ingresos, costos, beneficios por actividad*. Por su parte, los procesos identificados para el sistema de toma de decisiones estratégicas (STDE) son: *dinero para la toma de decisiones, fijación de expectativas de relación beneficio costo por actividad, fijación de costos ex - ante, priorización de actividades, determinación de superficie para cambio de uso de suelos*. A su vez, los procesos del sistema cambio de uso de suelo (CUS) corresponden a los flujos de intercambio desde un uso de suelo a otro, siendo éstos: *flujos de intercambio entre bosque nativo y pradera extensiva; flujos de intercambio desde y hacia pradera intensiva, desde y hacia pradera extensiva; y desde y hacia el uso agrícola*.

El modelo se limita a simular los efectos de los distintos sistemas humanos y naturales interrelacionados sobre el cambio del paisaje y no valora la disminución/aumento de los bienes

y servicios ecosistémicos de los distintos usos de suelo ni aborda medidas de sustentabilidad y equidad social de los actores sociales de la zona de estudio.

Para el período 1976-2007, el modelo refleja con mayor exactitud lo ocurrido en aquellos usos de mayor cobertura: bosque nativo, praderas extensivas y praderas intensivas, con pequeñas diferencias entre los resultados de la simulación y lo censado al año 2007. En efecto, los resultados de la simulación muestran, un 1% menos en bosque nativo; un ajuste prácticamente perfecto en praderas intensivas y un 3% inferior de cobertura en praderas extensivas. Las coberturas de plantación forestal y agrícola son menores y por ende, la simulación de la extensión de estos usos posee un error porcentual mayor a los usos anteriores.

El uso o aplicación del modelo se basa en la construcción de tres escenarios: el primero de ellos considera el pasado reciente, donde las variables del modelo original permanecen iguales a excepción de aquellas vinculadas con los incentivos de la aplicación de los instrumentos de fomento productivo. Los resultados de esta simulación comparados con la situación del modelo original y los datos de los censos silvoagropecuarios, muestran el efecto probable de los instrumentos de fomento productivo, para el período 1976-2007.

El segundo escenario plantea el mantenimiento de las tendencias de las variables biológicas, económicas, sociodemográficas y de política hasta el año 2024. El objeto es simular el efecto de cambio climático con la presencia de instrumentos de fomento productivo. Finalmente, el tercer escenario planteado arroja resultados de una simulación con todas las proyecciones de las variables del escenario anterior, pero sin considerar la aplicación de instrumentos de fomento productivo. Los resultados obtenidos para el período 2008-2024, son válidos de seguir existiendo las mismas relaciones, causalidad, sinergismo, entre otras, entre las variables del modelo y que las proyecciones de precios, incentivos de políticas y efecto de cambio climático, establecidas sean similares a las futuras.

Los escenarios simulados muestran una influencia clara de los instrumentos de política económica de apoyo a la actividad silvoagropecuaria a partir de los años noventa. En especial,



se constata que para todos los usos de suelos en el pasado reciente (1976-2007), estos no poseen diferencia hasta que éstos comienzan a ser aplicados en forma más activa.

En efecto, el escenario de tendencias pasadas sin instrumentos de fomento, muestra menores superficies de uso agrícola, forestal y de pradera intensiva que las constatadas en los respectivos censos silvoagropecuarios realizados en el país y las resultantes del modelo de simulación dinámica construido. A su vez, el uso de bosque nativo y praderas extensivas presentan mayores superficies simuladas que las entregadas oficialmente por las mismas fuentes anteriores.

Se comprueba que la aplicación de instrumentos de fomento productivo afectan más allá de la actividad específica a la que van dirigidos. Lo anterior se constata para el período 1976-2007, en todos los usos de suelos de la zona de estudio. La aplicación de instrumentos de fomento productivo a afectado en: la disminución de un 2% del bosque nativo; la presencia de 5 veces más de siembras agrícolas; una mayor cobertura (75% más) de plantaciones forestales, el aumento de un 4% de la extensión de las praderas intensivas y la disminución de un 16% de las praderas extensivas.

Ante el escenario de cambio climático planteado y sin la presencia de incentivos al año 2024, la actividad más desincentivada será la actividad agrícola que se mantendrá sólo con el 1% de la superficie del territorio en este uso ya que se privilegiará actividades más extensivas como la ganadería con bajo nivel tecnológico (35% del territorio). No obstante, coexistirá con explotaciones ganaderas intensivas con una presencia de un 23% del territorio y la superficie destinada a la actividad forestal se mantendrá en igual magnitud que la existente en el año 2007. En efecto en comparación al año 2007, la actividad agrícola disminuye un 59% al igual que disminuye los usos de suelos bosque nativo (12%) y pradera intensiva (5%). El único uso de suelo que aumenta su cobertura es la pradera extensiva.

Al contrario del escenario anterior, al año 2024 y bajo el efecto del cambio climático y con la aplicación de instrumentos de fomento los usos que aumentan su cobertura en

comparación al año 2007, son el uso de suelo agrícola (1,5 veces más a la existente en dicho año); el de plantación forestal (19% más que el 2007); los usos que disminuyen son: pradera intensiva (41% menos que el 2007) y bosque nativo (15% menos que el 2007).

Respecto a la comparación de los escenarios futuros se puede concluir que en el caso del uso de suelo agrícola, las decisiones de establecimiento de esta actividad siguen un comportamiento cíclico desfasado y similar al comportamiento de precios a productor; en cambio con instrumentos de fomento, la superficie presenta una tendencia al alza que no coincide con la tendencia presentada de los precios a productor, pero si con la tendencia presentada de la relación beneficio costo de la actividad de la campaña anterior, siendo esta relación influenciada positivamente por la existencia de incentivos a la actividad. La tendencia de disminución de la extensión de bosque nativo se observa en ambos escenarios, pero ante la presencia de incentivos hacia otras actividades, la disminución de este uso es mayor (2%) en comparación al escenario sin instrumentos de fomento. Respecto a la actividad forestal exótica esta sólo se realiza si existen incentivos a la actividad.

Bajo la ausencia de incentivos de fomento productivo, las decisiones sobre pradera intensiva muestra un comportamiento cíclico con alguna similitud al comportamiento del precio de carne y leche bovina, pero estas decisiones obedecen más bien a un ajuste de carácter más técnico que económico. Por su parte, la existencia de instrumentos de fomento conduce a que las decisiones sean tomadas de acuerdo a la relación beneficio costo de la actividad, relación que es aumentada positivamente ante la presencia de incentivos de fomento a la actividad. En cuanto a la pradera extensiva, en ambos escenarios existen períodos con similitudes, donde las diferencias observadas en las trayectorias están influenciadas por los incentivos y trayectorias de otros usos, donde sin instrumentos de fomento existe una menor desviación estándar, pero un mayor promedio de la cobertura de este uso de suelo.

La presencia de instrumentos de fomento, si bien afecta positiva o negativamente a todos los usos de suelos, no ha provocado ni provocará una gran diferencia de carácter ordinal de los usos de suelos considerando la superficie de cada uno de ellos. Se observa que en el

escenario simulado sin instrumentos de fomento en el pasado reciente (1976 al 2007), las 3 actividades predominantes se mantienen en el mismo orden: bosque nativo, pradera extensiva y pradera intensiva, proyectándose que para el 2024, tanto para el escenario de cambio climático con y sin instrumentos de fomento productivo, se mantenga la misma situación.

Bajo este contexto, la aplicación de instrumentos de fomento productivo provoca un impacto económico neto para la población correspondiente a un beneficio marginal de US\$ 4.500 promedio per capita al año 2024, donde los ingresos brutos per capita rural al año corresponden a US\$ 9.485 al final de la simulación (año 2024).

De igual forma, cuando no son aplicados instrumentos de fomento, existe un aumento neto de beneficios marginales per cápita de la población rural iguales a US\$ 1.940, siendo los ingresos brutos per cápita rurales al año de poco más de US\$ 3.800 al año 2024, por lo que se estima un efecto positivo del cambio climático principalmente para las actividades ganaderas de la zona.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las simulaciones efectuadas, se recomienda a los hacedores de política pública el uso de instrumentos o herramientas de simulación que permitan el análisis del efecto sistémico que puedan tener los instrumentos de política a implementar en un territorio determinado y para el caso particular de la zona sur de Chile, se recomienda proseguir con la aplicación de instrumentos de fomento productivo toda vez que ellos permiten elevar el ingreso per capita rural de los habitantes de la zona, pero a la vez estudiar un mejor uso de los recursos utilizados para la actividad forestal y de pradera intensiva. En particular interesa los incentivos relacionados con la actividad de pradera intensiva debido a su extensión en el territorio, los cuales podrían ser orientados a otras partes del proceso de la actividad ganadera, toda vez que la productividad de las praderas se ve favorecida naturalmente por el cambio climático proyectado y de esta forma optimizar el uso de estos recursos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ACEVEDO, E. (2009). Curso carrera ingeniería agrónomica Universidad de Chile Suelo, planta y agua. [http://www.sap.uchile.cl/descargas/prod\\_cultivos/FPC\\_Rotaciones.pdf](http://www.sap.uchile.cl/descargas/prod_cultivos/FPC_Rotaciones.pdf). Consultado mayo de 2011.
- ACEVEDO, M .J. ROSALES ; L. DELGADO; M. ABLAN; J.DAVILA, J CALLICOT y M. MONTICINO.( 2007). Modelos de interacción humano-ambiental: el enfoque de la biocomplejidad. Ecosistemas. Asociación española de ecología terrestre 16(3): 55-67
- AGRARIA. (2005). Evaluación de Impacto. Programa bonificación forestal DL 701. Ministerio de Agricultura. CONAF. Santiago de Chile. 226 pp.
- ARENAS A. y P. GANA;( 2005) Proyecciones del gasto fiscal previsional en Chile, bonos de reconocimiento 2005-2038. Estudios de finanzas públicas. Diciembre de 2005.
- ARENAS A. y M. MARCEL, (1999) Fiscal effects of social security reform in Chile Reform in Chile: The case of the minimum pension, Policy issues in pension fund reform. Proceedings of the second APEC Regional fórum on pension Fund Reform. Viña del Mar.
- ATTONATY J.M., SOLER L.G., (1993). Renewing Strategic Decision-Making Aids. En: Systems Studies in Agriculture and Rural Development. Ed. Brossier J., de Bonneval L., y Landais E. INRA, Paris, pp. 291-308
- BAERWALD, T. (2009). Facilitating the conduct of naturally humane and humanely natural research. Keynote address to the anual meeting of the U.S. Regional Association of the International Association of landscape ecology, 12 April 2009

