

IICA  
PM-A1/  
SC-96-02



Deutsche Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

**IICA**



BIBLIOTECA VENEZUELA

30 MAY 1996

RECIBIDO

# ANALISIS DE LA POLITICA DE PRECIOS AGRICOLAS Y SU IMPACTO EN LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

Efecto en Parámetros de Sustentabilidad  
en la Precordillera Andina de la  
Provincia de Ñuble

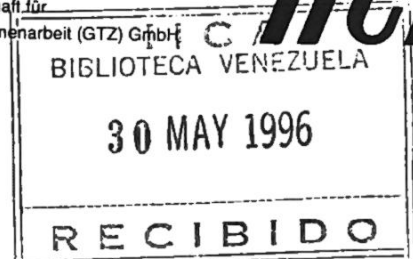
*Emilio Ruz,  
Nicasio Rodríguez  
y Roberto Velasco*

Convenio de Cooperación Técnica INIA-IICA  
PROYECTO IICA - GTZ

AREA DE CONCENTRACION II  
CIENCIA Y TECNOLOGIA, RECURSOS NATURALES  
Y PRODUCCION AGROPECUARIA

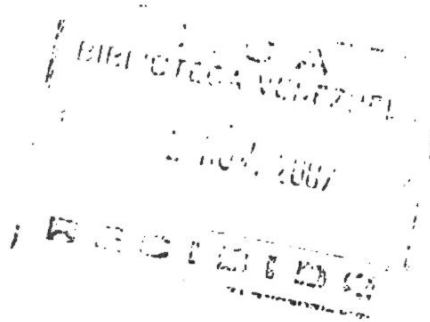


Deutsche Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH



# ANALISIS DE LA POLITICA DE PRECIOS AGRICOLAS Y SU IMPACTO EN LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

## Efecto en Parámetros de Sustentabilidad en la Precordillera Andina de la Provincia de Ñuble



*Emilio Ruz,  
Nicasio Rodríguez  
y Roberto Velasco*

Convenio de Cooperación Técnica INIA-IICA  
PROYECTO IICA - GTZ

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION QUILAMAPU

IICA  
FM

A1/SC 96-02

BV-009322

○ Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).  
Enero, 1996.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del IICA, INIA y el Proyecto IICA-GTZ.

Las ideas y los planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios de los autores y no representan necesariamente el criterio de las organizaciones mencionadas.

El Servicio Editorial y la Imprenta del IICA son responsables por el diagramado y el levantado de texto, la revisión estilística, el diseño de portada y la impresión de este documento.

Ruz, Emilio

Análisis de la política de precios agrícolas y su impacto en los cambios en el uso del suelo : efecto en parámetros de sustentabilidad en la Pre-cordillera Andina de la Provincia de Ñuble / Emilio Ruz, Nicasio Rodríguez y Roberto Velasco. — San José, C.R. : Convenio de Cooperación Técnica INIA — IICA : Proyecto IICA-GTZ : Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu, 1996.

70 p. ; 23 cm. — (Serie Publicaciones Misceláneas, ISSN 0534-5391 / IICA ; no. A1/SC-96-02)

ISBN 92-9039-287 8

1. Política de precios — Chile. 2. Suelo — Chile. I. Rodríguez, Nicasio. II. Velasco, Roberto. III. Convenio de Cooperación Técnica INIA-IICA. Proyecto IICA-GTZ. IV. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. V. Título. VI. Serie.

AGRIS  
E72

DEWEY  
338.13

SERIE PUBLICACIONES  
MISCELANEAS

00000826

ISSN-0534-5391  
A1/SC-96-02

Enero, 1996  
San José, Costa Rica

## CONTENIDO

<b>PRESENTACION</b> .....	5
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	7
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	9
<b>INTRODUCCION</b> .....	13
<b>METODOLOGIA</b> .....	15
Descripción del Area de Estudio .....	15
Superficie Predial y Sistemas Productivos .....	15
Instrumentos Utilizados en el Estudio .....	17
<b>EFFECTOS DE LA POLITICA AGRICOLA DEL PERIODO 1978-1994 EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA PROVINCIA DE ÑUBLE</b> .....	19
Relación entre las Variaciones de Precios y la Superficie Sembrada de Trigo .....	21
Influencia del Decreto-Ley 701 en el Uso de los Suelos .....	24
<b>CAMBIOS TECNOLOGICOS EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA PROVINCIA DE ÑUBLE</b> .....	27



<b>VARIACION DE PARAMETROS DE SUSTENTABILIDAD MEDIDOS EN UN ESTUDIO DE ROTACIONES DE CULTIVOS .....</b>	<b>29</b>
Parámetros de Sustentabilidad .....	29
Estudio de Rotaciones de Cultivos de Largo Plazo .....	29
Comportamiento del contenido de materia orgánica.....	31
Indices de disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en el ensayo de rotaciones .....	33
Capacidad (efectiva) de intercambio catiónico y acidez .....	37
 Situación Actual del Nivel de Fertilidad de los Suelos de la Precordillera Andina en Campos de Agricultores .....	38
Indices de disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio .....	39
Materia orgánica en campos de agricultores .....	42
Acidez del suelo (pH) .....	43
Cationes de intercambio (Ca, Mg, K) .....	45
 Efecto de los Sistemas de Labranza en la Erosión de los Suelos de la Precordillera Andina de la Provincia de Ñuble.....	47
 <b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
 <b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>53</b>
 <b>ANEXO 1 .....</b>	<b>55</b>
 <b>ANEXO 2.....</b>	<b>61</b>

## PRESENTACION

El uso adecuado de los recursos naturales de la precordillera andina de la Provincia de Ñuble constituye uno de los principales desafíos para las actividades de investigación en el Centro Regional de Investigación (CRI) Quilamapu.

La región se ha incorporado recientemente a un proceso de intensificación de sus sistemas productivos, principalmente en respuesta a estímulos económicos. Sin embargo, ha existido escasa orientación técnica para poner en un justo equilibrio las aspiraciones de éxito productivo y económico de los agricultores, con las necesidades que demanda el uso sustentable de esos recursos naturales.

El presente estudio surgió del intercambio de ideas entre el Dr. David Kaimowitz (Especialista en Transferencia de Tecnología, IICA, Costa Rica) y un grupo de investigadores en ocasión de una visita al CRI Quilamapu en 1993. Posteriormente, se suscribió un Convenio de Cooperación Técnica entre INIA e IICA, recibándose apoyo técnico y económico del Proyecto IICA -GTZ, para financiar parte de la preparación del estudio y la publicación de los resultados.

El estudio realizado a cargo de Emilio Ruz<sup>1</sup>, Nacasio Rodríguez<sup>2</sup>, Roberto Velasco<sup>3</sup>, ofrece una perspectiva amplia para proyectar la

---

1 Ing. Agrónomo MSc. PhD, Subdirector de Investigación, CRI Quilamapu.

2 Ing. Agrónomo MSc., Dpto. Recursos Naturales y Medio Ambiente, CRI Quilamapu.

3 Ing. Agrónomo, Dpto. Gestión de Sistemas Productivos, CRI Quilamapu  
Casilla de Correo 426, Chillán, Chile. fax 56-42-217852.

investigación y el desarrollo del CRI Quilamapu en la región, al mismo tiempo que constituye un estímulo para emprender trabajos interdisciplinarios sobre los sistemas productivos de la región.

*Isaac Maldonado Ibarra  
Director CRI Quilamapu  
Chillán, Chile, Julio 1995*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores expresan su agradecimiento al Dr. David Kaimowitz, por sus valiosos aportes en la concepción, planificación y discusión del trabajo, así como por su colaboración para gestionar el financiamiento.*

*Al IICA y en especial a su Agencia de Cooperación Técnica en Chile por otorgar las facilidades para el oportuno traspaso de fondos al INIA que permitieron el desarrollo del presente estudio.*

*Agradecemos también al Dr. Ronnie de Camino y, por su intermedio, al Proyecto IICA-GTZ por impulsar y apoyar estudios de sustentabilidad en nuestro país. Asimismo, manifestamos nuestro reconocimiento a Carlos Reiche por la revisión técnica final y a Pastora Hernández, quien coordinó la publicación del trabajo; ambos del Proyecto IICA-GTZ.*

## RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo presenta un análisis de los cambios impulsados por las políticas de precios agrícolas y su efecto sobre el uso del suelo en la precordillera andina de la Provincia de Ñuble en la zona centro sur de Chile. Se planteó la hipótesis que las políticas de precios, si bien es cierto, ayudan a resolver problemas económicos a corto plazo, no consideran a largo plazo los costos ambientales que se pueden producir al intensificar en forma excesiva el uso de los suelos. La hipótesis se comprobó al examinar parámetros de sustentabilidad en experimentos con rotaciones de largo plazo que representan sistemas productivos con diferentes grados de intensificación. También se incluyó un levantamiento nutricional realizado en campos de agricultores, y un estudio reciente donde se evaluó la erosión que produce el cultivo de trigo con diferentes tipos de labranza.

A partir de 1978 se inició un proceso de intensificación de la agricultura en la zona. Esto significó un aumento en la superficie sembrada con trigo como respuesta a las políticas de precios favorables para el cultivo y que fueron además complementados con medidas adicionales como los créditos cerealeros. Estas tendencias quedan demostradas en el estudio. Así, cada vez que disminuyen los precios de los cereales se reduce la superficie sembrada, al mismo tiempo que surge una presión por parte de los agricultores para recuperar la rentabilidad de los rubros, ante lo cual reacciona el gobierno impulsando políticas de precios favorables, principalmente para trigo.

Sin embargo, esta política de fomento a la agricultura, contempló solamente el beneficio económico inmediato de los agricultores, estimulando la siembra de cereales, pero no consideró los efectos nega-



tivos que ésta podía tener al ser adoptada en forma masiva por los agricultores, especialmente sobre suelos susceptibles a la erosión y con métodos de laboreo poco conservacionistas. El impacto en los suelos de la precordillera cuando se hace una agricultura intensiva queda demostrado al analizar el estudio de rotaciones. En este caso, se observó reducciones significativas en los niveles de materia orgánica y nutrientes (particularmente potasio). Las pérdidas de suelo por erosión fueron también evaluadas en cultivos de trigo, siendo evidente el fuerte impacto de la labranza tradicional en el escurrimiento de agua y suelo en el período invernal cuando la cobertura es escasa.

Otro efecto negativo de estas políticas parciales es la tendencia de los agricultores a concentrar su interés en rubros y no en un sistema agropecuario más integral. Para el caso que se analiza en este documento, las condiciones de la precordillera tienen una marcada aptitud para la ganadería y el uso forestal. Sin embargo, con los estímulos para la siembra de cereales los agricultores pierden interés y vocación por otros sistemas productivos que son más apropiados y rentables en el largo plazo a sus condiciones agroecológicas. Situaciones como ésta se aprecian al examinar las estadísticas de la actividad ganadera de la zona donde se observa un notorio estancamiento en la dotación animal a pesar que la superficie de siembras ha disminuido considerablemente cuando los precios de los cereales no son favorables. En los sistemas actuales la superficie predial utilizada con trigo u otro cultivo fluctúa entre un 20% y 30%, quedando la mayor proporción del predio prácticamente sin utilización productiva con pastos naturales de escaso valor forrajero que no permiten sustentar sistemas ganaderos competitivos. Se produce así una paradoja en que los agricultores están en precarias condiciones y con el 70% de sus predios sin aprovechamiento efectivo, y cifrando sus esperanzas sólo en un eventual mejoramiento de las condiciones para las siembras.

Se concluye en el estudio la necesidad de examinar más a fondo y en un contexto integral las posibles repercusiones que pueden te-

ner para el ambiente las políticas de precios de los productos agrícolas en las diferentes zonas agroecológicas. Hoy existe mayor cantidad de conocimientos y experiencia en investigación agrícola que no se ha tomado en consideración al legislar sobre estos temas, pero que pueden orientar positivamente a futuro la toma de decisiones incorporando el concepto de sustentabilidad de los recursos del país.

