

**Nicasio RODRIGUEZ S.\***

---

\* Ing. Agr., M.Sc., Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)-Chile

# ROL DE LAS PRADERAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION EN CHILE

## INTRODUCCION

La región Centrosur de Chile se encuentra ubicada entre los paralelos 35° y 38°; y 36° de latitud sur. La superficie agrícola total es de 3.556.270 ha (de las cuales 878.869 son regadas), que corresponde al 41% del total nacional dedicado a la agricultura. La población total es de 2.514.700 personas, de las cuales el 27,3% corresponde al sector rural. En cuanto a la producción de cultivos, ganadería y hortofruticultura, esta región contribuye con un valor aproximado al 30% del Producto General Bruto Agropecuario.

Las explotaciones agrícolas están basadas en siembras de cereales, remolacha,

oleaginosas, chacarería, praderas mejoradas y permanentes y hortofruticultura.

En la figura 1, aparece el mapa de la región centrosur, la cual se puede agrupar en cuatro unidades edafoclimáticas:

- Secano Costero
- Secano Interior
- Llano Central
- Precordillera Andina

Los cambios fundamentales se producen en las áreas edafoclimáticas y están basadas en condiciones variables de clima, suelo y topografía.

En la figura 2, se muestra un corte transversal de la región, indicando las características de topografía y altura en cada una de ellas. Las alturas varían en 0 y 800 metros sobre el nivel del mar en una distancia aproximada de 200 km. Las alturas, se relacionan directamente con las variaciones en temperatura y pluviometría, siendo las primeras mayores en la costa. La pluviometría aumenta desde el mar hacia la cordillera.

En general, el clima es a mediterráneo frío con veranos secos y lluvias en otoño e invierno, estaciones en las cuales las precipitaciones alcanzan al 80% del total anual.

## SUMMARY

---

*There are various cropping systems in south-central Chile associated to different soils, climates and topography. Annual crops have determined a gradual process of soil degradation.*

*Experimental results have demonstrated that rotation of crops and pastures reduces soil erosion and promotes a build-up in soil fertility due to higher fertilizer inputs, less cation losses and N<sub>2</sub> fixation by legumes.*

*Including **Medicago polymorpha** in the pasture mix increased the N availability, at the third year after established, from 20 to 106 ppm, and the soil organic matter content, from 0.9 to 1.5%.*

*Substantial increases in P availability due to phosphate fertilization in high P-fixing-capacity soils have been observed (0.78 ppm per each 100 kg P/ha/year).*

*Sustainable agriculture in this region requires the definition and application of sound farming systems with profitable results for the current society and for the future generations as well.*

---

## LOS SISTEMAS DE PRODUCCION CULTIVO-GANADO

Desde el momento en que el hombre comienza a intervenir en los sistemas naturales, las condiciones varían debido a la disturbación del suelo, introducción de cultivos, praderas, aplicación de productos fertilizantes y pesticidas. Los procesos de erosión, cambios de fertilidad, dinámica orgánica y de microorganismos de suelo, tienen una incidencia preponderante en la conservación y mejoramiento del recurso natural.

Parece fundamental la línea de investigación de Sistemas de Producción Agropecuaria que incluya: a) el estudio de la productividad; b) los factores de suelo que se modifican en diferentes rotaciones culturales con diferente intensidad de uso del suelo; c) las posibilidades de los agricultores que deberán adoptarlos. En la región Centrosur de Chile, se han estudiado dos de ellos con mayor intensidad, fundamentalmente por las limitaciones productivas que poseen y por la potencialidad de su mejoramiento en el corto y mediano plazo.