- BAKER, L. (2006). Perils and pleasures of multidisciplinary research. *Urban Ecosystems* 9:45-47.
- BANCO CENTRAL DE CHILE (2000). Política monetaria del Banco Central de Chile: Objetivos y transmisión. Santiago, Chile.
- BARRA P. y M. JORRAT (1999) Estimación de la evasión tributaria en Chile. Documento de trabajo. Servicio de Impuestos Internos. Santiago de Chile.
- BATTY, M. Y XIE, Y.. Urban Growth Using Cellular Automata Models. *GIS, Spatial Analysis, and Modeling*.
- BENNETT, H., LOAYZA N. y K. SCHIDT-HEBBEL,(2001) Un estudio del ahorro agregado por agentes económicos en Chile, en F. Morandé y R. Vergara (ed). Análisis empírico del ahorro en Chile. Santiago. Banco Central de Chile, 2001.
- BONNEVIALE J.R., JUSSIAU R., MARSHALL E., 1989. Approche globale de l'exploitation agricole. Comprendre le fonctionnement de l'exploitation agricole: un méthode pour la formation et le développement. Documento INRAP N.º 90, 329 pp.
- CAPILLON A., SEBILLOTE M., THIERRY J., 1975. Evolution des exploitations agricoles d'une petite région.Elaboration d'une méthode d'étude. INA-PG-CNASEA. Chaire d'Agronomie. Doc. Ronéo. 35 pp + anexos
- CÁRDENAS, O. (2005). Ordenamiento ecológico del territorio e impacto ambiental. Tendencias globales en el cambio de uso del suelo. Curso agosto de 2005. Universidad de Guadalajara.

CARON P., PREVOST F., GUIMARÃES C., TONNEAU J.P., (1994). Prendre en compte les strategies des eleveurs dans l'orientation d'un project de developpement: le cas d'une petite region du Sertão bresilien. En: The study of livestock farming systems in a research and development framework. Ed. Gibon A. y Flamant J.C. Wageningen Pers, Wageningen, Holanda. EAAP N.º 63, pp. 51-60.

CARPENTER, S.R. et al. (2009). Accelerate synthesis in ecology and environmental sciences. *BioScience* 59(8): 699-701

CASWELL, T. (1989) *Matrix Population Models: Construction, Analysis and Interpretation*. Sinauer. Sunderland, Massachissers

CEPAL (2009) Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Disponible en [http://website.eclac.cl/anuario\\_estadistico/anuario\\_2009/esp/default.asp](http://website.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2009/esp/default.asp)

CHILE, INSTITUTO NACIONAL FORESTAL (INFOR). Catastro vegetacional de recursos vegetacionales de Chile, 1999.

CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2007) Enfoque estadístico sumario agropecuario y forestal. Disponible en [www.ine.cl](http://www.ine.cl)

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA - CNE. 2006. Diagnóstico del mercado de la leña en Chile. Centro microdatos. Santiago, Chile. 189 p.

CONAF-INFOR. 2004. Exportaciones forestales chilenas. Santiago, Chile

CONAF, CONAMA, BIRF, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO, (1999). Catastro y

Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Monitoreo de Cambios.  
Santiago, Chile.

CONAF, UACH, (2000). Monitoreo y Actualización de la información de uso actual del suelo en la VII región. Proyecto CONAF-UACH. Informe final.

CONTRERAS 1999 Curso de raíces y tubérculos Agronomía. Universidad Austral de Chile.  
[http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod\\_sanidad\\_vegetal/webpapa/pag01.html](http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod_sanidad_vegetal/webpapa/pag01.html)

CONTRERAS, D. (1999) Distribución del ingreso en Chile. Nueve hechos y algunos mitos. Lessons from the Chilean experience. Documento de trabajo 317. Banco Central de Chile.

CORVERA, M. (2005) Departamento de Estudios, Biblioteca del Congreso Nacional.  
CUMPLIMIENTO NACIONAL Y REGIONAL DEL REGLAMENTO DE MATADEROS DE SEGUNDA CATEGORÍA Y DE LOS CENTROS DE FAENAMIENTO PARA AUTOCONSUMO DE LA LEY 19.162, CHILE

CUADRADO ROURA, (2001).Política Económica. Objetivos e Instrumentos. Segunda edición.  
Mc Graw Hill. España.

DAILY , G.C., ALEXANDER, S. EHRLICH, PR, GOULDER, L., LUBCHENCO, J. MATSON, P.A., MOONEY, H.A., POSTEL, S. , SCHNEIDER S.H. , TILMAN, D. Y WOODWELL, G.M. (1997). Ecosystem services:benefits supplied to human society by natural ecosystems. Issues in Ecology 2. Ecological Society of America. Washington D.C. 18 p.

DASGUPTA, P. (1996) The economics of the environmental proceedings of the British academy.

- DEANGELIS, D. Y GROSS, L. (1992). Individual-Based Models and Approach in Ecology. Champan & Hall. London.
- DE GREGORIO, J. (2007). Algunas reflexiones sobre el crecimiento economic en Chile. Documento de política económica 20, Banco Central de Chile.
- DEDIEU B., (1993). Organisation du travail et fonctionnement d'exploitations d'élevage extensive du Massif Central. En: Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. Ed. Landais E. y Balent G. INRA, Paris. Etudes et Recherches sur les SAD 27, 303-323.
- DEFFONTAINES J.P., PETIT M., 1985. Comment étudier les exploitations agricoles d'une région? Présentation d'un ensemble méthodologique. Etudes et Recherches sur les SAD 4, 47 pp.
- DENT J.B., (1996). Towards a general paradigm for decision making. Ciencias Veterinarias Volumen especial, 17-22.
- DOPPLER W., (1994). Farming systems approach and its relevance for Agricultural Development in Central and Easter Europe. En: Rural and Farming Systems Analysis. European Perspectives. Ed. Dent J.B. y McGregor M.J. CAB Int., pp. 65-77.
- DURU M., (1980). Exploitation agricole et analyse de systeme. Mise au point méthodologique. Doc. Ronéo, INRA SAD , 48 pp.
- DURU M., GIBON A., OSTY P.L., (1988). Pour une approche renouveler du système fourrager. En: Pour une agriculture diversifiée. Arguments, questions, recherches. Ed. Jollivet M. L'Harmattan, Paris, pp. 35-48.



ECHEVERRÍA, C., (2005). Fragmentation of temperate rain forest in Chile: patterns, causes and impacts. PhD Thesis, University of Cambridge, Cambridge, UK. 277 p.

ECHEVERRÍA, C., COOMES, D., SALAS, J., REY BENAYAS, J.M., LARA, A., & NEWTON, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130, 481-494.

EDWARDS, S. (2000) Veinticinco años de inflación y estabilización en Chile (1973-1998) en Larrain F. y R. Vergara (editors) *La transformación económica en Chile*, Centros de Estudios Públicos.

EVANS, T.P. y E.F. MORÁN. 2002. Spatial integration of social and biophysical factors related to land cover change. *Population and Development Review* 28:165-186

FAUSTMANN, M. 1995. Calculation of the Value which Forest Land and Immature Stands Possess for Forestry. *Journal of Forest Economics* 1(1): 7-44.

FIELD, B.(2000). *Economía de los recursos naturales*. McGraw – Hill. 477 p.

FUENTES, R., M. LARRAIN Y K. SCHMIDT HEBBEL (2004) Fuentes del crecimiento y comportamiento de la productividad total de los factores en Chile. Documento de trabajo 287. Banco Central de Chile

GALINDO, L. 2007 (Coordinador) *La economía del cambio climático en México*. Síntesis. SEMARNAT 81 p. Disponible en [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx) y en [www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)

- GEERTZ, C. (1973). Thick description: toward and interpretative theor of cultura. In: The interpretation of cultures: select essays. Basic Books. New York. USA.
- GIBON A. (1981). Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées centrales. Tesis Doctoral. INA, Paris-Grignon.
- GÓMEZ, C. (1998) La gestión económica de los recursos naturales y sus críticos. Departamento de Fundamentos de Economía e Historia Económica. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Alcalá. Madrid . España.
- GÓMEZ, S. (2002). La “nueva ruralidad” ¿Qué tan nueva?. Magister en Desarrollo Rural. Universidad Austral de Chile. 233 p.
- GÓMEZ, S. Y J. ECHEÑIQUE. (1991). La agricultura chilena: Las dos caras de la modernización. Tercera edición. FLACSO-AGRARIA. 304 p.
- GRANT, W.E., S.L. MARÍN, E.K. PEDERSEN, (2002). Ecología y manejo de recursos naturales: Análisis de sistemas y simulación. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); p. 340.
- GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO (IPCC). (2007). Cambio climático 2007. Informe de síntesis . 114 P.
- GÓMEZ-LOBO A., J. LIMA, C. HILL, M. MENESES. (2005). Diagnóstico del mercado de la leña en Chile. Informe preliminar. Departamento de Economía, Universidad de Chile. 156 pp
- GUTIERREZ, H. (1994). Evaluación de proyectos ante certidumbre. CIADE. Universidad de Chile, Santiago

HACHETTE D. Y R. LÜDERS (1992), "La Privatización en Chile," CINDE.

HAUSMANN R . y A. VELASCO (2007); Crecimiento lento en América Latina: ¿resultados comunes, causas comunes? En J. Macinea y N. Serra (ed.) Visiones del desarrollo en América Latina CEPAL.