## INTRODUCCION

En los últimos treinta años, la zona precordillerana del centro sur de Chile se ha incorporado paulatinamente al desarrollo agrícola. De una explotación inicial con ganadería extensiva, fue pasando a una agricultura de cultivos, que fue impulsada por el mayor acceso a tecnologías y por estímulos económicos provenientes de una política de bandas de precios asociada a créditos especiales, para promover el cultivo de trigo. La combinación de una política de precios favorables y un paquete tecnológico sencillo tuvo su mayor expresión en los años ochenta, cuando en la precordillera se alcanzó el mayor desarrollo agrícola de los últimos 30 años.

Sin embargo, las condiciones climáticas, las características de los suelos y la topografía, revelan que existe un cierto grado de fragilidad para las actividades agrícolas y que de mantenerse el uso intensivo del suelo (principalmente con laboreo tradicional), la sustentabilidad de los sistemas productivos se puede ver amenazada.

En este trabajo se hace un análisis de los cambios ocurridos en los últimos 16 años en el uso del suelo y de los principales sistemas productivos de la zona impulsados por políticas de precios agrícolas. Se plantea la hipótesis que las políticas de precios, si bien es cierto, ayudan a resolver problemas económicos a corto plazo, éstas no consideran los costos ambientales que pueden producir a largo plazo. La hipótesis examina parámetros de sustentabilidad en experimentos de largo plazo y levantamientos nutricionales en campos de agricultores con diferentes grados de intensificación en el uso de los suelos.

## **METODOLOGIA**

### **Descripción del Area de Estudio**

Este estudio abarcó el área agroecológica de la precordillera en la VIII y parte de la IX región (INIA 1977), con una superficie aproximada de 630 000 hectáreas.

El relieve es ondulado y los suelos son, en su mayoría, de origen volcánico (Andept), con buenas propiedades físicas, profundos y sin restricciones para el desarrollo radicular. La principal limitante nutricional se relaciona con la alta capacidad de fijación de fósforo (P), característica de los suelos de origen volcánico (Besoain 1985). La mayoría de los suelos en el área de estudio corresponden a la Serie Sta. Bárbara (IREN-CORFO 1964).

El clima corresponde a mediterráneo frío (Novoa 1989). La pluviometría anual es de alrededor de 1400 mm, con el 80% concentrada entre abril y agosto. Esta concentración de las precipitaciones constituye el principal riesgo para la sustentabilidad, por su impacto en la erosión y pérdida de fertilidad, especialmente en suelos sometidos a laboreo tradicional que no cuentan con cobertura vegetal al comienzo de las lluvias invernales. La temperatura media anual es de 12.5°C; la temperatura máxima media del mes más cálido alcanza los 27°C, y la mínima media del mes más frío es de 0.7°C.

### **Superficie Predial y Sistemas Productivos**

La superficie de los predios fluctúa entre 15 y 500 hectáreas (Fig. 1). Los sistemas productivos extensivos incluyen como cultivo

principal el trigo, que ocupa entre el 5% y el 30% de la superficie predial (Fig. 2), y el resto sirve para ganado ovino y bovino de carne con praderas naturales de escasa productividad. En los sistemas intensivos se cultiva el trigo en una superficie mayor y también se incluyen otros cultivos como avena, lenteja y raps. Los rendimientos de los cultivos son muy variables según el grado de tecnología aplicado.

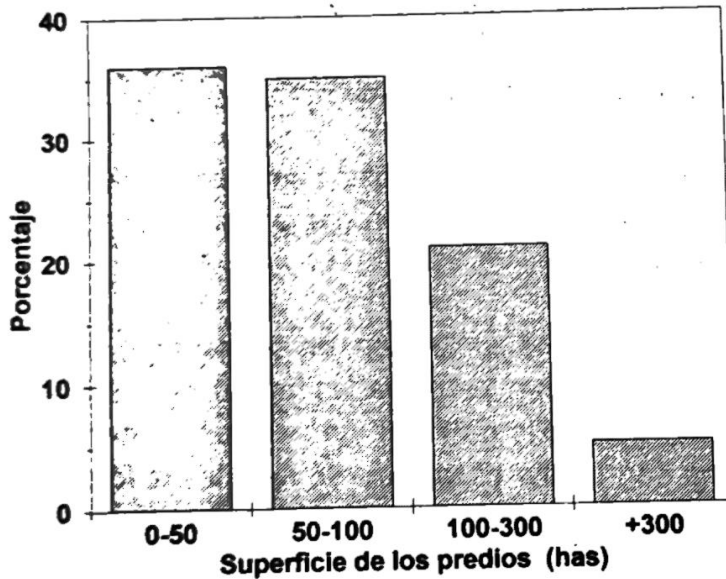


Fig. 1. Distribución de los predios según tamaño.

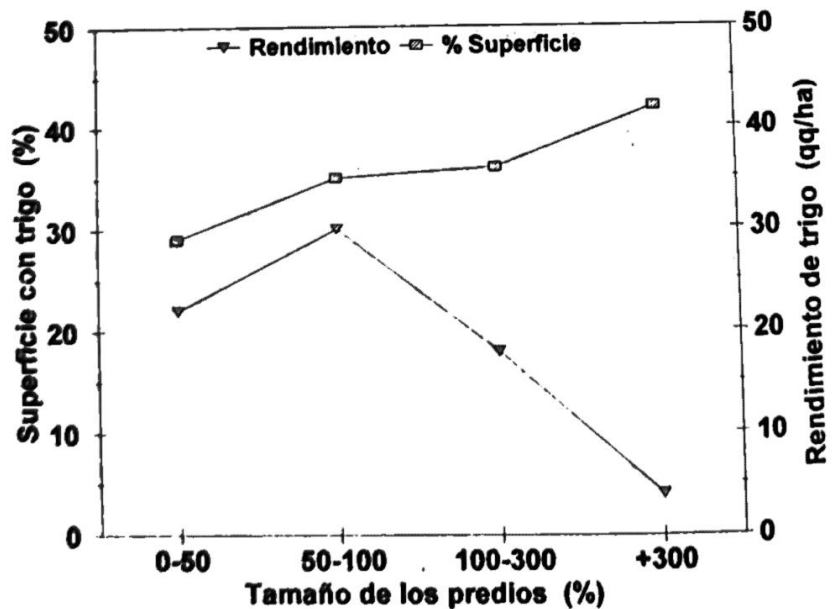


Fig. 2. Porcentaje de los predios sembrados con trigo y rendimiento de grano.



## **Instrumentos Utilizados en el Estudio**

- Información estadística de precios de productos agrícolas actualizados a mayo de 1994. Bandas de precios del trigo y políticas crediticias complementarias a las bandas.
- Información estadística de las superficies sembradas de trigo en la VIII región (no fue posible obtener información específica para la zona de la precordillera, pero como en las estadísticas totales de la región una alta proporción del cultivo de trigo se encuentra en la precordillera, se prefirió usar la información oficial para la VIII región).
- Una encuesta realizada por INIA en 1977 para tipificar los sistemas agrícolas de la precordillera y otra encuesta con objetivos similares de 1994.
- Un ensayo de largo plazo (16 años) realizado en la precordillera con rotaciones de cultivos que muestran distintos grados de intensificación en el uso de los suelos.
- Un diagnóstico del estado actual de la fertilidad de los suelos en campos de agricultores mediante análisis químico de muestras provenientes de 120 lugares.
- Un estudio reciente de mediciones de erosión en suelos cultivados con labranza tradicional, siembra directa y praderas, respectivamente.
- Numerosos informes técnicos y publicaciones científicas de la Estación Experimental Quilamapu y de otras instituciones de la zona.

## **EFFECTOS DE LA POLITICA AGRICOLA DEL PERIODO 1978-1994 EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA PROVINCIA DE ÑUBLE**

A partir de 1978 se inició un proceso de intensificación de la agricultura en la zona. Esto significó un aumento de las superficies sembradas con trigo como respuesta a políticas de precios favorables para ese cultivo, complementadas con medidas adicionales tales como créditos cerealeros.

El desarrollo de este tipo de agricultura intensiva significó un estancamiento en la explotación de praderas para ganadería a cambio de promover sistemas de mayor rentabilidad en el corto plazo. Como resultado, el interés de los agricultores se desvió hacia sistemas agrícolas que no son los más adecuados para esta zona agroecológica y, al mismo tiempo, se fue perdiendo entre los agricultores la vocación por la ganadería que corresponde a un sistema productivo más compatible con las características de suelos, topografía y clima de la precordillera.

Los cambios antes señalados se pueden apreciar en el Cuadro 1 donde aparece para el período 1978-1994 la evolución de los precios históricos reales de los principales rubros de la zona: trigo, avena, cebada, lenteja, raps. Para una más fácil interpretación, se presentan figuras individuales por rubro que relacionan el precio real (en moneda de marzo 1994, sin IVA) del producto, respecto al período 1978-1994 (Anexo 1 y Figuras 1.1 a 1.5).

**Cuadro 1. Precios reales de los principales rubros productivos de la precordillera de Ñuble. Base Santiago (\$/t). Marzo 1994.**

Año	Rubros							
	Trigo	Avena	Cebada	Lenteja	Raps	Carne Bovino	Carne Ovino	Lana Enfardada
1978	196.630	173.804	160.252	989.568	355.376	1.830.733	1.548.588	1.976.560
1979	200.660	163.526	169.518	852.606	353.511	2.092.785	1.800.038	2.076.424
1980	181.041	111.225	155.411	840.435	257.204	2.031.469	1.923.418	1.758.332
1981	153.358	144.153	130.530	574.428	209.628	1.607.384	1.539.272	1.173.800
1982	81.212	69.747	65.001	232.980	81.832	799.535	745.224	494.413
1983	118.482	75.263	79.566	357.724	101.326	785.029	767.680	713.342
1984	121.769	73.627	96.284	376.311	166.259	864.784	835.797	921.802
1985	149.630	59.214	91.321	440.896	214.066	955.434	877.862	958.055
1986	137.280	74.977	102.780	569.592	178.645	995.412	779.448	998.362
1987	115.152	86.156	103.905	395.310	166.356	1.071.985	841.265	1.220.046
1988	105.386	71.130	84.308	262.126	148.628	989.299	838.700	1.516.002
1989	109.541	69.519	96.978	369.353	134.925	1.017.995	925.844	1.421.551
1990	97.496	59.301	89.626	451.297	159.373	899.803	842.306	850.293
1991	95.908	57.958	88.035	390.656	146.822	1.032.331	795.527	637.673
1992	87.011	60.775	65.292	246.812	118.138	1.068.305	927.350	647.000
1993	83.052	46.791	53.207	262.578	107.590	961.414	848.045	528.538
1994	81.090	42.897	68.850	262.777	99.253	825.000	700.000	484.391

Fuente: INE, ODEPA y corredores de productos agrícolas.

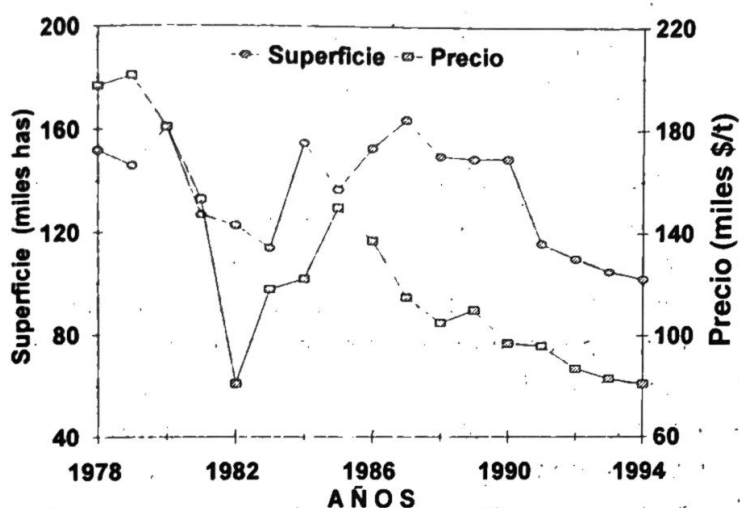


Fig. 3. Cambio en la superficie sembrada de trigo en la VIII región (miles has) y evolución del precio real (miles \$/t). Período 1974-94.