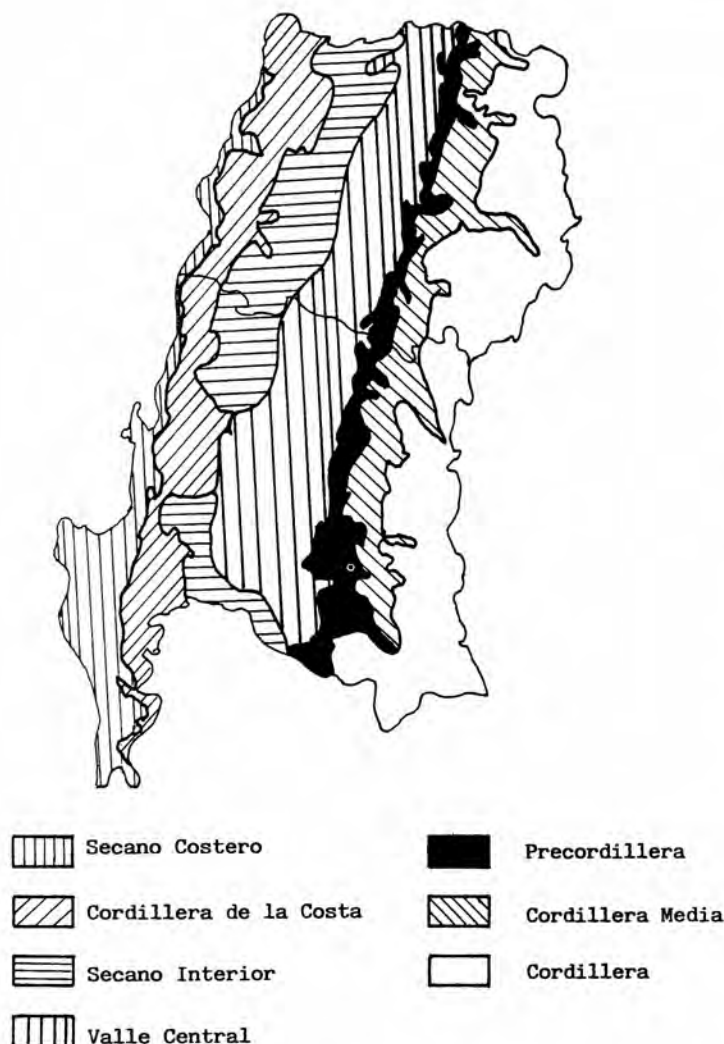


Figura 1. Áreas agroclimáticas de la VII y VIII región.

### RESUMEN

En la región centro sur de Chile, existen diferentes áreas edafoclimáticas, encontrándose en cada una de ellas, diferencias fundamentales que afectan los sistemas de producción.

Los sistemas agroecológicos se han ido degradando con la intensificación de la agricultura, especialmente cuando ésta se basa en cultivos anuales.

Resultados de investigación indican que sistemas de producción basados en rotaciones de praderas y cultivos promueven la detención de la erosión del suelo, el aumento de la fertilidad debido a la fertilización, menores pérdidas de cationes y un mayor aporte de nitrógeno por leguminosas incluídas en las mezclas forrajeras. La incorporación de praderas *Medicago polymorpha* sp. incrementan la disponibilidad de nitrógeno desde 20 ppm hasta 106 ppm en el tercer año después del establecimiento y aumentan desde 0,9 hasta 1,5% la materia orgánica, en similares condiciones. Se ha encontrado aumentos sustanciales en la disponibilidad de fósforo con la fertilización anual con este nutriente (0,78 ppm por cada 100 kg P/ha/año) en suelos de alta capacidad de fijación con este elemento.

La agricultura sustentable en esta región requiere la aplicación de sistemas de producción sólidos con resultados positivos para la actual y las futuras generaciones.

### SECANO INTERIOR

El Secano Interior es una extensa zona ubicada en la vertiente oriental de la cordillera de la costa (figura 1). Entre las regiones VII y VIII, la superficie apta para cultivos (suelos Clases, II, III y IV) es de alrededor de 160.000 ha, lo que representa el 15% de la superficie total. La vegetación típica del área es la estepa de espinos (*Acacia caven*) con una estrata herbácea compuesta principalmente por especies gramíneas (ballica, tembladera, etc.) y algunas leguminosas (tréboles, hualputras) y geraniáceas (alfilerillos).