HEEMSKERK, M.; K. WILSON y M. PAVAO- ZUCKERMAN. (2003). Conceptual models as tools for communication across disciplines. *Conservation Ecology* 7(3):8

HOUGHTON, R.A. 1994. The worldwide extent of land-use change. *Bioscience* 44:305-313

HSIEH, CH-T. y J. PARKER (2001) Taxes and Growth in a Financially Underdeveloped country: explaining the chilean investment boom. Mimeo Princeton University, Jun.

HUBBARD, L. Y P. DAWSON (1987). "Ex ante and ex post Long-Run Average Cost Functions". *Applied Economics*, **19**: 1411-1419.

INSTITUTO FORESTAL - INFOR. (1993) Estadísticas Forestales, Boletín estadístico N 35 Junio

INSTITUTO FORESTAL - INFOR. (2005). El sector forestal chileno en una mirada. Santiago, Chile, 68 pp.

INSTITUTO FORESTAL - INFOR. (2010). [www.infor.cl/archivos/series\\_estadisticas/expo%204-4.pdf](http://www.infor.cl/archivos/series_estadisticas/expo%204-4.pdf)

INSTITUTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL. Universidad Austral de Chile  
[http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod\\_sanidad\\_vegetal/webpapa/pag01.html](http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod_sanidad_vegetal/webpapa/pag01.html)

- JUDSON, O. (1994). The rise of individual-based model in ecology. Trends in Ecological Evolution. Vol 9:9-14.
- KELLERT, S. (1997). Kinship to mastery: biophilia in human evolution and development. Island press, Washington, DC.
- LARA, A., L., ARAYA, J., CAPELLA, M., FIERRO, A. CAVIERES, (1989). Evaluación de la destrucción y disponibilidad de los recursos forestales nativos en la VII y VIII regiones. Santiago, Chile. Unpublished.
- LARA A., R. REYES, R. URRUTIA. (2008). Bosques Nativos. En: Informe País 2008. Estado del Medio Ambiente en Chile. N. Gligo (ed.). 255pp
- LARA A., D. SOTO, J. ARMESTO, P. DONOSO, C. WERNLI, L. NAHUELHUAL y F. SQUEO (eds.). (2003). Componentes Científicos Clave para una Política Nacional Sobre Usos, Servicios y Conservación de los Bosques Nativos Chilenos. Libro resultante de la Reunión Científica sobre Bosques Nativos realizada en Valdivia, los días 17-18 de julio de 2003. Universidad Austral de Chile. Iniciativa Científica Milenio de Mideplan. 111 pp
- LANA M.P., GARRIZ I., (1998<sup>a</sup>). Resultados técnico-económicos de ovino de leche en Navarra en la campaña '97. En: XXIII Jornadas Científicas de la SEOC., Vitoria-Gasteiz, pp. 247-250.
- LANA M.P., GARRIZ I., (1998<sup>b</sup>) .Evolución de los resultados técnico-económicos de ovino de leche en Navarra en los últimos doce años. En: XXIII Jornadas Científicas de la SEOC., Vitoria-Gasteiz, pp. 251-254.

LARRAIN F., y R. VERGARA (2000) Chile en pos del desarrollo: veinticinco años de transformaciones económicas, en Larraín F. y R. Vergara (editors La transformación económica de Chile . Centro de estudios públicos.

LAMBIN, E. (1997). Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21. 3 (1997). 375-393 p

LAMBIN, E. (2004). Modelling Land Use Change. In: Wainwright, J., M., Mulligan (eds), *Environmental Modelling. Finding Simplicity in Complexity*. John Wiley & Sons Ltd. England.

LÉLÉ, S. y R.B. NORGAARD. (2005). Practicing interdisciplinary. *Bioscience* 55(11): 967-975

LEPERS, E.; E. LAMBIN; A. JANETOS; R. DEFRIES; F.ACHARD; N. RAMANKUTTY y R. SCHOLE. (2005). A synthesis of information on rapid land cover change for the period 1981-2000. *Bioscience* 55:115-124.

LIU, J. et al. (2007<sup>a</sup>) Coupled human and natural systems. *Ambio* 36:639-649

LIU, et al. (2007<sup>b</sup>) Complexity of couplep human and natural systems. *Sciencie* 317(5844): 1513-1516

LÓPEZ, E. Y S. MARTÍNEZ. (2000). *Iniciación a la simulación dinámica. Aplicaciones a sistemas económicos y empresariales*. Edit. Ariel. Barcelona España.

MAGUIRE, D. ; M. BATTY y M. GOODCHILD (2005). *Redlands, California*, ESRI Press. 2005: 151-172.

MAGUIRE, D., *ET AL.*, (2005) Eds. GIS, Spatial Analysis, and Modeling. Redlands, California, ESRI Press.

MARTÍN, J. (2008). Creación de modelos en ecología y gestión de recursos naturales. Curso. Centre de la Imatge i la Tecnologia Multièdia. Fundació Politecnica de Caralunya. Universitat Politècnica de Catalunya.

MARTÍNEZ ALIER, J Y J. ROCA JUSMET. (2000). Economía Ecológica y Política Ambiental. Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente.Fondo de Cultura económica.

MAY. R. (1976). Theoretical Ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

MAY, R.; G. CONWAY; M. HASSELL y T. SOUTHWOOD. (1974). Time delays, density dependence and single species oscillations. Journal of Animal Ecology. Vol 43: 747-770.

McCOWN R.L., COX P.G., KEATING B.A., HAMMER G.L., CARBERRY P.S., PROBERT M.E.,FREEBAIRN D.M., (1994). The development of strategies for improved agricultural systems and land-use management. En: Systems approaches for sustainable agricultural development, opportunities, use and transfer of systems research methods in agriculture to developing countries. Ed. Goldsworthy P. y de Vries F.P. Kluwer Academic Pub., U.K., pp. 81-101.

MEDEL I. (2006). Determinación del radio de abastecimiento de leña para la ciudad de Valdivia sobre la base de los costos involucrados en la producción y comercialización del producto. Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad de Talca.

MORAN, E y E. OSTROM (ed). (2005). Seeing the forest and the trees: interaction in forest ecosystems. MIT Press, Cambridge, MA.

MOSCHINI, G. (2001). "Production Risk and the Estimation of *ex ante* Cost Functions". *Journal of Econometrics*, 100: 357-380.

NAHUELHUAL y ENGLER (2004) Efecto del precio internacional sobre el precio de la leche pagado a productor: ¿transitorio o permanente? *Agricultura Técnica (Chile)* 64(4): 388-398

NAVARRO H. Sin fecha El enfoque de sistemas en el desarrollo de predios lecheros. Instituto de investigaciones agropecuarias- Centro Regional de Investigación Remehue Serie de Actas n° 13.

OJIMA, D. , K. GALVIN y B TURNER. (1994). The global impact of land-use change. *Bioscience* 44:300-304

OSTY P.L.,(1978). L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bull. Techni. Inf. Min. Agric* 326, 43-49.

OWEN-SMITH, N. (2002). A metaphysiological modelling approach to stability in herbivore-vegetation systems. *Ecological Modelling*. Vol 149: 153-178

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO - PNUD. (2004). Las Trayectorias del Desarrollo Humano en las Comunas de Chile (1994-2003). Santiago, Chile. 150 pp <http://www.pnud.cl/areas/ReduccionPobreza/datos-pobreza-en-Chile.asp>

- POPE, R. Y R. JUST (1996). "Empirical Implementation of *ex ante* Cost Functions". *Journal of Econometrics*, 72: 231-249.
- POPE, R. Y R. JUST (1998). "Cost Function Estimation under Risk Aversion". *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 296-302.
- PORTELA R. Y I. RADEMACHER (2001). A Dynamic Model of Patterns of Deforestation and their Effect on the Ability of the Brazilian Amazonia to Provide Ecosystem Services. *Ecological Modelling* 143, 115-146.
- PORTILLA B. (2000) Política agrícola en Chile: lecciones de tres décadas. División de desarrollo productivo y empresarial. Unidad de desarrollo agrícola. CEPAL. Santiago de Chile.
- REYES R. (2004). Umbrales de sostenibilidad para comunidades rurales en áreas forestales. Tesis magíster: Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 100 p
- RODRÍGUEZ y SAAVEDRA (2008) Crecimiento y progreso social en Chile. Seminario Fundación Konrad Adenauer. Río de Janeiro 21 y 22 de noviembre de 2007 35 p.
- RUIZ, R y L. OREGUI (2001) El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal. *Investigación agraria. Producción y Sanidad Animal* 16(1) 2001 29-61
- ROSENBERG (2000); Schumpeter and endogeneity of technology. Routledge, London
- ROSNAY J. DE., (1975). *Le macroscopie, vers une vision globale*. Seuil, Paris , 295 pp.



- SAEZ N. (1994). Madera del bosque templado utilizado como dendroenergía en hogares de la ciudad de Osorno. Tercer congreso internacional de Ciencias de la Tierra, Chile. Página 165-180.
- SAEZ N., E. SCHOLZ. (1998). Sectores de abastecimiento dendroenergeticos para la ciudad de Valdivia. Lider 4(5): 53-64
- SANTAMARÍA C., GÁRRIZ I., SAYÉS J., MARTÍNEZ DE EULATE M., PÉREZ P. (1998). Ovino de carne evolución de los resultados económicos en los últimos doce años. XXIII Jornadas Científicas de la SEOC, Vitoria-Gasteiz, pp. 265-270.
- SANTOS y KALAZICH, (1988) Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue Boletín Técnico Remehue N° 238
- SMITH-RAMÍREZ C., ARMESTO J., VALDOVINOS C. (2005). Historia, Biodiversidad y Ecología de los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile, Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.708 pp.
- SMITH, R. (1999). Caracterización de los sistemas productivos lecheros de Chile. p. 274 – 302. Cáp. V. In Competitividad de la producción lechera nacional. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile
- SMITH, R., MOREIRA, V., y LATRILLE, L. (2002). Caracterización de sistemas productivos lecheros en la X región mediante un análisis multivariable. Agricultura Técnica (Chile) 62: 375-395

STEPHENE N. Y E. LAMBIN (2001), A dynamic simulation model of land-use changes in the African Sahel (SALU), *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, 1-3, 2001, p. 145-162

SUDHIRA, H. S., ET AL. (2004) Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2004, 5: 29-39.