Se puede observar que todos los rubros agrícolas analizados presentan una fuerte caída en sus precios reales hacia los años 1981-1982, por lo que en este período la superficie sembrada con cultivos disminuye considerablemente. Así, los cultivos de trigo, avena, cebada, lenteja y raps experimentan reducciones significativas en la superficie de siembra (Anexo 2). Como consecuencia de lo anterior aumenta la superficie ocupada por pastos naturales de baja productividad. La superficie que queda sin cultivos es prácticamente un terreno perdido desde el punto de vista de la producción, ya que el agricultor no considera la opción ganadera, sino que concentra su atención solamente en los cultivos por el rápido retorno que puede obtener.

### Relación entre las Variaciones de Precios y la Superficie Sembrada de Trigo

En cuanto a la evolución de los precios y los cambios en la superficie sembrada de trigo (Fig. 3), entre los años 1979 y 1982 se produjo una caída de los precios del cereal que se tradujo en una dismi-

nución de la superficie sembrada de 160 000 hectáreas a 115 000 hectáreas, producto del efecto de la reducción de los precios de US\$200.000 a US\$80.000 por tonelada.

Frente a esta situación, el gobierno desarrolló políticas económicas agrarias entre las que destacan la creación, en 1983, de **bandas de precios del trigo** (Cuadro 2) y del **crédito de fomento para cereales y otros cultivos anuales**. Ambos instrumentos dieron origen a una respuesta inmediata por parte de los agricultores, quienes aumentaron sus superficies de siembra al contar con financiamiento y mejores precios. Al mismo tiempo, los rendimientos aumentaron al incorporar mayor tecnología en el manejo de los rubros agrícolas, ya que la línea de crédito contemplaba el fomento al uso de mejor semilla, fertilización adecuada, control de malezas y enfermedades, etc.

Lo anterior se refleja en los Cuadros del Anexo 2 que indican, para el período 1978-1994, la evolución experimentada en los rendimientos de trigo, avena, cebada, lenteja y raps, respectivamente. En todos se observa un aumento de la superficie, la producción y el rendimiento a partir de los años 1984-1985, cuando se implementan las políticas señaladas anteriormente. El mayor impacto se logró en trigo, llegando al autoabastecimiento nacional en las temporadas agrícolas 1986-1987 y 1987-1988. A partir de esa fecha, el precio real del trigo comenzó a declinar en forma sostenida hasta 1994. Sin embargo, la superficie sembrada de trigo se mantuvo con pocas fluctuaciones hasta 1990 cuando decrece drásticamente de 150 mil a 116 mil hectáreas (Fig. 3).

A pesar de la disminución en la superficie sembrada, la producción del grano no declinó en la misma proporción, manteniéndose hasta 1994 en niveles relativamente estables como se puede apreciar en la Figura 4. Esto se explica por los aumentos en los rendimientos que se duplicaron entre 1983 y 1994 (Anexo 2, Trigo) como resultado de la tecnología adoptada en forma masiva en los últimos 10 años, y de la disminución del valor de los fertilizantes, como se ilustra en la Figura 5 para el caso del fosfato de amonio.



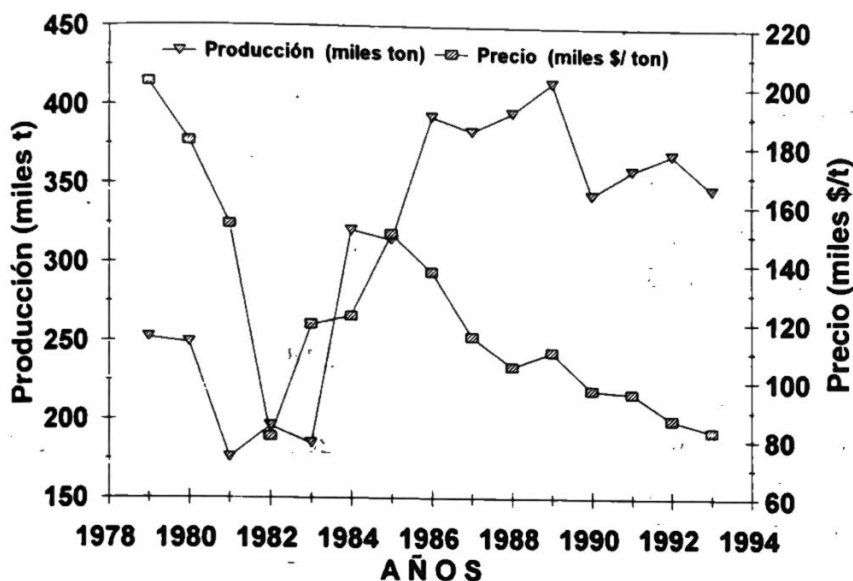


Fig.4. Variaciones de la producción de trigo en la VIII región (miles t) y evolución del precio real (miles \$/t). Período 1978-94.

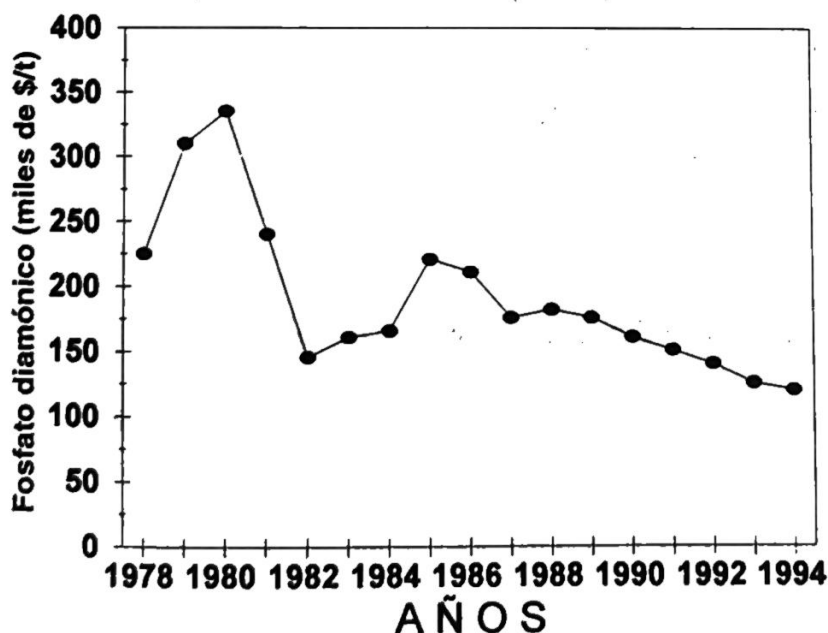


Fig.5. Evolución del precio del fosfato diamónico (miles de \$/t). Período 1978-94.

**Cuadro 2. Bandas de precio del trigo (US\$/t)**

Período de vigencia	Piso	Techo
<b>Temporada 1983/84*</b>	<b>232.35</b>	
1 nov 84-31 oct 85	222	254
1 nov 84-31 oct 85**	237	271
1 nov 84-31 oct 85***	230	262
1 nov 85-31 oct 86	237	264
1 nov 85-31 oct 86****	218	243
1 nov 86-31 oct 87	211	239
16 nov 86-15 nov 87	208	231
16 nov 87-15 nov 88	191	218
16 nov 88-15 nov 89	180	260
16 nov 89-15 nov 90	187	261
16 nov 90-15 nov 91	201	252
16 nov 91-15 nov 92	190	232
16 nov 92-15 nov 93	187	240
16 nov 93-15 nov 94	183	246

\* Precio referencia mínimo

\*\* Modificación del arancel aduanero del 20% al 30%

\*\*\* Reducción del arancel aduanero del 35% al 30%

\*\*\*\* Reducción del arancel aduanero del 30% al 20%

**Fuente:** DEP, Ministerio de Agricultura

## **Influencia del Decreto-Ley 701 en el Uso de los Suelos**

Otra política macroeconómica del sector que ha influido positivamente en el cambio experimentado en los sistemas productivos de la precordillera de Ñuble, fue la puesta en vigencia del Decreto-Ley 701 de Fomento Forestal promulgado en 1974 para un período de 20 años (1974-1994), y que fomenta la forestación y reforestación de los terrenos declarados de aptitud forestal por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Recientemente, la Comisión de Medio Ambiente del Centro de Estudios Públicos (CEP), emitió el documento de trabajo N° 214 sobre "Antecedentes para la legislación sobre uso de los suelos" (Chile Forestal N° 216 Mayo 1994, Pág. 38-40), que será una herramienta valiosa para la racionalización de los suelos.

## **CAMBIOS TECNOLOGICOS EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA PROVINCIA DE ÑUBLE**

El área agroecológica de la precordillera andina por características de suelo, clima y topografía ofrece condiciones favorables para la producción de cultivos en los sectores planos y de ganadería ovina y bovina en la mayor parte del área. Hasta 1976 la productividad de la zona fue baja en relación con su potencial. En 1976 se inició un proyecto de investigación y transferencia tecnológica para el sector con financiamiento del gobierno de la región (INIA 1977), el cual en un principio no tuvo gran respuesta por parte de los agricultores. Sólo a partir de 1982 se notó un mejoramiento real en la productividad con la implementación de nuevas políticas económicas (bandas de precios, crédito cerealero).

Los principales aspectos técnicos mejorados fueron:

- variedades de buena calidad
- mecanización
- fertilización
- control de enfermedades
- control de malezas

Como consecuencia de la combinación de tecnología adecuada y disponibilidad de recursos financieros y precios, la producción de cultivos mejoró significativamente. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el avance tecnológico y de desarrollo alcanzó preferencialmente a los cultivos. En la ganadería no se manifestó un cambio sustancial en los niveles de producción y hasta el presente existe una explotación marginal de tipo extensivo de baja producción.

# VARIACION DE PARAMETROS DE SUSTENTABILIDAD MEDIDOS EN UN ESTUDIO DE ROTACIONES DE CULTIVOS

## Parámetros de Sustentabilidad

Existe una amplia gama de interpretaciones en torno al concepto de sustentabilidad de los sistemas productivos. En este trabajo se ha tomado como base la experiencia acumulada en el Centro Regional de Investigación (CRI) Quilamapu, para aunar criterios sobre el tema de la sustentabilidad de los recursos productivos y simplificar un término que puede extenderse más allá de los límites que un grupo reducido de técnicos en la práctica puede manejar.

Desde esa perspectiva, para las condiciones de la zona de influencia del CRI Quilamapu, el elemento que está amenazando seriamente la sustentabilidad es el **deterioro de los suelos**. Para monitorear los cambios que amenazan la sustentabilidad se definieron una serie de parámetros deseables de medir (Cuadro 3), con el objeto de evaluar el impacto de los sistemas productivos, y proponer las medidas necesarias para remover o aliviar su efecto.

## Estudio de Rotaciones de Cultivos de Largo Plazo

Un experimento de rotaciones se ha mantenido en la precordillera durante 16 años para examinar los cambios ocurridos en los suelos con sistemas productivos que representan diferentes grados de intensificación de la agricultura de la zona.