En esta zona se desarrolló una explotación agropecuaria extensiva y poco tecnificada, con niveles de producción muy inferiores a los potenciales detectados por INIA para el área. El sistema tradicional de agricultura en el Secano Interior, se ha basado fundamentalmente en una rotación de praderas naturales y trigo. Bajo este sistema, el suelo se ha deteriorado enormemente debido en parte, al sobrepastoreo y al cultivo de cereales sin fertilización y principalmente, por el uso de suelos con excesiva

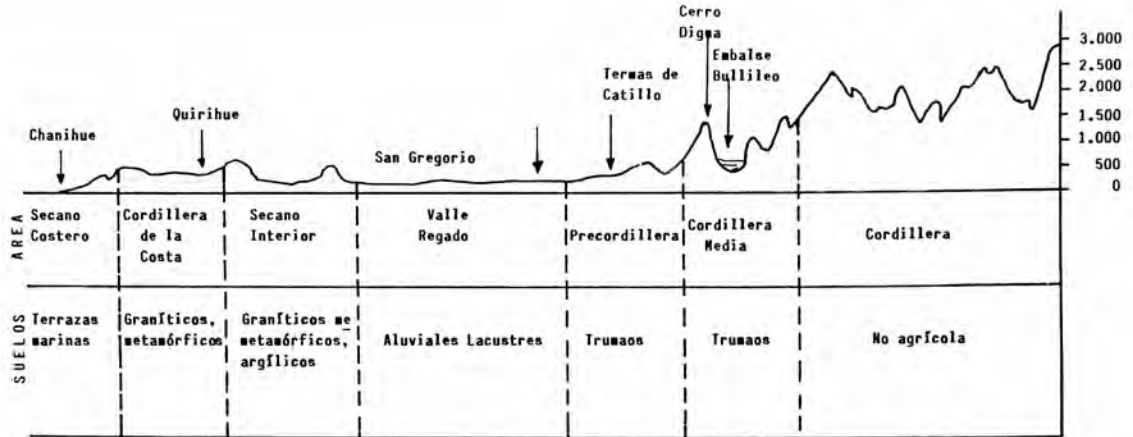


Figura 2. Areas agroecológicas en un corte transversal en la latitud 36° 18' S.

pendiente. Estos factores han hecho disminuir la productividad natural del suelo.

Las mejores praderas naturales son aquellas donde se ha mantenido la estrata arbustiva de espinales y el suelo no se ha removido durante años. Lamentablemente, esta condición no es frecuente en la zona y lo normal es encontrar praderas muy degradadas, con total ausencia de la estrata arbustiva y donde la rotación trigo-pradera natural ha sido una práctica repetida durante varios años. En estas praderas sucesionales, la productividad es muy baja y aumenta lentamente a medida que se distancian las siembras de cereales en el tiempo.

En el cuadro 1, se indican las producciones de diferentes especies de praderas sembradas y espontáneas con y sin fertilización. La máxima producción de materia seca (MS) alcanzada es de unas 3,3 t ha<sup>-1</sup> con trébol subterráneo fertilizado, y algo similar se obtiene con falaris. La pradera natural permanente obtiene un valor menor equivalente a 2,4 t ha<sup>-1</sup> de MS. Cuando en el sistema se introduce la disturbación del suelo y siembra de trigo, la pradera sucesional es de baja producción (menos de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de MS) y de baja calidad.

Por las características agropecuarias del Secano Interior, el uso de leguminosas forrajeras anuales que replacen la pradera sucesional después del cultivo del cereal, parece ser una buena alternativa para la zona. Desde hace un tiempo se ha estado estudiando un sistema agropecuario, que consiste en la rotación de un cereal (trigo) con una leguminosa forrajera (hualputra) (nombre científico). Se presentan algunos de los resultados obtenidos con este sistema.

### Características edafoclimáticas del Secano Interior

El área presenta un clima mediterráneo, con una precipitación promedio anual de 700 mm, concentradas principalmente entre mayo y agosto. El período de sequía se extiende normalmente desde octubre a abril. Los meses más fríos son junio y julio, con temperaturas medias de 8°C a 9°C y heladas ocasionales. Los meses más cálidos y secos son diciembre y enero, con temperaturas medias de 20°C a 21°C (figura 3).

La topografía es de lomajes que van de suaves a escarpados. El suelo es de origen granítico, de textura franco-arcillo-arenosa en superficie y arcillo-arenosa en el subsuelo. Debido a condiciones de mal

Cuadro 1. Producciones, promedio de 5 años (t m.s./ha), de diferentes alternativas pratenses en el Secano Interior de la VII región.