SUI, D. Z. (1998) GIS-based urban modelling: practices, problems, and prospects. *Int. J. Geographical Information Science* 1998, 12(7): 651-671.

THEISSIER J.M., (1978). Relations entre techniques et pratiques. Conséquences pour la formation et la recherche. *Bulletin INRAP* 38, 20 pp.

THINBERGEN, (1956) *Economic Policy: Principles and Design* traducción al español en FCE, México, 1961.

TORAL M., FRATTI, A. y L. GONZÁLEZ (2005) Crecimiento estacional y rentabilidad de plantaciones forestales comerciales de pino radiata en suelos de trumao según método de establecimiento. *Bosque* 26(1): 43-54

TURNER, M., R. GARDNER, Y R. O'NEILL, (2001). *Landscape ecology in theory and practice: - pattern and process*. Springer. New York.

TURNER, M. y, R. GARDNER. (1990) *Quantitative Methodes in Landscape Ecology*, Springer - Verlag, 1990, 536 p.

VALDEBENITO, (2010) Impacto del decreto ley 701 de fomento forestal en Chile. Instituto Forestal Ministerio de Agricultura. Exposición Concepción octubre de 2010

VALDÉS,S. (2003) Contratos y Remuneraciones de Altos directivos públicos. Estudios Públicos 89.

VALDÉS , S. (1992) Ajuste estructural en el Mercado de capitales: la evidencia chilena. En D Wisecarver (editor). El modelo economic chileno. Pontificia Universidad Católica de Chile-CINDE

VÁSQUEZ, R. (2010). Estimación del poder de oligopsonio en el mercado de la carne bovina en Chile Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Economía Agraria. Memoria de Título.

VERGARA, G., J. GAYOSO. (2004). Efecto de factores físico-sociales sobre la degradación del bosque nativo. Bosque 25 (1): 43-52.

VON BERTANLANFFY L (1982) Perpectivas en la Teoría General de Sistemas. Alianza Universidad

VON BERTALANFFY L. (1973), General Systems Theory. Foundations, Development, Application. Revised edition. George Braziller, Nueva York, 295 pp.

WALKER, R. (2004). Theorizing land-cover and land-use change: the case of tropical deforestation. International regional sciencie review 27:247-270.

WILLIAMSON, O. E. (1975). Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications. The Free Press, New York.

## Anexos

### Evolución en el número de predios y tasa intercensal de crecimiento

Año	nº predios	Año	nº predios
1976	9065	1992	11256
1977	9188	1993	11409
1978	9314	1994	11565
1979	9441	1995	11722
1980	9569	1996	11882
1981	9700	1997	12044
1982	9832	1998	12173
1983	9966	1999	12302
1984	10101	2000	12434
1985	10239	2001	12566
1986	10378	2002	12701
1987	10520	2003	12836
1988	10663	2004	12973
1989	10808	2005	13112
1990	10956	2006	13252
1991	11105	2007	13393
<b>Tasa de crecimiento intercensal</b>			
<b>1976-1997</b>	1,362270566		
<b>1997-2007</b>	1,067311279		

### Hectáreas y usuarios totales por programa y año

Fertilización Fosfatada			Enmienda calcárea			Praderas			Recuperación suelos			Conservación suelos		
ha	usuarios	promedio	ha	usuarios	promedio	ha	usuarios	promedio	ha	usuarios	promedio	ha	usuarios	promedio
4.770	1326	3,6	1.413	361	3,9	8.663	2472	3,5	1.332	575	2,3	0	0	0,0
6.288	1977	3,2	944	158	6,0	4.700	1442	3,3	1.680	920	1,8	0	0	0,0
6.600	2606	2,5	862	211	4,1	2.252	1214	1,9	1.470	958	1,5	0	0	0,0
7.189	2625	2,7	1.918	520	3,7	1.097	525	2,1	1.415	799	1,8	228	41	5,6
4.937	2207	2,2	5.326	1536	3,5	717	436	1,6	662	470	1,4	175	45	3,9
4.117	1773	2,3	4.544	1310	3,5	1.412	830	1,7	694	464	1,5	909	113	8,0
4.198	1461	2,9	4.381	1582	2,8	1.302	922	1,4	545	455	1,2	1.678	179	9,4
5.360	1811	3,0	6.430	1976	3,3	1.333	759	1,8	275	290	0,9	2.434	196	12,4
3.224	1178	2,7	2.376	1024	2,3	702	365	1,9	318	224	1,4	878	152	5,8

año	incentivos entregados (M\$ Ch nominales )					Factor	incentivos entregados (US\$ DIC 2007)				
	F.F.	EN.	PRAD.	R.S.	C.S.	actualización	F.F.	EN.	PRAD.	R.S.	C.S.
1999	219.505	46.368	749.380	177.703	0	1,215	534.166	112.837	1.823.619	432.441	0
2000	479.760	60.057	397.950	243.670	0	1,185	1.138.671	142.540	944.502	578.331	0
2001	616.030	60.633	252.899	211.822	0	1,156	1.426.315	140.386	585.546	490.439	0
2002	595.244	164.741	136.937	225.721	5.082	1,135	1.353.152	374.501	311.295	513.126	11.553
2003	580.451	521.545	95.027	88.095	15.965	1,110	1.290.459	1.159.500	211.264	195.853	35.493
2004	551.251	424.508	211.761	90.537	9.670	1,101	1.215.605	936.115	466.970	199.650	21.324
2005	453.138	496.327	231.638	57.050	16.454	1,074	974.744	1.067.648	498.276	122.720	35.394
2006	435.740	616.712	144.583	45.025	17.614	1,042	909.392	1.287.081	301.745	93.967	36.761
2007	452.831	410.850	119.545	56.667	34.209	1,000	906.968	822.885	239.435	113.497	68.517

año	Promedio \$/ha incentivos entregados (\$Ch 1999)					Factor	Promedio US \$/ha incentivos entregados				
	F.F.	EN.	PRAD.	R.S.	C.S.	actualización	F.F.	EN.	PRAD.	R.S.	C.S.
1999	46.021	38.133	98.131	142.948		1,215	112	93	239	348	0
2000	92.092	55.216	98.212	160.464		1,185	224	134	239	390	0
2001	109.335	56.571	116.483	149.917		1,156	266	138	283	365	0
2002	114.360	89.124	102.221	167.806	22.289	1,135	278	217	249	408	54
2003	152.586	99.223	169.482	176.271	91.421	1,110	371	241	412	429	222
2004	168.301	94.378	177.300	144.525	10.632	1,101	410	230	431	352	26
2005	157.251	117.995	169.899	120.975	9.226	1,074	383	287	413	294	22
2006	116.071	120.104	166.854	191.976	98.193	1,042	282	292	406	467	239
2007	170.722	173.020	229.919	205.874	122.428	1,000	415	421	560	501	298

año	Superficie estimada	
	agrícola	pradera
1997	15319	108437
1998	15060	107637
1999	14805	106843
2000	14554	106054
2001	14307	105272
2002	14065	104495
2003	13827	103724
2004	13593	102958
2005	13363	102199
2006	13136	101445
2007	12914	100696
<b>tasa:</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,01</b>

US\$/ha real		US\$/ha total estudio	
agrícola	prad inten	agrícola	prad inten
102	341	1,44	4,58
179	418	2,95	2,47
202	485	3,64	1,60
248	496	3,75	1,21
306	719	4,55	1,93
320	751	4,10	2,28
335	748	3,67	2,51
287	693	3,78	2,30
418	978	3,21	1,58

ha agrícolas			has pradera intensiva		
real bonif	estimadas	% cobertura	real bonif	estimadas	% cobertura
2385	14805	16,11	8663	106843	8,11
3144	14554	21,60	4700	106054	4,43
3300	14307	23,06	3300	105272	3,13
3595	14065	25,56	3595	104495	3,44
2663	13827	19,26	2663	103724	2,57
2272	13593	16,71	2272	102958	2,21
2191	13363	16,39	2191	102199	2,14
2680	13136	20,40	3215	101445	3,17
1612	12914	12,48	1612	100696	1,60
<b>promedio cobertura:</b>		19,06			3,42