**Cuadro 3. Propiedades del suelo deseables de medir para monitorear su sustentabilidad**

Propiedades	Básicas	Complementarias
Físicas	Erosión	Capac. retención agua
	Densidad aparente	Permeabilidad
Químicas	Nitrógeno total	Otros nutrientes
	Fósforo Olsen	Salinidad
	Potasio de intercambio	Sodio
	Acidez (pH)	
Biológicas	Materia orgánica	Biomasa microbiana
		Fauna del suelo

El ensayo está ubicado en la localidad de San Pedro por el camino a Yungay y San Miguel. La topografía es de lomajes suaves y se ubica a una altura de 335 msnm. La vegetación nativa predominante corresponde a árboles de hoja caduca, en su gran mayoría pertenecientes al género *Notophagus*. El suelo corresponde a la serie Sta. Bárbara originado por cenizas volcánicas. El sitio del estudio representa razonablemente bien a la precordillera de Ñuble.

El ensayo de rotaciones se inició en 1977 y se ha mantenido sin interrupciones hasta la fecha siguiendo el procedimiento experimental establecido.

Las rotaciones de cultivo evaluadas son las siguientes:

1. Suelo sin uso (testigo) ( T )
2. Avena – Trigo – Avena – Trigo (A T )
3. Pradera natural (3 años) – Trigo (Pn T)
4. Pradera de Trébol subterráneo (3 años) – Trigo (Pa T)
5. Raps – Avena – Lenteja – Trigo (RALT)

Para los objetivos de este trabajo se analizaron dos rotaciones: la N° 3, Pradera natural (tres años) -Trigo, que representa un sistema

extensivo; y la N<sup>o</sup> 5, Raps - Avena - Lenteja - Trigo, que se asemeja a los sistemas más intensivos de uso del suelo en la zona.

El tamaño de las parcelas es de 20 m<sup>2</sup>, con cuatro repeticiones, arregladas en bloques al azar. El diseño del ensayo permite evaluar los efectos por año ya que cada tratamiento está presente cada temporada.

Las mediciones efectuadas incluyen:

- rendimiento y componentes de rendimiento
- enfermedades foliares y radiculares
- variaciones del estado nutricional de los suelos

La fertilización aplicada a cada rotación consiste en:

PnT:	pradera:	22 kg P/ha
	trigo:	150 kg N/ha y 54 kg P/ha
RALT:	raps:	150 kg N/ha y 67 kg P/ha
	avena:	150 kg N/ha y 54 kg P/ha
	lenteja:	31 kg P/ha
	trigo:	150 kg N/ha y 54 kg P/ha

Para el presente trabajo se hizo un muestreo intensivo del suelo a comienzos de 1994 que incluyó, además de los análisis de rutina, la capacidad de intercambio catiónico, cationes de intercambio, N total, densidad aparente y cálculo de porosidad.

### **Comportamiento del contenido de materia orgánica**

Los suelos de precordillera originalmente estuvieron cubiertos de bosques con especies de hojas caducas, tenían un alto contenido de materia orgánica con propiedades físicas favorables de estructura, infiltración de agua y retención de humedad.

De los datos obtenidos en el experimento se puede observar en la Figura 6 que existen diferencias en el porcentaje de materia orgánica en el sistema de producción intensivo después de 16 años. Es estadísticamente significativa la diferencia entre la rotación RALT y la PnT.

El porcentaje más alto de materia orgánica corresponde a la rotación de pradera natural (tres años) y trigo debido al aporte de residuos de las praderas, pero sobre todo al menor grado de laboreo a que se somete el suelo, ya que permanece tres años con pradera y luego uno con cultivo. En cambio, la rotación de raps, avena, lentejas y trigo tiene valores menores, posiblemente por mayor erosión debido a la alta frecuencia en el arado del suelo y también porque se intercalan dos cultivos que demandan labores de control de malezas manuales con movimiento y aireación del suelo en condiciones de buena temperatura y humedad. Este manejo diferente del suelo promueve una oxidación más rápida del carbono orgánico nativo del suelo.

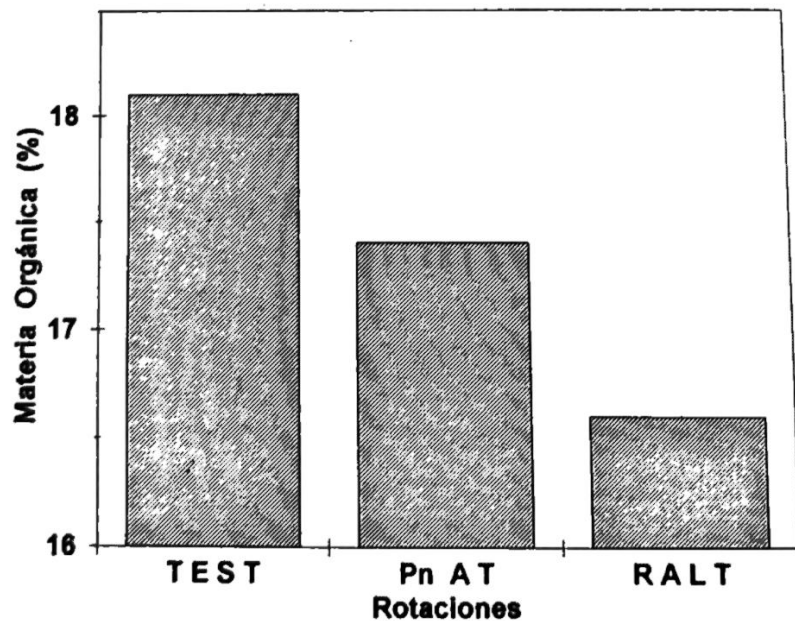


Fig.6. Variación del contenido de materia orgánica (%) del suelo en tres rotaciones de cultivo después de 16 años.

Al comparar la diferencia en el contenido de materia orgánica (el porcentaje expresado en kg/ha-20 cm) en los primeros 20 cm de profundidad entre el suelo testigo y el de la rotación más intensiva (RALT), se encuentra una disminución de 18.000 kg/ha en 16 años, lo que equivale a una tasa promedio de pérdida de 1.125 kg de materia orgánica/ha/año (profundidad 20 cm, densidad aparente 750 kg/m<sup>3</sup>).

Estas cifras ponen de relieve la importancia de establecer sistemas productivos que mantengan los niveles de materia orgánica, por su importancia en la sustentabilidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

### Indices de disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en el ensayo de rotaciones

#### *Nitrógeno disponible*

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de disponibilidad de nitrógeno en estratas de suelo, hasta un metro de profundidad. Las rotaciones con cultivos y el testigo presentan una menor disponibilidad de nitrógeno en esta estrata respecto a la rotación PnT.

**Cuadro 4. Nitrógeno disponible en el suelo**

Profundidad (cm)	ppm N disponible		
	PnT	RALT	Testigo
0-20	24	15	11
20-40	53	37	28
40-60	29	27	21
60-80	22	34	35
80-100	10	28	9
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>141</b>	<b>104</b>

Las pérdidas de nitrógeno en sistemas de cultivos son causadas principalmente por extracción de los cultivos, lixiviación de nitratos y denitrificación, mientras que en sistemas ganaderos predominan las pérdidas por volatilización de amoníaco a través de las fecas y orina. La intensidad de la acción de estos factores depende de la producción de los cultivos, precipitación total e intensidad, y propiedades físicas del suelo. En el caso de este experimento, las diferencias en N disponible están asociadas al contenido, tipo y dinámica de la materia orgánica que caracteriza a los suelos de las distintas rotaciones luego de 16 años.

### ***Fósforo disponible***

En la mayoría de los suelos agrícolas el fósforo disponible es insuficiente para una adecuada nutrición de las plantas. Esta característica se ve acentuada en los suelos de precordillera por su origen volcánico con alto contenido de arcillas amorfas del tipo alofán, que son capaces de inmovilizar hasta el 90% del fósforo que se aplica como fertilizante (Sadzawka 1985). También la materia orgánica contribuye a aumentar la inmovilización del fósforo.

En el experimento de rotaciones, el fertilizante fosfatado se aplicó en las cantidades recomendadas para cada cultivo o pradera, siguiendo las normas técnicas del Laboratorio de Análisis de Suelo del CRI Quilamapu. En el Cuadro 5 aparece el comportamiento del fósforo incorporado al suelo sobre el aumento de la disponibilidad del fósforo (método Olsen) y de acuerdo a las cantidades aplicadas en 16 años, en cada una de las rotaciones. Se puede apreciar una estrecha relación entre el fósforo aplicado y el disponible. El suelo sin aplicaciones tiene 6 ppm. Para aumentar 1 ppm en estos suelos se requiere aplicar entre 80 y 100 kg de P como fertilizante, dependiendo de la rotación de cultivos.

Se debe resaltar que el valor original de 6 ppm de P corresponde a la categoría BAJO de clasificación de fósforo disponible en el suelo mientras que el determinado después de 16 años está en la categoría ALTO, indicando una buena fertilidad con respecto a este nutriente.

te. En los diferentes sistemas productivos de la precordillera andina es indispensable elaborar estrategias de fertilización dirigidas a incrementar la disponibilidad de fósforo con lo cual es posible aumentar la actividad biológica del suelo, disminuir enfermedades radiculares y mejorar el crecimiento radicular, factores que influyen en la productividad de los sistemas agropecuarios y en la sustentabilidad de áreas agroecológicas frágiles.

**Cuadro 5. Efecto de diferentes dosis de fósforo aplicadas durante 16 años sobre el aumento del P disponible (Olsen) en las rotaciones de cultivos.**

Rotación	P aplicado (kg /ha)	Variación P -OLSEN	kg P / ppm
Testigo	0	6	0
Pn T	524	11	104
RALT	832	16	78

Como el P es deficitario en estos suelos y la eficiencia de los fertilizantes bastante reducida (menor al 10%), para obtener producciones comerciales es imprescindible aplicar fertilizantes fosfatados en dosis varias veces superiores a la extracción por los cultivos. Así, para el caso de este nutriente, la intensificación de la agricultura ha conducido a un incremento neto de la cantidad total de P del suelo y también de su fracción disponible, lo que constituye un verdadero "capital" para el agricultor.

### **Potasio disponible**

Los suelos volcánicos de la precordillera andina (Andepts) cuando no han sido intensivamente cultivados poseen cantidades suficientes de potasio disponible para suplir en forma adecuada la nutrición de cultivos y praderas y de esta manera obtener rendimientos altos y rentables.

En la Figura 7 se presenta la relación entre el número de años de cultivo y el índice de disponibilidad de potasio medido en un experimento complementario ubicado en el mismo sitio del ensayo con una rotación intensiva de trigo - lenteja. El potasio disponible del suelo en un comienzo era de 203 ppm, y se mantuvo en la temporada siguiente. De la segunda temporada en adelante, y como consecuencia de la suspensión de la fertilización potásica, se observó la reducción gradual y significativa de la disponibilidad de potasio del suelo hasta la temporada 1992-93 en que alcanzó un valor de 39 ppm, lo que muestra una disminución de 164 ppm de K en ocho años de cultivo, con una tasa promedio de disminución de 20.5 ppm por año. Cabe señalar que valores inferiores a 80 ppm de K en el suelo indican deficiencia para los principales cultivos y praderas y en este caso se alcanzó en la quinta temporada de cultivo.

La deficiencia de potasio aumenta cuando se producen períodos de sequía durante la época de crecimiento activo de las plantas (septiembre a noviembre para cultivos y hasta diciembre para praderas).