Tipo de pradera	SF*	CF
Falaris	2,1	3,0 (50-75-50-S-B)
Trébol subterráneo	2,0	3,3 (32-100-50-S-B)
Falaris + Tr. Sub. + Ballica	2,9	2,9 (32-100-50-S-B)
Sucesional (rastroyo trigo)	0,9	1,8 (90-74-0)
Natural	1,4	2,4 (50-75-0)

\* SF y CF: Sin y con fertilización, respectivamente. Los valores entre paréntesis son niveles de fertilización nitrógeno-fósforo-potasio-azufre-boro.

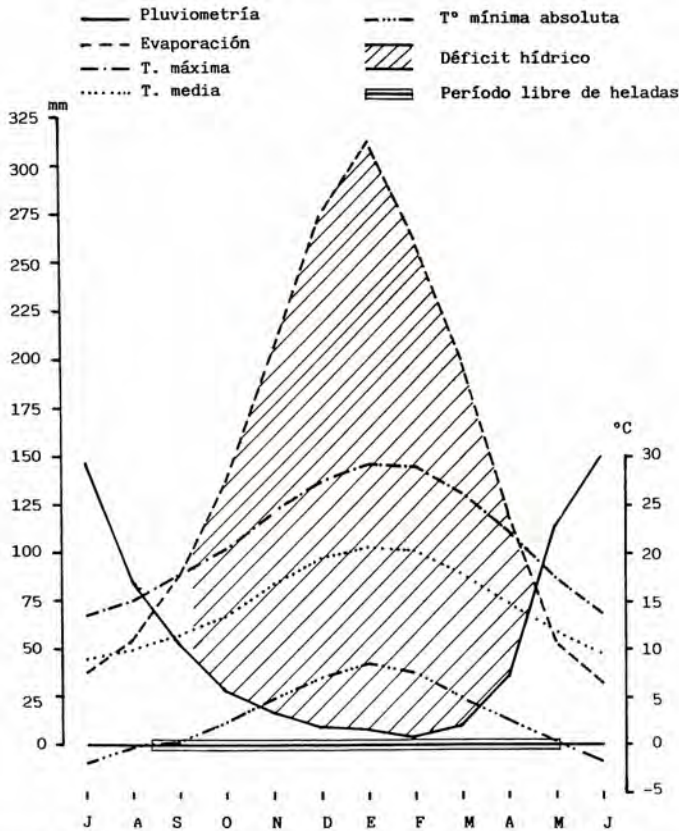


Figura 3. Climodiagrama de Cauquenes. Promedio de 32 años (1959/1990).

manejo, estos suelos se encuentran en un avanzado estado de deterioro por efecto de la erosión hídrica. Antecedentes obtenidos por INIA, indican que actualmente los suelos graníticos son pobres en nitrógeno y fósforo. El contenido de materia orgánica es bajo, fluctúa entre 1 y 3%, y el pH es de 5,1 a 6,0.

En el cuadro 2, se visualiza la situación actual y proposiciones de mejoramiento tecnológico posibles de ser adoptadas por los productores. En el sector de praderas naturales de baja producción que son utilizadas con ovinos, se propone un sistema basado en siembras de trigo con variedades primaverales, asociado con una leguminosa (hualputras), por las ventajas mutuas que se podrían obtener de mejoramiento del suelo y de la producción del trigo y de la pradera.

### Sistema hualputra-trigo

Las hualputras (*Medicago* spp.) son especies leguminosas anuales, nativas de la cuenca del Mediterráneo. Probablemente, fueron traídas a Chile por los españoles, como forrajes.

En el Secano Interior y en el Secano Costero de Chile Central, existen por lo

Cuadro 2. Situación actual y proposición progresiva de mejoramiento de los diferentes sectores del Secano Interior.

ACTUAL (degradación progresiva)				
Pradera natural	Viñas	Espinales en tierras bajas	"chacra"	Espinales en tierras bajas
Praderas anuales; trigo (1/5 años)	Viñas, uvas	Pastoreo permanente Carbón vegetal (1/20 años)	Maíz	Praderas anuales; trigo (1/10 años)
FUTURO (mejoramiento progresivo)				
Sistemas de producción	Viñas y huertos	Sistemas silvopastorales manejados	"chacra"	Sistemas silvopastorales con árboles
Trigo sembrado leguminosas anuales	Viñas, frutas	Malezas de árboles y arbustos; pradera permanente	Maíz	Arboles fijadores de N, arbustos; praderas permanentes.

menos dos especies de hualputras naturalizadas, *Medicago polymorpha* y *Medicago arabica*. Esta última especie se encuentra preferentemente en el Secano Costero. Actualmente, las hualputras crecen y se producen en suelos que no han sido arados, tales como orillas de caminos, huertos y viñas, y en algunas praderas naturales.