**Precipitaciones ocurridas (mm/período) por mes, año y promedio para el período de análisis**

<b>Año</b>	<b>Total pp</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
1975	1770,7	36	150	93,9	222,9	231	197,2	180,2	147,3	132,9	103,8	164,1	111,4
1976	1574,1	101,6	41,8	72,2	67,4	215,4	240,8	217,6	119,2	99,9	89,2	117,4	191,6
1977	2135,6	84,8	99,6	82,3	164,7	192,4	344,5	356,6	173,8	150,2	227,7	206,2	52,8
1978	1993,6	105,2	66,4	62,9	62,3	317,1	113	417,8	269,1	180,3	286,7	89,4	23,4
1979	1701,02	26,17	45,72	62,49	75,7	281,69	195,57	197,86	354,82	121,14	167,65	116,58	55,63
1980	1654,26	65,02	107	76,95	222,2	279,36	178,57	131,31	203,73	151,63	24,14	118,11	96,26
1981	1857,23	136,4	48,78	98,29	107,7	345,46	352,55	155,45	174,75	180,56	90,41	72,14	94,77
1982	1819,9	85,7	92,5	69,7	66,2	386,2	222,6	200,1	291,4	120,7	141,6	105	38,2
1983	1354,1	73,5	60,7	67,5	145,8	178,5	175	169,4	149,4	145,6	110,6	49,5	28,6
1984	1566,7	124,4	151,3	51,3	121,3	207,7	187	178,7	73,2	151,8	179	61,5	79,5
1985	1742,1	92,8	113,3	75,7	177,9	313,7	236,7	218,2	130,1	113,4	95,4	107,9	67
1986	1640,8	105	97,1	138,8	203,5	201,6	245,8	106,6	142,2	109,7	97,7	146,5	46,3
1987	1424,9	43,9	68,8	86,6	154,2	130,6	145,5	241,4	135	157,7	126,1	49	86,1
1988	1274,8	83,9	19,7	99,9	100,7	110,6	194,7	79,5	194,5	99	118,7	50,9	122,7
1989	1492,6	81,7	69,6	121,5	122,9	49,4	147,2	166,1	278,9	104,8	77,6	104	168,9
1990	1708,5	50,5	70,7	98,6	210,4	220,7	242,7	155,3	155,4	184,1	138,9	81,8	99,4
1991	1744,8	96,1	47,9	84,4	123,8	233,4	133,1	176,2	139	200,3	107,5	92,4	310,7
1992	1995,4	13,2	204,7	129,8	248	246	218,1	108,8	110,4	202,8	288,2	100	125,4
1993	1811,9	72,4	39,7	176	226	259	263,4	232,7	96,9	50,4	124,9	180,5	90
1994	1992,9	80,2	41,6	58,8	152	247,8	313,4	214,8	198	194,8	174,7	158,2	158,6
1995	1414	125,9	27	60,8	136,6	208,8	264,9	172,6	163,4	85,8	109,7	49,6	8,9
1996	1287,2	57,3	68,5	147	117,4	134,2	68,6	81,8	151,6	98,2	115,4	152,4	94,8
1997	2023,8	248,6	57,4	40,8	276,7	111,9	356,5	280,4	129	135,5	177,2	108,8	101
1998	1050,1	39,2	11,2	86,4	74,8	111,2	100	130,8	208,9	92,6	55,4	76,4	63,2
1999	1344	64,8	45,2	116,8	65	125,2	247,4	136,4	207,8	138	50,4	67,4	79,6
2000	1612,2	87,4	151,4	88	107,2	63	363,4	215,8	102	88,2	156	124,8	65
2001	1652,7	235,2	53	148,8	86,3	199,5	175,8	257	176,9	80,2	110,6	105,6	23,8
2002	2034,4	70	113,8	115,5	151,6	345,2	209,8	130,8	196,8	178,4	259,5	170,2	92,8
2003	1411,4	97	56,4	67,6	106,2	70	214,4	127,8	182,6	142,2	94,8	130,4	122
2004	1557,5	67,8	27	116,4	265,6	49,6	326	133,8	131,5	103,8	170,6	80,8	84,6
2005	1775,4	68,2	14,8	192	126,4	391,9	228,8	213,2	201,4	71,4	44,8	170,7	51,8
2006	1930,4	137,5	70,7	149,2	162,8	155,2	292	281,8	126	138,8	177,8	63,4	175,2
2007	1480,99	40,64	42,67	58,67	112,3	81,52	144,5	176,26	145,3	162,05	266,93	186,19	64
<b>Prom</b>	<b>1661,515</b>	<b>87,82</b>	<b>72</b>	<b>96,836</b>	<b>144,4</b>	<b>202,87</b>	<b>222,41</b>	<b>189,18</b>	<b>171,524</b>	<b>132,33</b>	<b>138,17</b>	<b>110,84</b>	<b>93,1503</b>

**Precipitación acumulada (mm) meses críticos cultivo papa por temporada agrícola**

Temporada Agrícola	noviembre	diciembre	enero (año siguiente)	Total precipitación acumulada
75-76	164,1	111,4	101,6	377,1
76-77	117,4	191,6	84,8	393,8
77-78	206,2	52,8	105,2	364,2
78-79	89,4	23,4	26,17	138,97
79-80	116,58	55,63	65,02	237,23
80-81	118,11	96,26	136,37	350,74
81-82	72,14	94,77	85,7	252,61
82-83	105	38,2	73,5	216,7
83-84	49,5	28,6	124,4	202,5
84-85	61,5	79,5	92,8	233,8
85-86	107,9	67	105	279,9
86-87	146,5	46,3	43,9	236,7
87-88	49	86,1	83,9	219
88-89	50,9	122,7	81,7	255,3
89-90	104	168,9	50,5	323,4
90-91	81,8	99,4	96,1	277,3
91-92	92,4	310,7	13,2	416,3
92-93	100	125,4	72,4	297,8
93-94	180,5	90	80,2	350,7
94-95	158,2	158,6	125,9	442,7
95-96	49,6	8,9	57,3	115,8
96-97	152,4	94,8	248,6	495,8
97-98	108,8	101	39,2	249
98-99	76,4	63,2	64,8	204,4
99-00	67,4	79,6	87,4	234,4
00-01	124,8	65	235,2	425
01-02	105,6	23,8	70	199,4
02-03	170,2	92,8	97	360
03-04	130,4	122	67,8	320,2
04-05	80,8	84,6	68,2	233,6
05-06	170,7	51,8	137,5	360
06-07	63,4	175,2	40,64	279,24



**Precipitación acumulada (mm) meses críticos cultivo papa por temporada agrícola**

Temporada Agrícola	noviembre	diciembre	enero (año siguiente)	febrero (año siguiente)	Total precipitación acumulada
75-76	164,1	111,4	101,6	41,8	418,9
76-77	117,4	191,6	84,8	99,6	493,4
77-78	206,2	52,8	105,2	66,4	430,6
78-79	89,4	23,4	26,17	45,72	184,69
79-80	116,58	55,63	65,02	106,95	344,18
80-81	118,11	96,26	136,37	48,78	399,52
81-82	72,14	94,77	85,7	92,5	345,11
82-83	105	38,2	73,5	60,7	277,4
83-84	49,5	28,6	124,4	151,3	353,8
84-85	61,5	79,5	92,8	113,3	347,1
85-86	107,9	67	105	97,1	377
86-87	146,5	46,3	43,9	68,8	305,5
87-88	49	86,1	83,9	19,7	238,7
88-89	50,9	122,7	81,7	69,6	324,9
89-90	104	168,9	50,5	70,7	394,1
90-91	81,8	99,4	96,1	47,9	325,2
91-92	92,4	310,7	13,2	204,7	621
92-93	100	125,4	72,4	39,7	337,5
93-94	180,5	90	80,2	41,6	392,3
94-95	158,2	158,6	125,9	27	469,7
95-96	49,6	8,9	57,3	68,5	184,3
96-97	152,4	94,8	248,6	57,4	553,2
97-98	108,8	101	39,2	11,2	260,2
98-99	76,4	63,2	64,8	45,2	249,6
99-00	67,4	79,6	87,4	151,4	385,8
00-01	124,8	65	235,2	53	478
01-02	105,6	23,8	70	113,8	313,2
02-03	170,2	92,8	97	56,4	416,4
03-04	130,4	122	67,8	27	347,2
04-05	80,8	84,6	68,2	14,8	248,4
05-06	170,7	51,8	137,5	70,7	430,7
06-07	63,4	175,2	40,64	42,67	321,91

Precios	Urea		Salitre Potásico		Superfosfato triple		Papas Consumidor		Papas Productor		Leche Prod XR		Carne Bov XR		Leña
Unidad	\$/ton y US\$/ton		\$/ton y US\$/ton		\$/ton y US\$/ton		\$/KG; \$/ton		\$/ton y US\$/ton		\$/lt y US\$/lt		\$/kg y US\$/kg		US\$/metro cúbico
Año	Prom*	US\$ prom**	Prom*	US\$ prom**	Prom*	US\$ prom**	Prom*\$/kg	Prom*\$/ton	Prom*\$/ton	US\$ prom**	Prom*\$/lt	US\$ lt**	Prom*\$/kg	US\$ kg**	
1975	518.216,67	1038	241.040,87	483	541.268,08	1084	172,95	172950	93393	187	136,45	0,27	976,66	1,96	976,66
1976	246.603,18	494	181.356,91	363	251.163,59	503	225,88	225880	121975	244	136,70	0,27	962,42	1,93	962,42
1977	185.294,02	371	132.714,63	266	151.419,02	303	168,8	168800	91152	183	136,94	0,27	948,19	1,90	948,19
1978	231.167,14	463	140.931,70	282	180.624,93	362	175,98	175980	95029	190	137,18	0,27	933,95	1,87	933,95
1979	252.326,31	505	160.992,58	322	222.843,22	446	275,99	275990	149035	298	137,23	0,27	919,71	1,84	919,71
1980	247.792,03	496	161.439,57	323	238.260,71	477	210,61	210610	113729	228	131,96	0,26	905,48	1,81	905,48
1981	232.633,30	466	155.291,46	311	195.372,11	391	166,17	166170	89732	180	109,98	0,22	891,24	1,79	891,24
1982	242.652,38	486	121.889,00	244	229.351,96	459	206,69	206690	111613	224	108,01	0,22	630,83	1,26	630,83
1983	257.020,31	515	167.214,04	335	256.292,73	513	231,36	231360	124934	250	118,5	0,24	620,59	1,24	620,59
1984	315.648,76	632	194.028,49	389	263.264,88	527	158,91	158910	85811	172	146,73	0,29	762,88	1,53	762,88
1985	339.350,55	680	209.018,02	419	271.456,05	544	134,39	134390	72571	145	135,49	0,27	824,26	1,65	824,26
1986	251.414,18	504	199.953,21	400	277.140,68	555	228,09	228090	123169	247	124,28	0,25	941,11	1,88	941,11
1987	216.359,90	433	197.614,72	396	261.081,34	523	285,33	285330	154078	309	145,62	0,29	976,93	1,96	976,93
1988	258.763,23	518	195.511,86	392	283.515,18	568	158,5	158500	85590	171	169,14	0,34	914,39	1,83	914,39
1989	258.362,97	517	209.796,98	420	258.971,28	519	239,53	239530	129346	259	190,46	0,38	872,23	1,75	872,23
1990	238.086,01	477	200.780,12	402	226.621,34	454	240,82	240820	130043	260	157,12	0,31	752,52	1,51	752,52
1991	248.600,51	498	224.523,30	450	222.345,08	445	225	225000	121500	243	150,89	0,30	907,31	1,82	907,31
1992	225.792,66	452	212.203,17	425	194.665,14	390	235,46	235460	127148	255	164,9	0,33	954,32	1,91	954,32
1993	192.015,92	385	177.045,42	355	175.880,05	352	207,63	207630	112120	225	161,41	0,32	815,39	1,63	815,39
1994	186.643,06	374	170.338,47	341	180.699,51	362	220,74	220740	119200	239	156,42	0,31	723,31	1,45	723,31
1995	228.688,61	458	164.476,96	329	178.571,68	358	257,38	257380	138985	278	147,7	0,30	696,71	1,40	696,71
1996	223.906,88	448	176.558,99	354	188.865,01	378	274,31	274310	148127	297	144,86	0,29	623,08	1,25	623,08
1997	170.784,36	342	185.664,46	372	174.067,77	349	194,72	194720	105149	211	133,15	0,27	595,81	1,19	595,81
1998	142.863,51	286	185.617,75	372	173.637,58	348	254,54	254540	137452	275	127,1	0,25	612,67	1,23	612,67
1999	128.885,81	258	186.266,51	373	166.103,45	333	364,31	364310	196727	394	120,99	0,24	559,14	1,12	559,14
2000	151.776,66	304	183.742,34	368	158.449,62	317	326,88	326880	176515	354	129,66	0,26	571,63	1,14	571,63
2001	171.330,19	343	184.646,79	370	162.759,83	326	308,38	308380	166525	334	138,4	0,28	579,22	1,16	579,22
2002	163.062,09	327	190.160,01	381	174.699,10	350	372,81	372810	201317	403	120,93	0,24	576,38	1,15	576,38