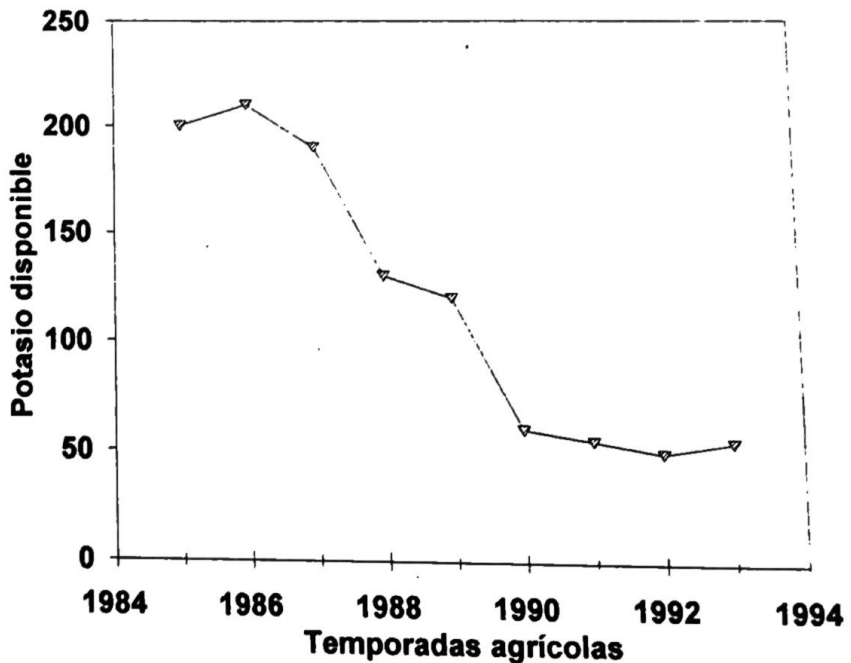


Fig.7. Cambio en la disponibilidad de potasio del suelo cuando se suspende la fertilización con este elemento.



En vista de estos antecedentes de dinámica del potasio en el suelo y de respuesta a la aplicación de fertilizantes es necesario proponer medidas correctivas para sistemas intensivos de producción. A diferencia de lo que ocurre con el P, el potasio está siendo explotado en forma tal que sus reservas se agotan en un plazo breve en suelos volcánicos.

### **Capacidad (efectiva) de intercambio catiónico y acidez**

La capacidad efectiva de intercambio catiónico (CEIC) de los suelos se asocia con la reserva de fertilidad y con la capacidad de los suelos de retener nutrientes en las cargas negativas originadas por los coloides. Esta propiedad de los suelos tiene especial importancia para evitar pérdidas de nutrientes por lixiviación.

En el Cuadro 6 se presentan los valores de los principales cationes de intercambio, la capacidad efectiva de intercambio catiónico y el pH, para las diferentes rotaciones a tres niveles de profundidad.

Al examinar los valores de CEIC no se aprecian cambios significativos entre las rotaciones, y en conjunto los suelos han mejorado ligeramente esta propiedad cuando se compara con la CEIC de los suelos sin cultivo (testigo) para las tres profundidades evaluadas. La razón de este incremento se explica por el efecto combinado de la continua aplicación de fertilizantes y un posible mejoramiento de la calidad de la materia orgánica proveniente de los residuos y raíces de los cultivos y praderas.

Por otra parte, la tendencia mostrada por los cationes después de 16 años no permite visualizar cambios notables entre rotaciones, con la sola excepción del K de intercambio que sí muestra una notoria declinación en la rotación más intensiva raps - avena - lenteja - trigo. En esta rotación el nivel de K ha disminuido considerablemente, mientras que los valores más altos corresponden a la que permanece tres años con praderas y en las cuales el suelo se somete a laboreo una vez cada cuatro años.

**Cuadro 6. Valores de calcio, magnesio, potasio, CEIC (cmol+/kg) y pH, a tres profundidades de suelo después de dieciséis años en ensayo de rotaciones**

Prof (cm)	Rotación	Calcio Magnesio Potasio CEIC				pH
		(cmol +/kg suelo)				
0 - 10	Testigo	8.56	0.90	0.26	9.72	6.1
	Pn T	11.00	0.98	0.37	12.35	6.2
	RALT	11.87	0.76	0.03	12.66	6.7
10 -20	Testigo	7.49	0.69	0.13	8.31	6.0
	Pn T	11.22	0.82	0.24	12.28	6.0
	RALT	12.26	0.79	0.08	13.13	6.8
20 -30	Testigo	6.57	0.76	0.10	7.43	6.2
	Pn T	13.25	0.70	0.10	14.05	6.4
	RALT	11.08	0.87	0.08	12.03	6.5

En relación al pH, no se aprecian cambios notables que afecten la nutrición de las plantas ni que promuevan una liberación de aluminio (pH menor a 5.6). A pesar que en algunos suelos de la zona se han reportado serios problemas de acidez, en este experimento no se han manifestado debido a la estrategia de fertilización que incluye fertilizantes nitrogenados de reacción básica (salitre sódico) permitiendo mantener el pH del suelo en un nivel adecuado. En la siguiente sección de este estudio se analiza el comportamiento de la acidez en predios de agricultores.

### **Situación Actual del Nivel de Fertilidad de los Suelos de la Precordillera Andina en Campos de Agricultores**

Con el objeto de conocer los cambios que el manejo practicado por los agricultores ha impuesto al suelo, se realizó un muestreo en

las comunas integrantes del sector. Se obtuvieron 120 muestras distribuidas de tal manera que cubrieran los suelos de las comunas incluidas en el área de estudio. En el laboratorio se analizaron los principales nutrientes disponibles presentes en el suelo (nitrógeno, fósforo, potasio); los cationes de intercambio (calcio, magnesio, potasio); la materia orgánica y el pH.

Los valores de los análisis de suelo se agruparon en las categorías Bajo, Medio y Alto de acuerdo con los índices determinados para esta área, calculando el valor de frecuencia por categoría de cada uno de los nutrientes, pH y materia orgánica. También se obtuvo el valor promedio de las mediciones en cada una de las comunas y se calcularon las diferencias significativas entre ellas.

## **Índices de disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio**

### ***Nitrógeno disponible***

En el Cuadro 7 se muestran los resultados de nitrógeno disponible al momento de efectuar las siembras. En general, el nitrógeno está en la categoría Bajo en porcentajes superiores al 93 % en todas las comunas con excepción de El Carmen. La baja capacidad de mineralización de nitrógeno determina que las producciones de cultivos de gramíneas se relacionen directamente con la cantidad de fertilizante nitrogenado que se incorpora al suelo. En Pemuco, el N tiene valores significativamente más altos que en el resto de las localidades. En ninguna de las localidades se encontraron suelos con nitrógeno disponible en la categoría Alto, por lo que no es posible obtener buenas cosechas sin la aplicación del elemento.

### ***Fósforo disponible***

El origen volcánico de estos suelos que impone la característica de alta fijación de fósforo se ve reflejado en el Cuadro 8, donde la mayoría de las muestras están ubicadas en la categoría Bajo. Estos resultados indican que es mínimo el cambio en la disponibilidad de fósforo que han experimentado los suelos como consecuencia de la

**Cuadro 7. Nivel de fertilidad de nitrógeno en campos de agricultores**

Localidad	n	Frecuencia			N (ppm)
		Bajo	Medio	Alto	Promedio
El Carmen	41	95	5	0	7.2 a
Pemuco	19	53	47	0	20.0 b
Pinto	20	95	5	0	5.7 a
Sn. Ignacio	27	96	4	0	7.7 a
Yungay	16	93	7	0	10.1 a

**Nota:** Promedios con distinta letra indican diferencias significativas a una  $P \leq 0.01$ .

Niveles:

- Bajo : < 20 ppm
- Medio : 21 - 40 ppm
- Alto : > 41 ppm

**Cuadro 8. Nivel de fertilidad de fósforo en campos de agricultores**

Localidad	n	Frecuencia			P (ppm)
		Bajo	Medio	Alto	Promedio
El Carmen	41	93	7	0	4.8 a
Pemuco	19	94	6	0	6.3 b
Pinto	20	99	1	0	4.1 a
Sn Ignacio	27	100	0	0	3.4 a
Yungay	16	100	0	0	4.4 a

**Nota:** Promedios con distinta letra indican diferencias significativas a una  $P \leq 0.01$ .

fertilización fosfatada en el tiempo. Los valores promedio son similares a los históricamente encontrados en esta área y sustancialmente más bajos que en el ensayo de rotaciones, donde se ha practicado una aplicación de fertilizantes más alta de acuerdo a las recomendaciones técnicas del laboratorio.

### **potasio disponible**

La situación actual descrita en el Cuadro 9 indica que entre el 32 y el 57 % de los suelos la disponibilidad de potasio es insuficiente para la buena nutrición de las plantas. Los estudios realizados en el CRI Quilamapu muestran que la pérdida de disponibilidad de K de estos suelos es rápida cuando son sometidos a una producción de cultivos intensiva, especialmente cuando la preparación de la cama de semillas se realiza en la forma tradicional, lo cual aumenta las pérdidas por lixiviación.

**Cuadro 9. Nivel de fertilidad de potasio en campos de agricultores**

Localidad	n	Frecuencia			K (ppm)
		Bajo	Medio	Alto	Promedio
El Carmen	41	32	39	29	126 ab
Pemuco	19	50	38	12	92 b
Pinto	20	55	40	5	85 b
Sn. Ignacio	27	57	43	0	93 b
Yungay	16	48	26	26	140 a

**Nota:** Promedios con distinta letra indican diferencias significativas a una  $P \leq 0.01$

#### **Niveles:**

- Bajo : < 80 ppm
- Medio : 81 - 150 ppm
- Alto : > 151 ppm

Generalmente, los niveles adecuados se mantienen por un período de 5 a 6 años, y luego se presentan deficiencias que se pueden corregir aplicando dosis moderadas de fertilizante potásico.

### Materia orgánica en campos de agricultores

Al examinar los resultados de materia orgánica presentados en el Cuadro 10, aparecen valores promedio entre 15.1 y 11.9% con diferencias significativas entre las localidades, pero en su mayoría caen en la categoría Alto. Estas cifras indican que el grado de intensificación de la agricultura no ha tenido aún un efecto negativo en este componente de los suelos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la zona se incorporó a una agricultura de cultivos en un período relativamente reciente. Es necesario, por lo tanto, recomendar prácticas de manejo conservacionista, principalmente siembra directa, que no degraden el recurso.

**Cuadro 10. Porcentaje de materia orgánica en predios de agricultores**

Localidad	n	Frecuencia			M.O. (%)
		Bajo	Medio	Alto	Promedio
El Carmen	41	0	15	85	12.7 ab
Pemuco	19	6	12	82	11.9 b
Pinto	20	0	15	95	13.2 ab
Sn. Ignacio	27	4	0	96	15.1 ab
Yungay	16	0	0	100	14.3 a

**Nota:** Promedios con distinta letra indican diferencias significativas a una  $P \leq 0.01$

Niveles:

- Bajo : 0 - 4.0 %
- Medio : 4.1 - 8.0 %
- Alto : > 8.0 %

## Acidez del suelo (pH)

El Cuadro 11 presenta los resultados de los análisis de suelo para pH (acidez del suelo). En el promedio general los suelos del área se encuentran en la categoría ALTO (mayor de 6). Sin embargo, llama la atención el número de casos donde el pH aparece en el rango BAJO (menor a 5.5) donde posiblemente ya existen limitaciones para el crecimiento de las plantas asociadas a la acidez, debido a un inadecuado desarrollo radicular. Los valores más bajos de pH están relacionados con el manejo del suelo (intensidad de uso, fertilizantes amoniacales y pérdidas por lixiviación). Los valores originales de estos suelos se encuentran alrededor de 6.2, que se considera adecuado, por lo que sería recomendable usar prácticas de manejo que conduzcan a obtener estos valores. En el ensayo de rotaciones se observó que usando prácticas adecuadas de fertilización, el pH se puede mantener en valores cercanos a su nivel original para la zona.