El sistema propuesto de hualputra-trigo, consiste en una rotación de leguminosa forrajera con trigo, donde la leguminosa es capaz de resemebrarse por sí sola. La dureza de la semilla de las hualputras es fundamental para mantener la rotación. En las especies de hualputras, un alto porcentaje de las semillas se mantienen impermeables al agua (semillas duras) y no germinan durante el primer año. Así por ejemplo, de las semillas generadas en la primavera del año 1, una pequeña fracción de ellas podrá germinar en el otoño del año 2 y el resto permanecerá en el suelo hasta el año siguiente. Esta es la característica que permite la "autorresiembra" de las hualputras después del trigo.

La rotación hualputra-trigo podría mejorar la fertilidad y la capacidad de retención de agua del suelo, reducir la erosión como así también, aumentar el rendimiento de trigo y la producción de carne en el Secano Interior.

### Metodología

La rotación hualputra-trigo, se ha estudiado en el Secano Interior de Cauquenes, desde hace cuatro años. Para ello, se usó una pradera antigua (7 años) de hualputras naturalizadas (*M. polymorpha*), que había emergido espontáneamente. Se planificó una rotación a cuatro años, donde la pradera de hualputra se mantiene por tres temporadas y luego se siembra trigo. De la superficie ocupada por la pradera de hualputra, se seleccionaron cuatro hectáreas y se dividieron en 4 potreros. Una hectárea se barbechó en la primavera de 1982 y se sembró con trigo en el otoño siguiente; en los otros tres potreros se sembró trigo en los años 1984, 1985 y 1986, respectivamente.

La fertilización (anual) usada en la pradera de hualputra, ha sido de 80 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triple (16 kg de P ha<sup>-1</sup>), colocado al voleo. El trigo se ha fertilizado con 65 kg de N ha<sup>-1</sup>, 16 kg de P ha<sup>-1</sup> y 20 kg de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se han controlado las malezas de hoja ancha, incluyendo las hualputras que emergen

en el trigo, no siendo necesario el control de gramíneas.

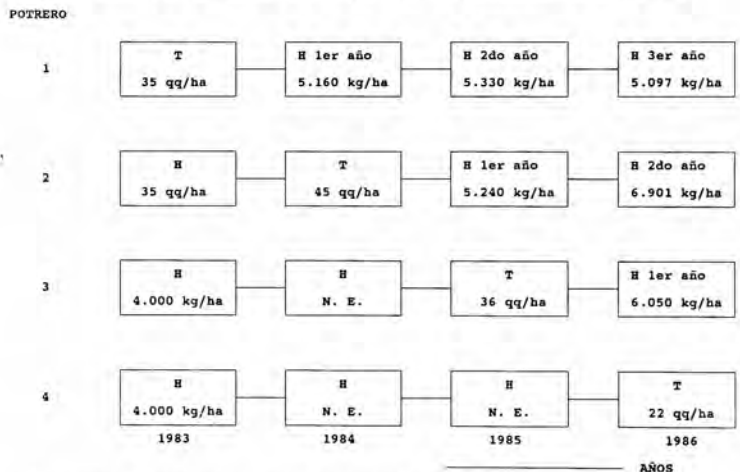
### Resultado

En el primer año del experimento (1983), que fue seco, se obtuvieron rendimientos de trigo muy superiores al promedio de la zona, llegando a 3,5 t ha<sup>-1</sup> con la variedad Lucero. En el caso de las hualputras, la producción fue de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca (cuadro 3).

Al año siguiente (1984), año lluvioso, el trigo Onda llegó a rendimientos de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, en tanto que la hualputra post-cultivo del trigo rindió 5.160 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. Pero, lo más relevante fue la gran recuperación de la pradera de hualputra en el rastreo de trigo, con la eliminación de muchas de las malezas que habían invadido la pradera, especialmente cardos.

En la temporada 1985, el cultivar de trigo Onda rindió 3,6 t ha<sup>-1</sup>, mientras que la prade-

**Cuadro 3.** Rotación hualputra-trigo en el Secano Interior de Cauquenes, 1983-1986. H = Hualputra. T = Trigo. N.E. = Producción no evaluada.