Precios	Urea		Salitre Potásico		Superfosfato triple		Papas Consumidor		Papas Productor		Leche Prod XR		Carne Bov XR		Leña
Unidad	\$/ton y US\$/ton		\$/ton y US\$/ton		\$/ton y US\$/ton		\$/KG; \$/ton		\$/ton y US\$/ton		\$/lt y US\$/lt		\$/kg y US\$/kg		US\$/metro cúbico
Año	Prom*	US\$ prom**	Prom*	US\$ prom**	Prom*	US\$ prom**	Prom*\$/kg	Prom*\$/ton	Prom*\$/ton	US\$ prom**	Prom*\$/lt	US\$ lt**	Prom*\$/kg	US\$ kg**	
2003	196.595,57	394	197.132,00	395	193.898,49	388	332,13	332130	179350	359	132,93	0,27	545,13	1,09	545,13
2004	224.289,75	449	215.638,88	432	211.390,22	423	227,22	227220	122699	246	136,71	0,27	520,92	1,04	520,92
2005	240.376,55	481	216.595,03	434	209.374,61	419	335,45	335450	181143	363	135,07	0,27	532,69	1,07	532,69
2006	229.260,98	459	213.838,46	428	195.736,33	392	255,97	255970	138224	277	129,96	0,26	523,32	1,05	523,32
2007	274.679,50	550	213.655,85	428	260.981,53	523	326,97	326970	176564	354	177,59	0,36	542,72	1,09	542,72

\*Pesos reales sin IVA deflactados de acuerdo al IPC a diciembre de 2007

\*\* Dólar considerado, promedio diciembre de 2007:

499,28

Población demandante leña zona de estudio por demanda autónoma y demanda urbana												
AÑO	Detalle Evolución población rural, urbana y total por comuna y año									Degradación autónoma	Demanda urbana local	
	Poblacion Calbuco Total	Población Rural Calbuco	Poblacion Maullín Total	Poblacion Rural Maullín	Poblacion L.Muermos Total	Poblacion Rural L.Muermos	Poblacion Ancud Total	Poblacion Rural Ancud	Poblacion Total Local	Poblacion Rural Total Local	Poblacion Urbana Total Local	
<b>1975</b>	<b>22.132</b>	<b>17.495</b>	<b>20.423</b>	<b>16.417</b>	<b>15.261</b>	<b>14.996</b>	<b>36.521</b>	<b>18.097</b>	<b>94.336</b>	<b>67.005</b>	<b>27.331</b>	
1976	22.393	17.539	20.212	16.044	15.361	14.892	36.579	17.853	94.545	66.329	28.216	
1977	22.658	17.584	20.003	15.679	15.461	14.790	36.637	17.613	94.759	65.665	29.094	
1978	22.926	17.629	19.796	15.322	15.563	14.688	36.695	17.375	94.980	65.014	29.966	
1979	23.197	17.674	19.591	14.974	15.665	14.586	36.753	17.141	95.206	64.374	30.832	
1980	23.471	17.719	19.389	14.633	15.767	14.486	36.811	16.910	95.439	63.747	31.691	
1981	23.749	17.764	19.188	14.300	15.871	14.386	36.869	16.682	95.677	63.131	32.546	
1982	24.030	17.809	18.990	13.975	15.975	14.287	36.927	16.457	95.922	62.527	33.395	
1983	24.314	17.854	18.793	13.657	16.080	14.188	36.986	16.235	96.173	61.934	34.239	
1984	24.601	17.899	18.599	13.346	16.185	14.091	37.044	16.016	96.430	61.352	35.078	
1985	24.892	17.945	18.407	13.043	16.291	13.993	37.103	15.800	96.693	60.781	35.912	
1986	25.187	17.991	18.216	12.746	16.398	13.897	37.162	15.587	96.963	60.221	36.742	
1987	25.484	18.036	18.028	12.456	16.506	13.801	37.221	15.377	97.239	59.670	37.568	
1988	25.786	18.082	17.842	12.172	16.614	13.706	37.279	15.170	97.521	59.131	38.390	
1989	26.091	18.128	17.657	11.896	16.723	13.612	37.338	14.965	97.809	58.601	39.208	
1990	26.399	18.174	17.475	11.625	16.833	13.518	37.398	14.763	98.104	58.080	40.023	
1991	26.711	18.221	17.294	11.360	16.943	13.425	37.457	14.564	98.405	57.570	40.835	
<b>1992</b>	<b>27.027</b>	<b>18.267</b>	<b>17.115</b>	<b>11.102</b>	<b>17.054</b>	<b>13.332</b>	<b>37.516</b>	<b>14.368</b>	<b>98.712</b>	<b>57.069</b>	<b>41.643</b>	
1993	27.406	18.330	16.955	10.833	17.045	13.108	37.752	14.187	99.159	56.457	42.701	
1994	27.791	18.393	16.796	10.570	17.036	12.888	37.990	14.008	99.613	55.859	43.755	

Población demandante leña zona de estudio por demanda autónoma y demanda urbana												
AÑO	Detalle Evolución población rural, urbana y total por comuna y año										Degradación autónoma	Demanda urbana local
	Poblacion Calbuco Total	Población Rural Calbuco	Poblacion Maullín Total	Poblacion Rural Maullín	Poblacion L.Muermos Total	Poblacion Rural L.Muermos	Poblacion Ancud Total	Poblacion Rural Ancud	Poblacion Total Local	Poblacion Rural Total Local	Poblacion Urbana Total Local	
1995	28.181	18.456	16.639	10.313	17.027	12.672	38.229	13.831	100.077	55.272	44.804	
1996	28.577	18.520	16.484	10.063	17.018	12.460	38.470	13.656	100.548	54.698	45.850	
1997	28.978	18.583	16.329	9.819	17.009	12.251	38.712	13.484	101.028	54.137	46.892	
1998	29.385	18.647	16.177	9.581	17.000	12.045	38.956	13.314	101.517	53.586	47.931	
1999	29.797	18.711	16.025	9.348	16.991	11.843	39.201	13.146	102.015	53.048	48.967	
2000	30.216	18.776	15.876	9.121	16.982	11.644	39.448	12.980	102.521	52.521	50.000	
2001	30.640	18.840	15.727	8.900	16.973	11.449	39.696	12.816	103.036	52.005	51.031	
<b>2002</b>	<b>31.070</b>	<b>18.905</b>	<b>15.580</b>	<b>8.684</b>	<b>16.964</b>	<b>11.257</b>	<b>39.946</b>	<b>12.654</b>	<b>103.560</b>	<b>51.500</b>	<b>52.060</b>	
2003	31.506	18.970	15.434	8.473	16.955	11.068	40.197	12.494	104.093	51.006	53.087	
2004	31.948	19.035	15.290	8.268	16.946	10.882	40.451	12.337	104.635	50.522	54.113	
2005	32.397	19.101	15.147	8.067	16.937	10.700	40.705	12.181	105.186	50.049	55.138	
2006	32.852	19.166	15.005	7.871	16.928	10.520	40.962	12.027	105.747	49.585	56.161	
2007	33.313	19.232	14.865	7.680	16.919	10.344	41.219	11.875	106.316	49.132	57.185	