**Cuadro 11. Acidez del suelo medida por el pH en campos de agricultores**

Localidad	n	Frecuencia			pH
		Bajo	Medio	Alto	Promedio
El Carmen	41	10	34	56	6.1 a
Pemuco	19	12	44	44	6.0 a
Pinto	20	0	30	70	6.2 a
Sn. Ignacio	27	4	42	54	6.1 a
Yungay	16	19	37	44	6.0 a

**Nota:** Promedios con distinta letra indican diferencias significativas a una  $P \leq 0.01$ .

### Niveles:

- Bajo : < 5.5
- Medio : 5.6 - 6.0
- Alto : > 6.0

Con el objeto de examinar más en detalle el problema de acidez que se comienza a insinuar en esta zona, se realizó un muestreo adicional en suelos con diferentes grados de acidez y donde se conoce la historia de su uso y manejo, en especial lo relacionado al tipo de fertilización aplicada. Se obtuvieron los resultados analíticos de pH (al agua), calcio y aluminio intercambiables (Fig. 8). Al relacionar los resultados obtenidos se comprobó que efectivamente existe una fuerte dependencia de la acidez del suelo con la intensidad de uso. Los valores más altos de pH no superaron 5.9, llegando a valores inferiores a 5.5 y extremos de 5.0. Los valores de pH más bajos correspondieron a suelos de agricultores con más de quince años de cultivo permanente y con altas dosis de fertilizantes amoniacales.

La percepción de los agricultores con suelos ácidos es que los rendimientos de los cultivos de la rotación habían disminuido a pesar de haber mejorado las prácticas culturales y de manejo.

Al analizar los resultados de calcio y aluminio extractable del suelo (Fig. 8) se puede observar la relación que existe entre el pH y la saturación de calcio y aluminio. La saturación de calcio disminuyó de 93% hasta 72% cuando el pH cambió entre 5.9 y 5.0. El aluminio de intercambio aumentó fuertemente con el pH inferior a 5.5, llegando a

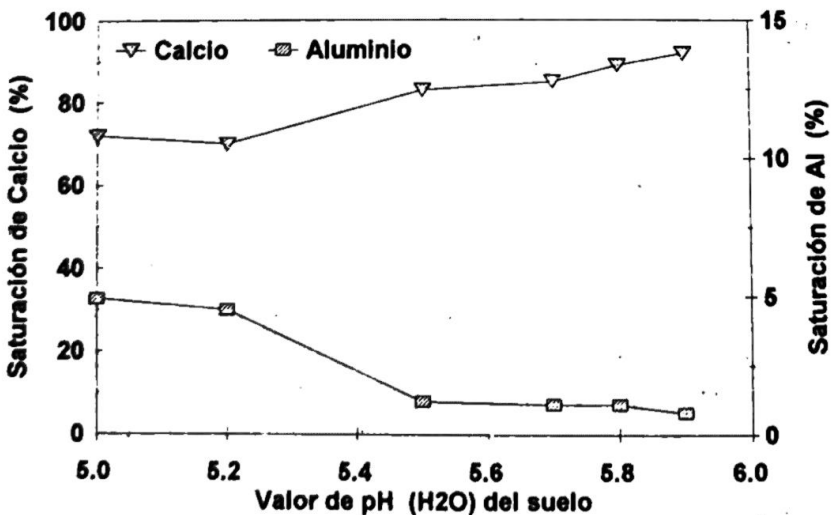


Fig.8. Relación entre el pH del suelo y el porcentaje de saturación de calcio y aluminio intercambiable.



porcentajes de saturación de aluminio de 6% de la capacidad efectiva de saturación de cationes, porcentajes en los cuales pueden existir fuertes daños radiculares en las plantas de trigo, raps, lentejas y forrajeras.

Cuando aumenta la acidez del suelo, disminuye la disponibilidad de la mayoría de los macronutrientes, lo que unido a un menor desarrollo radicular limita la absorción de nutrientes en las cantidades requeridas para un metabolismo activo y por tanto la obtención de buenas producciones.

### **Cationes de intercambio (Ca, Mg, K)**

En el Cuadro 12 aparecen los valores de los cationes de intercambio. El calcio de intercambio en su mayoría está en las categorías BAJO a MEDIO de los niveles establecidos para esta área agroclimática. Se detectan suelos en que el nivel de calcio es considerado insuficiente para promover buena disponibilidad de los nutrientes en el suelo y adecuada nutrición de los cultivos.

En la comuna de Pinto existe un alto porcentaje de suelos donde el calcio de intercambio es insuficiente, por lo que es indispensable realizar una fertilización que permita elevar el nivel de este elemento en el suelo y posteriormente mantenerlo. No se descarta la posibilidad que en los suelos de estos productores exista erosión, la cual ha degradado la capa superficial con la consecuente pérdida de nutrientes. Yungay y San Ignacio son áreas en las cuales los porcentajes de suelos bajos en calcio es inferior pero es recomendable realizar prácticas de corrección de la disponibilidad de este nutriente.

En relación con el potasio de intercambio, se detecta que ha existido pérdida de este elemento con un importante número de muestras de suelos que corresponden a la categoría BAJO. Lo anterior indica que la mayoría de los agricultores no fertilizan con potasio, basando la producción en el disponible nativo en el suelo que paulatinamente se agota con la intensificación de cultivos. También en la categoría ALTO hay un buen porcentaje de las explotaciones agrícolas en las que la concentración en el suelo es adecuada.

**Cuadro 12. Cationes de intercambio. Distribución porcentual de los distintos niveles en campos de agricultores**

Comunas	Ca			Mg			K		
	b	m	a	b	m	a	b	m	a
El Carmen	28	57	15	3	45	52	25	30	45
Pemuco	20	60	20	0	52	50	45	35	20
Pinto	50	50	0	5	85	10	25	45	30
Sn Ignacio	31	59	10	10	73	17	38	31	31
Yungay	44	50	6	13	62	25	6	44	50

ppm

Niveles	Ca	Mg	K
Bajo (b) =	< 4.0	< 0.4	> 0.25
Medio (m) =	< 4.1 - 0.8	0.5 - 0.8	0.26 - 0.40
Alto (a) =	> 8.0	> 0.8	> 0.40

En este sector y mediante investigaciones de campo, se ha comprobado que el potasio disponible del suelo disminuye gradualmente con la intensificación del suelo y con el número de años de cultivo que se realizan.

La mayoría de los suelos aparece con buena disponibilidad de magnesio y en pocos casos se presentan deficiencias del elemento. La tendencia es agruparse en la categoría MEDIO, por lo que no se descarta la posibilidad que con el tiempo estos niveles puedan disminuir y pasar a ser un elemento nutritivo limitante de la producción.

## Efecto de los Sistemas de Labranza en la Erosión de los Suelos de la Precordillera Andina de la Provincia de Ñuble

Otras prácticas que influyen en la sustentabilidad de los suelos de la zona son los sistemas de laboreo convencional que desencadenan procesos erosivos de diferente magnitud, según la pendiente del terreno y el tipo de cobertura vegetal en el período de lluvias.

Estudios recientes de erosión hídrica con distintos métodos de labranza (convencional, mínima, siembra directa y pradera natural) han probado los efectos del laboreo convencional en la erosión de los suelos de la precordillera.

En la Figura 9 se puede apreciar el agua escurrida en las parcelas de trigo con diferentes tipos de labranza del suelo y en una parcela con pradera natural. En el período de mayor intensidad de lluvia (mayo a julio 1994), con una precipitación de 538 mm, la diferencia en el agua escurrida según los diferentes sistemas de labranza es considerable, alcanzando a más de 600 m<sup>3</sup>/ha en la labranza tradicional, mientras en cero labranza o siembra directa disminuye aproximadamente a 70 m<sup>3</sup>/ha, y a menos de 50 m<sup>3</sup>/ha en suelos con praderas naturales. Esta significativa diferencia en el escurrimiento del agua está asociada con la distinta capacidad que tienen los suelos para infiltrar agua; en el caso de la labranza convencional se ve reducida por el efecto del laboreo en la estructura y estabilidad de los agregados y en el hecho de quedar el suelo desnudo en invierno, desprovisto de residuos, como ocurre con la siembra directa o con cobertura vegetal como es el caso de las praderas.

La diferencia en el escurrimiento del agua tiene un efecto directo en la pérdida de suelo por erosión. En la Figura 10 se puede apreciar que las pérdidas de suelo en el sistema con mayor escurrimiento de agua, como es el caso de la siembra tradicional, alcanzan a más de 8 toneladas de suelo por hectárea, varias veces mayor que en los sistemas de siembra directa y pradera.

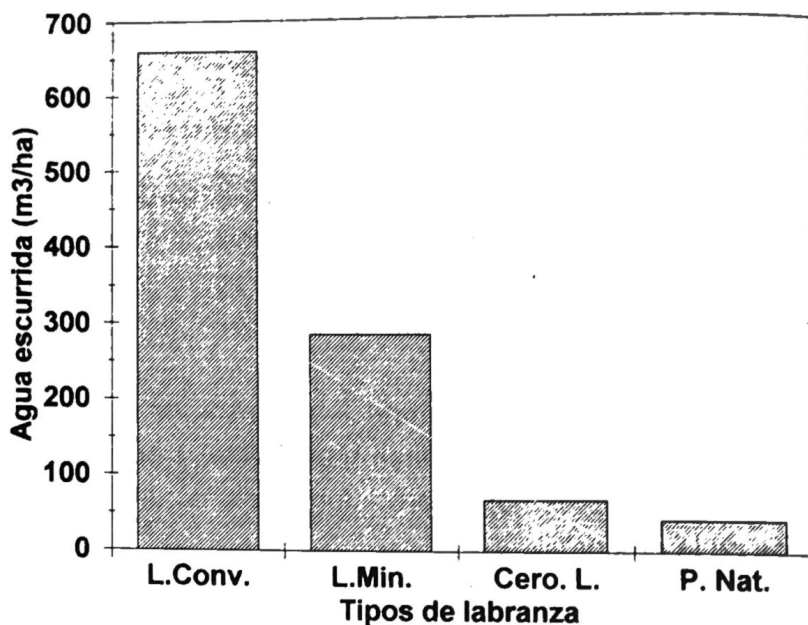


Fig. 9. Agua escurrida en tres sistemas de labranza y pradera natural entre el 25 de mayo y el 30 de julio de 1994.

La erosión generada con los sistemas tradicionales de laboreo introducen el elemento principal que amenaza la sustentabilidad de los suelos de la precordillera. Esto se agrava con los sistemas más intensivos de uso del suelo ya que cada año ocurre una situación similar, producto del laboreo para los cultivos.

De este modo, la combinación de un régimen pluviométrico caracterizado por una alta concentración de lluvias en invierno y un sistema de uso del suelo que lo deja desprovisto de una cubierta protectora (residuos o praderas) que destruye la estructura superficial, conduce inevitablemente a un deterioro de los recursos productivos al generar un intenso proceso erosivo en los suelos de la precordillera, como se ilustra en la Figura 11. Estas relaciones pueden ser útiles para predecir las pérdidas de suelo por erosión según el agua que escurre en diferentes condiciones.

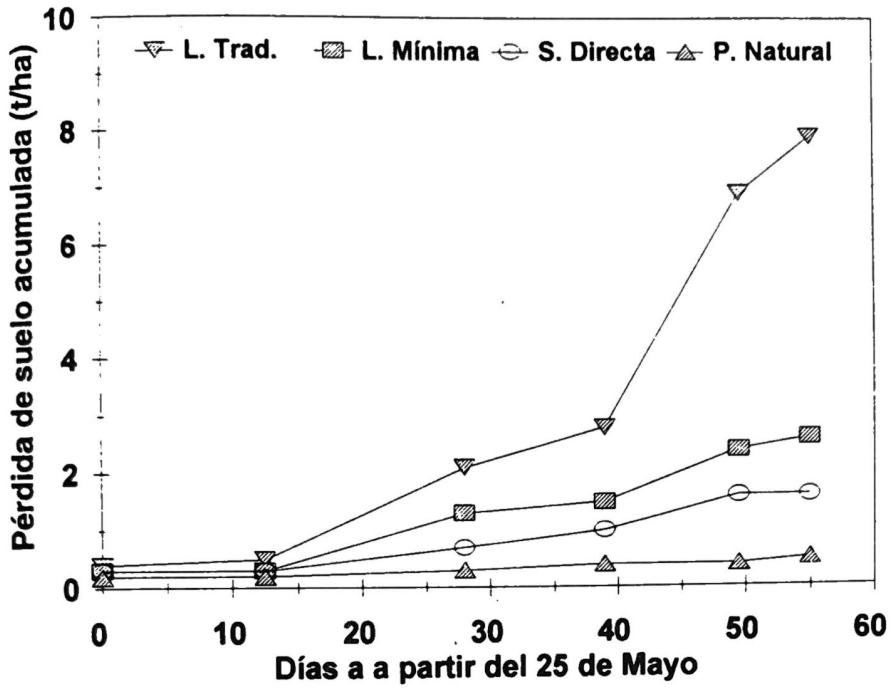


Fig. 10. Pérdida de suelo acumulada en tres sistemas de labranza y pradera natural.