**Cuadro 4.** Nitrógeno mineralizable (incubado 14 días) y Materia Orgánica en praderas de *Medicago polymorpha* de distintos años post-trigo, en una pradera natural típica.

PRADERA	N-NO3 (ppm)	M.O. (%)
Natural	20	0.9
Medicago de un año	46	1.3
Medicago de dos años	50	1.6
Medicago de tres años	106	1.5

ra de hualputra regenerada en el rastrojo de trigo del año anterior, produjo 5.240 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. A su vez, la hualputra de segundo año después de trigo produjo 5.330 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca.

Las producciones de las praderas en la última temporada (1986), alcanzaron 6.000 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. La producción de trigo en ese año (2,2 t ha<sup>-1</sup>) fue inferior a la obtenida en años anteriores por atraso en la época de siembra.

En el cuadro 4, se comparan los resultados de mediciones de nitrógeno mineralizable obtenido por incubación durante 14 días de una muestra de suelo de pradera natural y de hualputra, de diferente permanencia después de la siembra de trigo.

Los resultados indican gran diferencia en los valores de nitrógeno y de materia orgánica. Estos valores son mayores en la pradera de hualputra de tres años con un aporte significativo de materia orgánica y

una cantidad significativa de nitrógeno, que puede ser utilizada por el trigo, de acuerdo a la rotación propuesta.

Finalmente, cabe destacar que las producciones obtenidas en las praderas de hualputra, superan ampliamente a las buenas praderas naturales y sembradas recomendadas para la zona (cuadro 1).

## Conclusiones

Los resultados de las cuatro temporadas analizadas hasta el momento, demuestran que la rotación hualputra-trigo puede ser una excelente alternativa a desarrollar en el Secano Interior. Se alcanzaron buenos rendimientos de trigo para las condiciones del área y muy buena producción de forraje, con lo cual se espera obtener una elevada producción animal.

## PRECORDILLERA ANDINA

La Precordillera Andina abarca el área comprendida entre el Llano Central y los contrafuertes cordilleranos, desde el río Perquilauquén por el norte hasta el río Collipulli por el sur. Posee una superficie total de 237.854 hectáreas de las cuales 109.265 son de aptitud agrícola y susceptibles de cultivarse en rotaciones más o menos intensivas. La vegetación predominante en el área es de bosques de especies nativas, con vegetación herbácea constituida principalmente por gramíneas.

La agricultura y ganadería del área es fundamentalmente tradicional en base a cultivos de secano: trigo, avena, centeno, lentejas y raps, principalmente.

La ganadería está constituida por ovinos y bovinos que utilizan praderas naturales permanentes y en rotación con trigo y en menor proporción praderas sembradas de trébol subterráneo con ballica anual. Por ser suelos ondulados, en su mayoría con pendientes pronunciadas, la erosión hídrica deteriora la capa arable de estos suelos durante la época invernal, en la cual se concentra la mayor caída pluviométrica (figura 4). El cultivo principal es el trigo (33.707 ha), cuyo manejo adolece de las prácticas adecuadas de rotación de cultivos, fertilización con nitrógeno y fósforo y adecuado control de malezas, principalmente