Evolución de la población zonas urbanas y rurales de la zona de estudio (habitantes por año)											
año	Total Calbuco	Rural Calbuco	Total Maullín	Rural Maullín	Total Los Muermos	Rural Los Muermos	Total Ancud	Rural Ancud	Total Local	Rural Total Local	Urbana Total Local
<b>1975</b>	<b>22132</b>	<b>17495</b>	<b>20423</b>	<b>16417</b>	<b>15261</b>	<b>14996</b>	<b>36521</b>	<b>18097</b>	<b>94336</b>	<b>67005</b>	<b>27331</b>
1976	22393	17539	20212	16044	15361	14892	36579	17853	94545	66329	28216
1977	22658	17584	20003	15679	15461	14790	36637	17613	94759	65665	29094
1978	22926	17629	19796	15322	15563	14688	36695	17375	94980	65014	29966
1979	23197	17674	19591	14974	15665	14586	36753	17141	95206	64374	30832
1980	23471	17719	19389	14633	15767	14486	36811	16910	95439	63747	31691
1981	23749	17764	19188	14300	15871	14386	36869	16682	95677	63131	32546
1982	24030	17809	18990	13975	15975	14287	36927	16457	95922	62527	33395
1983	24314	17854	18793	13657	16080	14188	36986	16235	96173	61934	34239
1984	24601	17899	18599	13346	16185	14091	37044	16016	96430	61352	35078
1985	24892	17945	18407	13043	16291	13993	37103	15800	96693	60781	35912
1986	25187	17991	18216	12746	16398	13897	37162	15587	96963	60221	36742
1987	25484	18036	18028	12456	16506	13801	37221	15377	97239	59670	37568
1988	25786	18082	17842	12172	16614	13706	37279	15170	97521	59131	38390
1989	26091	18128	17657	11896	16723	13612	37338	14965	97809	58601	39208
1990	26399	18174	17475	11625	16833	13518	37398	14763	98104	58080	40023
1991	26711	18221	17294	11360	16943	13425	37457	14564	98405	57570	40835
<b>1992</b>	<b>27027</b>	<b>18267</b>	<b>17115</b>	<b>11102</b>	<b>17054</b>	<b>13332</b>	<b>37516</b>	<b>14368</b>	<b>98712</b>	<b>57069</b>	<b>41643</b>
1993	27406	18330	16955	10833	17045	13108	37752	14187	99159	56457	42701
1994	27791	18393	16796	10570	17036	12888	37990	14008	99613	55859	43755
1995	28181	18456	16639	10313	17027	12672	38229	13831	100077	55272	44804
1996	28577	18520	16484	10063	17018	12460	38470	13656	100548	54698	45850
1997	28978	18583	16329	9819	17009	12251	38712	13484	101028	54137	46892
1998	29385	18647	16177	9581	17000	12045	38956	13314	101517	53586	47931
1999	29797	18711	16025	9348	16991	11843	39201	13146	102015	53048	48967
2000	30216	18776	15876	9121	16982	11644	39448	12980	102521	52521	50000
2001	30640	18840	15727	8900	16973	11449	39696	12816	103036	52005	51031
<b>2002</b>	<b>31070</b>	<b>18905</b>	<b>15580</b>	<b>8684</b>	<b>16964</b>	<b>11257</b>	<b>39946</b>	<b>12654</b>	<b>103560</b>	<b>51500</b>	<b>52060</b>
2003	31506	18970	15434	8473	16955	11068	40197	12494	104093	51006	53087
2004	31948	19035	15290	8268	16946	10882	40451	12337	104635	50522	54113
2005	32397	19101	15147	8067	16937	10700	40705	12181	105186	50049	55138
2006	32852	19166	15005	7871	16928	10520	40962	12027	105747	49585	56161
2007	33313	19232	14865	7680	16919	10344	41219	11875	106316	49132	57185
Tasa de crecimiento de la población urbana y rural de la zona de estudio											
Período inter censal	Total Calbuco	Rural Calbuco	Total Maullín	Rural Maullín	Total Los Muermos	Rural Los Muermos	Total Ancud	Rural Ancud	Total Local	Rural Total Local	Urbana Total Local
75-92	0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,02
92-02	0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,00	-0,02	0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,02

<b>Incentivos promedio entregado por hectárea plantada</b>	
<b>Año</b>	<b>Incentivo entregado (en dólares de 2007)</b>
1993	47,69
1994	93,66
1995	236,57
1996	456,65
1997	448,46
1998	460,80
1999	429,19
2000	511,79
2001	605,29
2002	789,14
2003	741,58
2004	776,80
2005	794,94
2006	805,50
2007	803,13

Fuente: Valdebenito, G. (2005); Corporación de Fomento Forestal (CONAF) (2007)

Precios promedio leña especies exóticas zona central					
AÑO	en pesos chilenos del año			en US\$ 2007	
	\$/kg	\$/m ruma <sup>a</sup>	\$/m <sup>3</sup>	US\$/m <sup>3</sup>	US\$/Mt ruma
1976	2,85	427,37	175,15	0,70	1,70
1977	2,85	427,37	175,15	0,69	1,69
1978	2,85	427,37	175,15	0,69	1,69
1979	2,85	427,37	175,15	0,69	1,68
1980	2,85	427,37	175,15	0,68	1,67
1981	2,85	427,37	175,15	0,68	1,66
1982	2,85	427,37	175,15	0,68	1,65
1983	2,85	933,58	382,61	1,47	3,58
1984	2,85	1439,78	590,08	2,24	5,47
1985	2,85	1945,99	797,54	2,98	7,26
1986	2,85	2452,20	1005,00	3,70	9,02
1987	5,23	2958,41	1212,46	4,38	10,69
1988	6,16	3287,50	1347,34	4,79	11,69
1989	9,27	4033,33	1653,01	5,75	14,03
1990	8,75	4800,00	1967,21	6,57	16,04
1991	12,34	5040,00	2065,57	6,60	16,11
1992	16,42	4033,33	1653,01	5,08	12,39
1993	19,61	6033,33	2472,68	7,30	17,81
1994	20,60	6970,00	2856,56	8,09	19,74
1995	21,71	7458,00	3056,56	8,36	20,40
1996	39,60	8434,00	3456,56	9,13	22,28
1997	31,83	8581,61	3517,05	9,00	21,95
1998	34,17	8434,00	3456,56	8,59	20,95
1999	36,50	7880,00	3229,51	7,86	19,18
2000	37,33	9539,11	3909,47	9,28	22,64
2001	38,00	10045,32	4116,93	9,53	23,25
2002	39,83	10551,53	4324,40	9,83	23,98
2003	41,29	11057,73	4531,86	10,08	24,59
2004	42,00	11563,94	4739,32	10,45	25,50
2005	46,20	12070,15	4946,78	10,64	25,95
2006	50,42	12576,36	5154,24	10,76	26,25
2007	49,90	13082,57	5361,71	10,74	26,20

**Fuente:** Instituto Forestal. División de Estudios Económicos. Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo. Boletín de precios forestales. Boletines periódicos consultados desde el año 1990 al 2007. (datos anteriores a 1990 fueron obtenidos de pronósticos por regresión lineal).

a: Un metro ruma equivale a 2,44 m<sup>3</sup>



EFECTO DE CAMBIO CLIMÁTICO											
Año		pp					% sobre total del año				
		total	primavera	verano	otoño	invierno	primavera	verano	otoño	invierno	
2008	1	1727,15	317,51	242,92	611,17	555,55	18,38%	14,06%	35,39%	32,17%	100,00%
2009	2	1722,69	319,88	244,54	609,54	553,18	18,52%	14,16%	35,29%	32,03%	100,00%
2010	3	1718,24	322,25	246,17	607,92	550,81	18,66%	14,25%	35,20%	31,89%	100,00%
2011	4	1713,79	324,62	247,79	606,30	548,43	18,80%	14,35%	35,10%	31,75%	100,00%
2012	5	1709,33	326,99	249,41	604,67	546,06	18,93%	14,44%	35,01%	31,62%	100,00%
2013	6	1704,88	329,36	251,03	603,05	543,69	19,07%	14,53%	34,92%	31,48%	100,00%
2014	7	1700,43	331,73	252,65	601,43	541,32	19,21%	14,63%	34,82%	31,34%	100,00%
2015	8	1695,97	334,11	254,27	599,80	538,95	19,34%	14,72%	34,73%	31,20%	100,00%
2016	9	1691,52	336,48	255,90	598,18	536,58	19,48%	14,82%	34,63%	31,07%	100,00%
2017	10	1687,07	338,85	257,52	596,56	534,21	19,62%	14,91%	34,54%	30,93%	100,00%
2018	11	1682,61	341,22	259,14	594,93	531,84	19,76%	15,00%	34,45%	30,79%	100,00%
2019	12	1678,16	343,59	260,76	593,31	529,46	19,89%	15,10%	34,35%	30,66%	100,00%
2020	13	1673,71	345,96	262,38	591,69	527,09	20,03%	15,19%	34,26%	30,52%	100,00%
2021	14	1669,25	348,33	264,00	590,06	524,72	20,17%	15,29%	34,16%	30,38%	100,00%
2022	15	1664,80	350,71	265,63	588,44	522,35	20,31%	15,38%	34,07%	30,24%	100,00%
2023	16	1660,35	353,08	267,25	586,82	519,98	20,44%	15,47%	33,98%	30,11%	100,00%
2024	17	1655,89	355,45	268,87	585,19	517,61	20,58%	15,57%	33,88%	29,97%	100,00%

<b>ecuación evolución de precipitación anual:</b>			
<b>b:</b>	-4,4533	año	<b>a:</b> 1731,6
<b>ecuación de evolución de % de precipitación en primavera</b>			
<b>b:</b>	0,1373	año	<b>a:</b> 18,246
<b>ecuación de evolución de % de precipitación en invierno</b>			
<b>b:</b>	-0,1373	año	<b>a:</b> 32,303
<b>ecuación de evolución de % de precipitación en verano</b>			
<b>b:</b>	0,0939	año	<b>a:</b> 13,971
<b>ecuación de evolución de % de precipitación en otoño</b>			
<b>b:</b>	-0,094	año	<b>a:</b> 35,48

meses críticos papa proyectados				Incentivos proyectados		
AÑO	pp acum	AÑO	pp acum	agrícola	praderas	forestal
2008	292,64	2024	326,59	426,89	971,66	971,81
2009	294,77	2025	328,71	458,99	1.040,87	1.026,61
2010	296,89	2026	330,83	491,09	1.110,08	1.081,41
2011	299,01	2027	332,95	523,19	1.179,28	1.136,20
2012	301,13	2028	335,08	555,29	1.248,49	1.191,00
2013	303,25	2029	337,20	587,39	1.317,70	1.245,80
2014	305,37	2030	339,32	619,49	1.386,91	1.300,60
2015	307,50	2031	341,44	651,58	1.456,12	1.355,40
2016	309,62	2032	343,56	683,68	1.525,33	1.410,20
2017	311,74	2033	345,68	715,78	1.594,54	1.465,00
2018	313,86	2034	347,80	747,88	1.663,75	1.519,80
2019	315,98	2035	349,93	779,98	1.732,95	1.574,60
2020	318,10	2036	352,05	812,08	1.802,16	1.629,40
2021	320,22	2037	354,17	844,18	1.871,37	1.684,20
2022	322,35	2038	356,29	876,27	1.940,58	1.739,00
2023	324,47	2039	358,41	908,37	2.009,79	1.793,80
2024				940,47	2.079,00	1.848,60