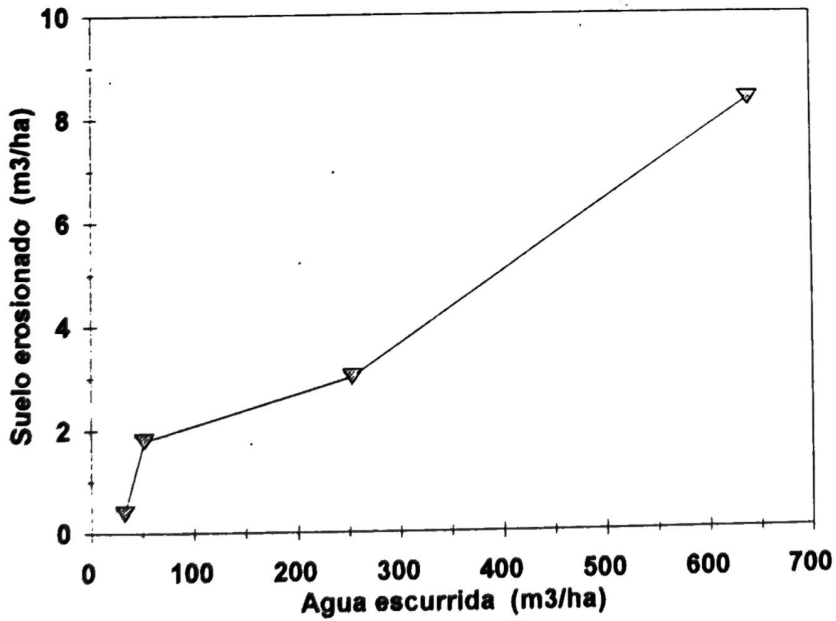


Fig. 11. Relación entre el agua escurrida y la pérdida de suelo en tres sistemas de labranza y pradera natural

## CONCLUSIONES

- Los cambios en la política de precios y créditos en la agricultura demuestran ser efectivos en promover o disminuir el interés de los productores por determinados cultivos, que a su vez se traducen en un efecto de variaciones en la superficie y en intensidad del uso del suelo. El estudio encontró que la superficie con cultivos intensivos se expandió un 30% como resultado de la política de precios y de créditos agrícolas.
- Las políticas de precios y créditos no siempre son utilizadas sólo por los agricultores establecidos en forma permanente. En los períodos favorables entran al negocio agrícola otros agentes, que para beneficiarse de estas políticas especiales para la agricultura, ponen en riesgo la sustentabilidad de los recursos.
- En las condiciones de la precordillera, el uso intensivo de los suelos promueve el deterioro de este factor de producción. La erosión del suelo es el parámetro más relevante con una tasa de pérdida anual estimada en 2 t/ha, especialmente cuando se usa la *labranza convencional*. La erosión del suelo puede reducirse cuatro veces si se utilizan métodos de laboreo como la *siembra directa*. Otro efecto negativo es la pérdida de materia orgánica, estimándose que durante un período de 16 años la misma se redujo a una tasa de 1000 kg/ha/año.
- Los parámetros de fertilidad de suelos mayormente afectados por la intensificación son la reducción de materia orgánica y el agotamiento de las reservas naturales de potasio, las cuales disminuyen 80 kg/ha/año. Además, hay un aumento en la acidez del sue-

lo que provoca limitaciones para la producción agrícola. La fertilidad de los suelos y su reacción (pH) pueden mantenerse en un rango aceptable si se usa una estrategia de fertilización adecuada, tal como la que se planteó en el ensayo de rotaciones.

- La situación en los campos de agricultores demuestra que la mayoría de los suelos se encuentran con severas deficiencias nutritivas, producto de un balance negativo entre la cantidad de nutrientes que extraen los cultivos (más otras pérdidas) y la aplicación de fertilizantes o residuos orgánicos. En el 35% de los casos estudiados, el calcio se encontraba en niveles bajos, similar al potasio, mientras que el pH se encuentra en niveles limitantes en el 10% de los predios analizados.
- Se puede concluir que las condiciones climáticas, de suelo y topografía hacen aconsejable desarrollar sistemas productivos preferentemente orientados hacia la ganadería, con la superficie dedicada a cultivos en áreas de pendientes menores al 5%. Los cultivos debieran desarrollarse sólo usando la siembra directa para evitar las condiciones que provocan erosión.
- Las políticas de precios favorables pueden generar una intensa utilización de los suelos y aumentar la superficie de cultivos en un 30%, disminuyendo al mismo tiempo las praderas. Sin embargo, los beneficios inmediatos para el agricultor enmascaran efectos negativos de deterioro de los recursos al cultivar en forma permanente suelos frágiles, que hacen dudar de las bondades reales de tales políticas en una perspectiva de largo plazo, ya que la sustentabilidad de los suelos se ve directamente afectada.

## LITERATURA CITADA

- ACUÑA, H.; SOTO, P.; KLEE, G.; RODRIGUEZ, N.; OVALLE, C.; MARTINEZ, G. 1990. Dosis de fósforo y potasio en trébol subterráneo en la precordillera andina de la región del Biobío. *Agricultura Técnica (Chile)* 50:7-16.
- \_\_\_\_\_.; SOTO, P.; VIDAL, A.; MARTINEZ, G. 1991. Fertilización de alfalfa con fósforo, potasio y azufre. *Agricultura Técnica (Chile)* 51:315-322.
- BESOAÍN, E. 1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago. 723 p.
- FNDR (FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL), Gobernación Provincial de Ñuble; Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu. 1977. Proyecto de Desarrollo Tecnológico para la Precordillera de Ñuble. Chillán, Chile. 162 p. Anexos.
- IREN (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN RECURSOS NATURALES). 1964. Descripciones de Suelos, Proyecto Aerofotográfico Chile/OEA/BID. Santiago, Chile. 391 p. (Publicación no. 2).
- KLEE, G.; RODRIGUEZ, N.; SOTO, P.; SAEZ, L.; PULIDO, R. 1992. Modelo de simulación de sistemas ganado - cultivo, para la precordillera de la zona centro sur. *Agricultura Técnica (Chile)* 52:68-73.



- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; DE OLIVEIRA, S. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, Brasil. 201 p.
- NOVOA, R.; VILLASECA C., S.; del CANTO, P.; ROUANET, J.; SIERRA, C.; del POZO, A. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 221 p.
- PEIRANO, P.; AGUILERA, M.; BORIE, G.; CAIOZZI, M. 1992. Actividad biológica en suelos volcánicos y su relación con la dinámica de la materia orgánica. Agricultura Técnica (Chile) 52:367-371.
- RODRIGUEZ, J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 291 p.
- \_\_\_\_\_. 1993. Manual de fertilización. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 362 p.
- RODRIGUEZ, N. 1992. Rol de las praderas en los sistemas de producción en Chile. INIA. Investigaciones Agronómicas 1:227-240.
- \_\_\_\_\_.; SILVA, F.; BELMAR, C. 1992. Factores que inciden en la producción de trigo en la región centro sur. 2. Rotaciones para los suelos de la precordillera andina. Agricultura Técnica (Chile) 52:11-17.
- \_\_\_\_\_.; RUZ, E.; KRAMM, V. 1994. Estudio de la fertilidad de los suelos en predios de pequeños agricultores de la precordillera andina de Ñuble. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Qullamapu. 18 p.
- SADZAWKA, M.; CARRASCO, M. 1985. Química de los suelos volcánicos. INIA. Suelos volcánicos de Chile. Santiago, Chile. p. 337-431.

# ANEXO 1

## EVALUACION DE PRECIOS REALES DE PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA PRECORDILLERA DE ÑUBLE

PERIODO 1978 – 1994 (MARZO 1994)

- 1.1 TRIGO
- 1.2 AVENA
- 1.3 CEBADA
- 1.4 LENTEJA
- 1.5 RAPS

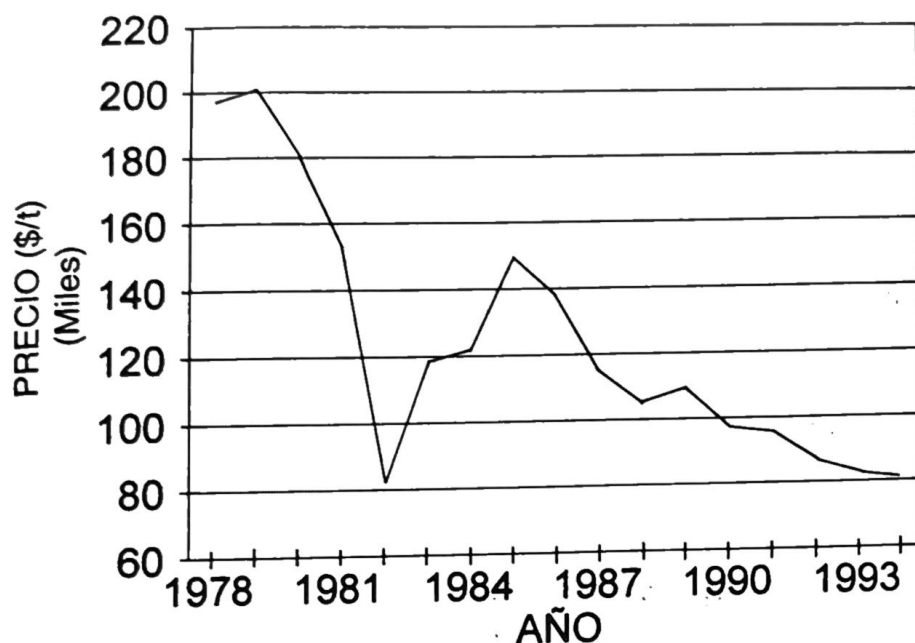


Fig. 1.1. Evolución del precio real del trigo. Período 1978-94 (M \$/t). Marzo 1994.

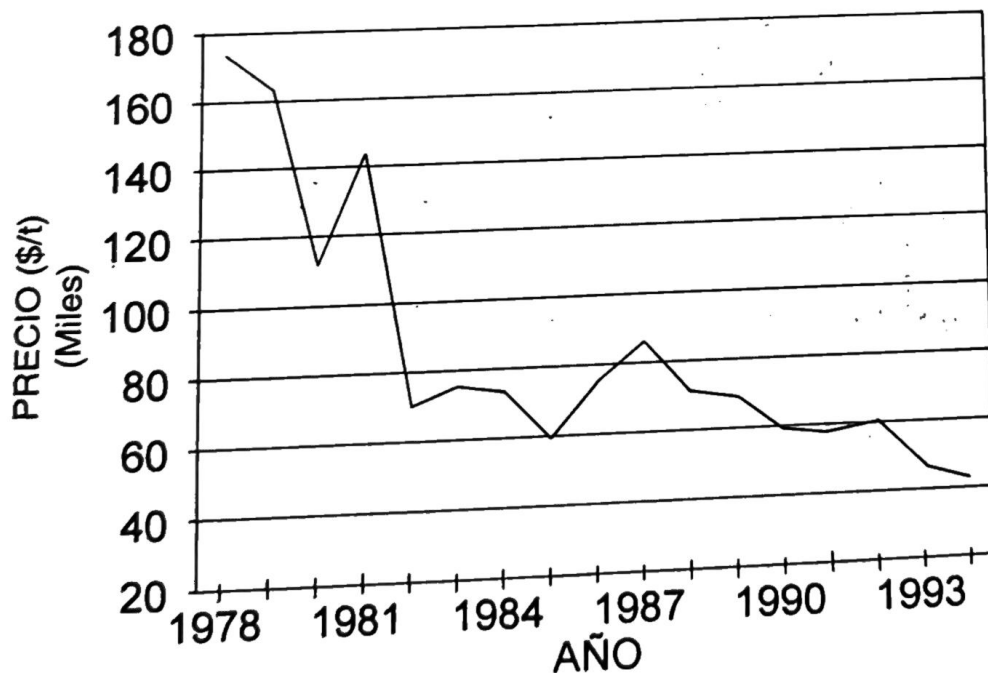


Fig. 1.2. Evolución del precio real de la avena. Período 1978-94 (M \$/t). Marzo 1994.