Población demandante leña zona de estudio por demanda autónoma y demanda urbana											
AÑO	Detalle pronóstico Evolución población rural, urbana y total por comuna y año									Degradación autónoma	Demanda urbana local
	Poblacion Calbuco Total	Población Rural Calbuco	Poblacion Maullín Total	Poblacion Rural Maullín	Poblacion L.Muermos Total	Poblacion Rural L.Muermos	Poblacion Ancud Total	Poblacion Rural Ancud	Poblacion Total Local	Poblacion Rural Total Local	Poblacion Urbana Total Local
<b>2007</b>	<b>33.313</b>	<b>19.232</b>	<b>14.865</b>	<b>7.680</b>	<b>16.919</b>	<b>10.344</b>	<b>41.219</b>	<b>11.875</b>	<b>106.316</b>	<b>49.132</b>	<b>57.185</b>
2008	33.781	19.298	14.726	7.494	16.910	10.170	41.479	11.725	106.827	48.688	58.139
2009	34.255	19.365	14.588	7.312	16.901	10.000	41.740	11.577	107.341	48.254	59.087
2010	34.736	19.431	14.452	7.135	16.892	9.832	42.003	11.431	107.857	47.829	60.027
2011	35.223	19.498	14.317	6.962	16.883	9.667	42.267	11.287	108.375	47.414	60.961
2012	35.718	19.565	14.183	6.793	16.874	9.505	42.533	11.144	108.896	47.007	61.889
2013	36.219	19.633	14.050	6.628	16.866	9.346	42.801	11.004	109.419	46.610	62.810
2014	36.728	19.700	13.919	6.467	16.857	9.189	43.071	10.865	109.945	46.221	63.724
2015	37.243	19.768	13.788	6.310	16.848	9.035	43.342	10.728	110.474	45.840	64.633
2016	37.766	19.836	13.659	6.157	16.839	8.883	43.615	10.592	111.004	45.468	65.536
2017	38.296	19.904	13.532	6.008	16.830	8.734	43.889	10.459	111.538	45.104	66.434
2018	38.834	19.972	13.405	5.862	16.821	8.587	44.166	10.327	112.074	44.748	67.326
2019	39.379	20.041	13.280	5.720	16.812	8.443	44.444	10.196	112.613	44.400	68.212
2020	39.932	20.110	13.156	5.581	16.803	8.302	44.723	10.068	113.154	44.060	69.094
2021	40.492	20.179	13.033	5.445	16.794	8.163	45.005	9.940	113.698	43.728	69.970
2022	41.061	20.249	12.911	5.313	16.785	8.026	45.288	9.815	114.244	43.402	70.842
2023	41.637	20.318	12.790	5.184	16.777	7.891	45.574	9.691	114.793	43.085	71.708
2024	42.222	20.388	12.670	5.058	16.768	7.759	45.860	9.569	115.345	42.774	72.571

**Centros urbanos aledaños demandantes de leña**

Población Puerto Montt Total	Población Puerto Montt Urbana	Pobl. Pto. Varas Total	Pobl. Pto Varas Urbana	Total Población Urbana Aledaña	AÑO
<b>204.700</b>	<b>184.231</b>	<b>36.658</b>	<b>28.213</b>	<b>212.444</b>	2007
210.994	190.489	37.457	29.066	219.555	2008
217.481	196.959	38.273	29.945	226.904	2009
224.168	203.649	39.108	30.850	234.499	2010
231.060	210.566	39.960	31.783	242.349	2011
238.164	217.718	40.831	32.744	250.462	2012
245.487	225.113	41.721	33.734	258.847	2013
253.034	232.760	42.630	34.754	267.513	2014
260.814	240.666	43.559	35.805	276.470	2015
268.833	248.840	44.508	36.887	285.727	2016
277.099	257.292	45.478	38.002	295.295	2017
285.618	266.031	46.469	39.151	305.183	2018
294.400	275.067	47.482	40.335	315.402	2019
303.452	284.410	48.517	41.555	325.965	2020
312.782	294.071	49.574	42.811	336.882	2021
322.398	304.059	50.655	44.105	348.164	2022
332.311	314.387	51.759	45.439	359.826	2023
342.528	325.065	52.887	46.813	371.878	2024
353.059	336.107	54.039	48.228	384.335	2025
363.914	347.523	55.217	49.686	397.209	2026
375.103	359.327	56.421	51.188	410.515	2027
386.636	371.532	57.650	52.736	424.268	2028
398.524	384.151	58.907	54.331	438.482	2029
410.777	397.199	60.190	55.973	453.173	2030
423.407	410.691	61.502	57.666	468.356	2031
436.425	424.640	62.843	59.409	484.049	2032
449.843	439.063	64.212	61.205	500.269	2033
463.674	453.977	65.612	63.056	517.033	2034

Proyección de precios de insumos y productos agrícolas

AÑO	SFT	UREA	leche	carne	leña	papas
	US\$/Ton	US\$/Ton	US\$/M Lt	US\$/100 k carne en pie	US\$/m <sup>3</sup>	US\$/ton
2.008	503,88	564,69	363,79	110,36	10,45	369,22
2.009	529,08	598,30	371,88	112,02	10,17	380,76
2.010	554,27	582,00	363,28	113,68	9,88	298,76
2.011	579,47	565,71	354,67	112,02	9,60	332,74
2.012	604,66	549,42	346,07	110,36	9,31	366,72
2.013	590,25	533,13	337,47	108,70	9,03	398,70
2.014	575,84	516,84	328,86	107,04	8,74	320,68
2.015	561,44	500,55	320,26	108,70	8,46	341,10
2.016	547,03	484,26	311,65	110,36	8,17	361,53
2.017	532,62	467,96	303,05	112,02	7,89	380,76
2.018	518,21	451,67	294,45	113,68	7,60	298,76
2.019	503,80	435,38	285,84	112,02	7,32	332,74
2.020	489,39	419,09	299,62	110,36	7,03	366,72
2.021	474,98	402,80	313,39	108,70	7,32	398,70
2.022	460,57	386,51	327,17	107,04	7,60	276,85
2.023	446,16	370,22	340,94	108,70	7,89	312,18
2.024	431,76	526,13	354,72	110,36	8,17	347,50

Proyección número de predios

Año	nº predios
2008	13536
2009	13680
2010	13826
2011	13974
2012	14123
2013	14274
2014	14426
2015	14580
2016	14736
2017	14893
2018	15052
2019	15213
2020	15375
2021	15539
2022	15705
2023	15873
2024	16042

<b>Simulación con influencia del cambio climático, sin instrumentos de fomentos período 2008-2024 (en hectáreas y %)</b>						
Año		Ag	BN	PF	PI	PE
2008	1	12.914,00	180.282,00	8.090,00	100.696,00	108.805,00
2009	2	12.914,00	183.438,88	8.090,00	79.290,60	127.053,52
2010	3	60.105,12	182.592,47	8.090,00	39.645,30	120.354,11
2011	4	24.560,25	181.478,09	8.090,00	115.681,88	80.976,78
2012	5	24.560,25	178.788,61	8.090,00	58.955,32	140.392,81
2013	6	34.215,26	178.475,78	8.090,00	109.830,73	80.175,23
2014	7	34.528,10	175.754,24	8.090,00	54.915,36	137.499,30
2015	8	32.195,28	175.325,67	8.090,00	114.885,08	80.290,98
2016	9	4.737,60	172.608,76	8.090,00	85.328,79	140.021,85
2017	10	4.737,60	172.281,09	8.090,00	102.823,84	122.854,47
2018	11	4.737,60	171.266,72	8.090,00	94.403,99	132.288,69
2019	12	4.737,60	170.629,72	8.090,00	99.628,29	127.701,40
2020	13	54.551,74	169.809,23	8.090,00	97.653,14	80.682,89
2021	14	4.737,60	167.107,99	8.090,00	99.461,20	131.390,20
2022	15	4.737,60	166.435,06	8.090,00	101.258,40	130.265,94
2023	16	4.737,60	165.717,15	8.090,00	101.032,74	131.209,51
2024	Final	55.253,97	165.036,98	8.090,00	101.863,48	80.542,57
% superficie año 2024 en relación al año 2008		427,86	91,54	100,00	101,16	74,02
<b>Simulación con influencia del cambio climático, con instrumentos de fomentos período 2008-2024 (en hectáreas y %)</b>						
Año		Ag	BN	PF	PI	PE
2008	1	12.914,00	180.282,00	8.090,00	100.696,00	108.805,00
2009	2	41.856,60	183.438,88	8.090,00	50.348,00	127.053,52
2010	3	41.856,60	182.592,47	8.090,00	72.365,12	105.882,81
2011	4	41.856,60	180.899,24	8.090,00	62.202,97	117.738,20
2012	5	41.856,60	179.680,22	8.090,00	68.977,28	112.182,90
2013	6	41.856,60	178.238,99	8.090,00	66.809,14	115.792,27
2014	7	47.224,38	176.942,13	8.372,51	97.088,71	81.159,26
2015	8	47.224,38	174.259,95	8.372,51	49.841,21	131.088,93
2016	9	29.738,67	173.574,96	8.376,75	118.549,22	80.547,39
2017	10	30.389,41	170.868,31	8.411,00	59.274,61	141.843,66
2018	11	30.300,75	170.613,51	8.411,00	121.344,54	80.117,20
2019	12	7.255,63	167.889,65	8.411,00	83.972,18	143.258,53
2020	13	22.159,94	167.691,45	10.846,71	63.033,73	147.055,17
2021	14	42.361,34	167.645,11	11.411,32	109.460,48	79.908,74
2022	15	42.405,37	164.912,91	11.413,64	54.730,24	137.324,84
2023	16	31.553,02	164.477,36	11.413,64	123.045,03	80.297,95
2024	Final	4.737,60	161.760,73	11.413,64	88.773,49	144.101,54
% superficie año 2024 en relación al año 2008		36,69	89,73	141,08	88,16	132,44

Registros fotográficos de actividades realizadas en la zona de estudio.



Reunión con productores de la zona de estudio



Entrevista a dirigentes de Centros de Acopio Lechero de la zona de estudio



Vistas de predios típicos de mediano y bajo nivel tecnológico (producción ganadera de doble propósito)



Vistas de la ocupación de miembros de la familia en el negocio lechero





Pradera extensiva con animales de doble propósito.