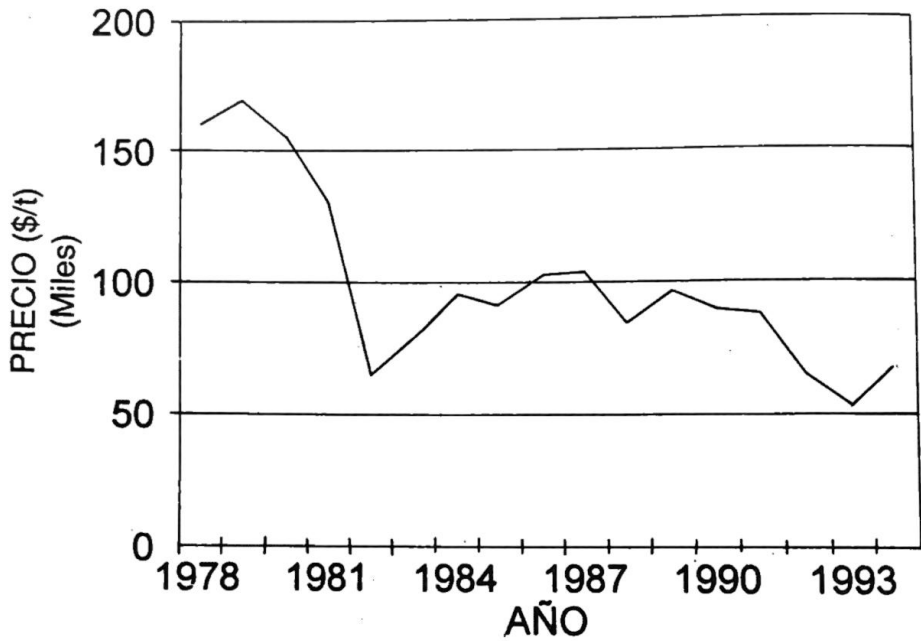


Fig. 1.3. Evolución del precio real de la cebada. Período 1978-94 (M \$/t). Marzo 1994.

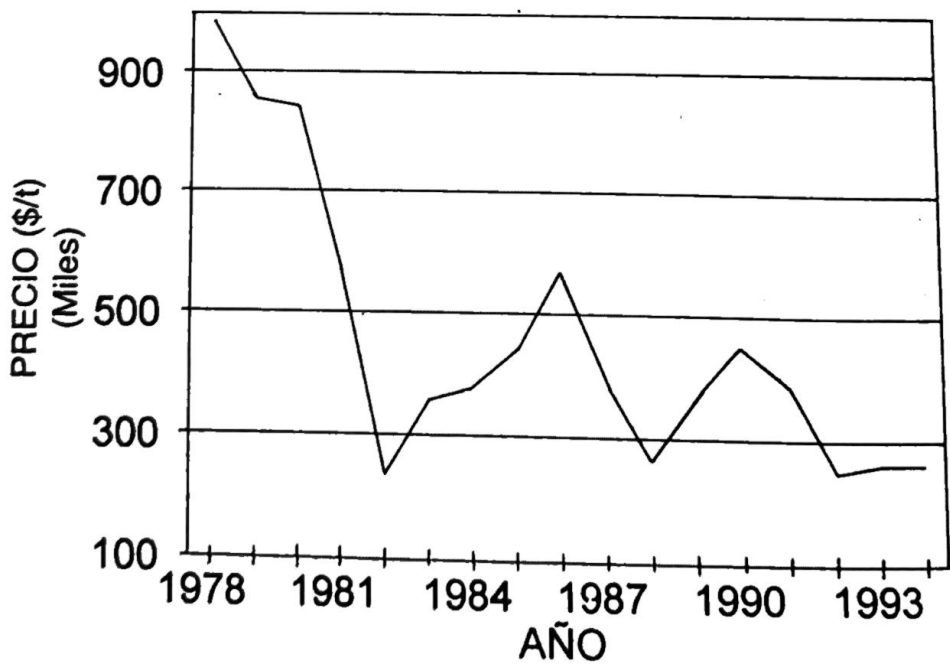


Fig. 1.4. Evolución del precio real de la lenteja. Período 1978-94 (M \$/t). Marzo 1994.

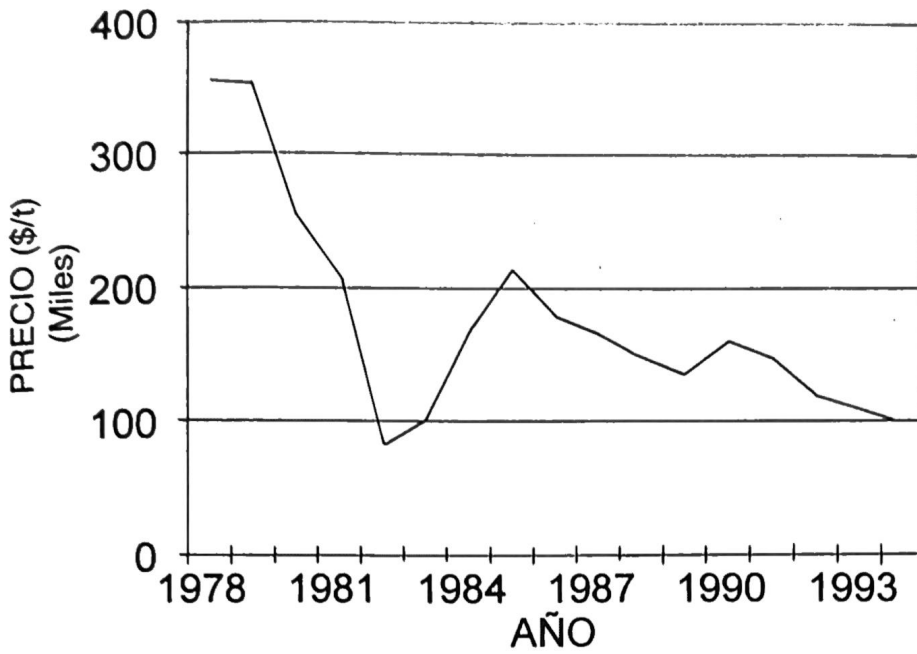


Fig. 1.5. Evolución del precio real del raps. Período 1978-94 (M \$/t). Marzo 1994.

# ANEXO 2

## SUPERFICIE, PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE:

- 2.1 TRIGO
- 2.2 AVENA
- 2.3 CEBADA
- 2.4 LENTEJA
- 2.5 RAPS

## EN LA VIII REGION

**Fuente:** ODEPA, 1994

## Anexo 2.1. Trigo.

Año	Superficie (ha)	Producción (quintales métricos)	Rendimiento (q. métricos /ha)
1978	151.720	188.722	12.4
1979	146.040	252.350	17.3
1980	160.850	249.113	15.4
1981	127.270	175.583	13.8
1982	123.340	196.111	15.9
1983	113.700	184.653	16.2
1984	154.610	320.632	20.7
1985	136.510	314.758	23.1
1986	153.230	392.878	25.6
1987	164.220	384.081	23.4
1988	150.090	395.911	26.4
1989	148.970	415.350	27.9
1990	148.590	343.630	23.1
1991	116.400	359.848	30.9
1992	109.870	369.714	33.7
1993	104.640	347.974	33.7
1994	102.150	-	-

**Nota:** 1 q = 100 kilos.

Igual para todos los cuadros de este anexo.

**Anexo 2.2. Avena.**

<b>Año</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (quintales métricos)</b>	<b>Rendimiento (q. métricos /ha)</b>
1978	25.360	20.232	8.0
1979	22.200	35.047	15.8
1980	26.940	42.390	15.4
1981	21.860	27.113	13.8
1982	14.120	20.192	15.9
1983	23.190	33.868	16.2
1984	25.090	42.703	20.7
1985	27.550	57.119	23.1
1986	24.000	40.379	25.6
1987	16.610	31.704	23.4
1988	18.940	40.606	26.4
1989	26.170	49.605	27.9
1990	26.520	64.725	23.1
1991	21.830	56.190	30.9
1992	15.530	39.922	33.7
1993	15.490	40.011	25.8
1994	14.250	—	—



**Anexo 2.3. Cebada.**

<b>Año</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (quintales métricos)</b>	<b>Rendimiento (q. métricos /ha)</b>
1978	2.800	4.172	14.9
1979	2.370	3.657	15.4
1980	1.680	2.766	16.4
1981	3.310	5.403	16.3
1982	2.860	7.150	25.0
1983	3.410	7.956	23.3
1984	4.570	13.710	30.0
1985	5.860	20.789	35.5
1986	5.580	19.341	34.7
1987	2.640	10.279	38.9
1988	4.260	15.574	36.5
1989	3.800	15.043	39.6
1990	4.710	16.758	35.5
1991	4.720	16.880	35.8
1992	3.470	13.627	39.3
1993	3.240	11.385	35.1
1994	2.930	—	—

## Anexo 2.4. Lenteja.

Año	Superficie (ha)	Producción (quintales métricos)	Rendimiento (q. métricos /ha)
1978	19.830	11.125	5.6
1979	35.490	22.288	6.3
1980	34.420	16.868	4.9
1981	30.210	11.024	3.6
1982	27.190	10.604	3.9
1983	16.470	9.461	5.7
1984	14.090	9.622	6.8
1985	20.310	14.815	7.3
1986	21.260	17.109	8.1
1987	27.750	11.495	4.1
1988	19.180	9.842	5.1
1989	8.330	3.920	4.7
1990	8.470	5.305	6.2
1991	8.170	6.345	7.8
1992	11.100	8.981	8.1
1993	7.910	6.306	8.0
1994	6.510	-	-

**Anexo 2.5. Raps.**

<b>Año</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (quintales métricos)</b>	<b>Rendimiento (q. métricos /ha)</b>
1978	3.090	4.293	13.9
1979	9.640	11.579	12.0
1980	7.340	7.877	10.7
1981	3.950	3.423	8.7
1982	1.630	1.842	11.3
1983	170	145	8.5
1984	50	75	15.1
1985	5.140	7.453	14.5
1986	10.580	23.326	22.1
1987	18.340	41.031	22.4
1988	26.570	53.541	20.1
1989	28.750	46.351	16.1
1990	12.440	23.526	18.9
1991	10.170	19.739	19.4
1992	10.690	18.282	17.1
1993	2.180	40.045	18.6
1994	3.070	-	-

Esta edición se terminó de imprimir  
en la Sede Central del IICA  
en Coronado, San José, Costa Rica,  
en el mes de enero de 1996,  
con un tiraje de 800 ejemplares.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA  
Sede Central / Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica / Tel.: 229-02-22  
Cable: IICASANJOSE/Télex: 2144 IICA CR / FAX (506) 229-47-41, 229-26-59 IICA COSTA RICA