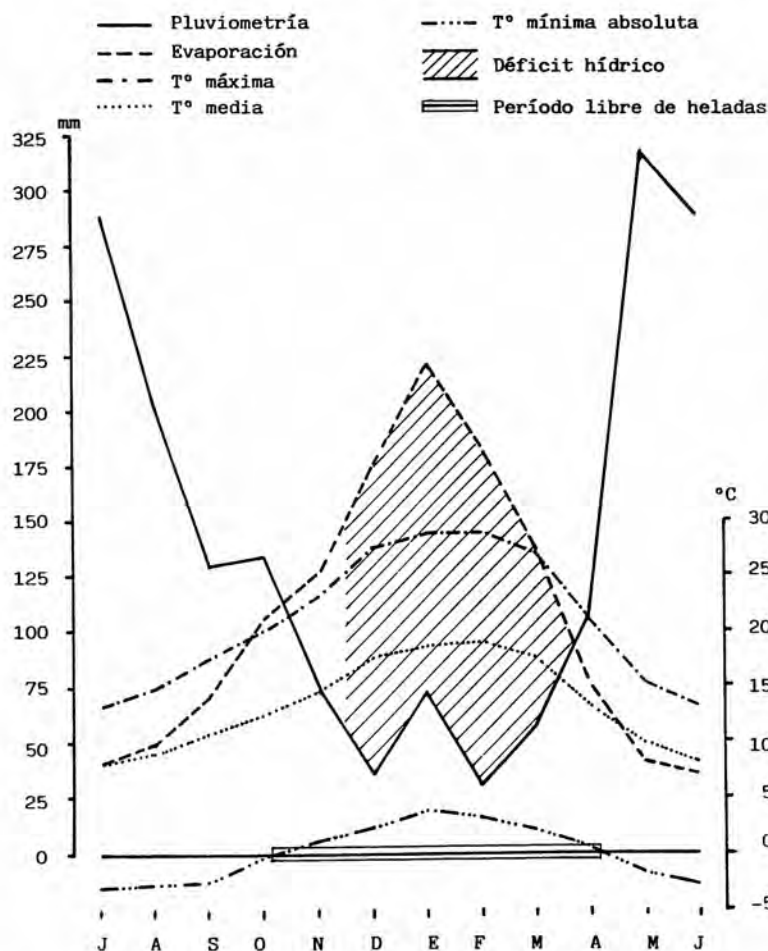


Figura 4. Climodiagrama de la Precordillera Andina de la región centrosur. Sta. Bárbara, promedio de 10 años (1979/1988).

gramíneas. Las principales rotaciones usadas por los agricultores, en la cual se incluye al trigo, son las que se presentan a continuación:

- Pasto natural-trigo	54%
- Pasto natural-otros-trigo	14%
- Trébol subterráneo con ballica-trigo	7%
- Pasto natural-avena-trigo	5%
- Otros	22%

Los rendimientos obtenidos por los agricultores con el trigo (1,3 t ha<sup>-1</sup>), es sustancialmente inferior al potencial calculado sobre la base de ensayos de productividad. Entre los factores que determinan esta baja producción, se destaca en primer lugar la rotación de cultivos, que permite un alto grado de infección del mal del pie (*Gaeumannomyces graminis tritici*) en las raíces de las plantas de trigo. También el fósforo nativo de este tipo de suelo es bajo como consecuencia de su origen volcánico, lo cual implica altas aplicaciones de fertilizantes fosfatados para subsanar la deficiencia de este nutriente. Por esta condición de alta deficiencia de fósforo del suelo, las prácticas de manejo que realicen incrementos del fósforo disponible del suelo, son las más apropiadas para elevar el nivel de producción en este área.

Podríamos considerar, entre las principales, a las rotaciones de cultivos más o menos intensivos que aportan anualmente cantidades variables de fertilizantes fosfatados. Estas agrupaciones variables están relacionadas con el valor de la producción que se obtenga en los diferentes sistemas agrícolas y ganaderos.

### Características edafoclimáticas de la Precordillera Andina

El clima del área es mediterráneo frío, con una precipitación anual promedio de aproximadamente 1.500 mm, la mayoría de la cual ocurre entre abril y noviembre. El período con déficit hídrico se concentra en los meses desde noviembre hasta marzo. La temperatura media es de 13 °C, desciende en los meses más fríos hasta -3 °C, con posibilidades de heladas desde el mes de abril hasta octubre. Existe también la posibilidad de mes seco por falta de lluvias efectivas en los meses de primavera-vera-

no. Dependiendo de la época, el déficit hídrico afecta tanto a los cultivos como a la producción de forraje que depende exclusivamente de las lluvias. En la figura 4, se presenta el climodiagrama para el área.

La topografía predominante es ondulada con pendientes variables que limitan la capacidad de intensidad de producción en algunos suelos. El suelo es de origen volcánico (Andosol), la textura superficial, es franco limosa y franco arcillo limosa en profundidad. La erosión hídrica es variable de acuerdo a la pendiente y a la intensidad de laboreo. El contenido de materia orgánica fluctúa entre 15 a 9%, presentándose en la mayoría de los suelos del área, deficiencias variables de nitrógeno y fósforo.

### Resultados obtenidos en seis rotaciones de cultivo

El ensayo de rotaciones en el área de suelos volcánicos de precordillera se inició en la temporada 1976/1977 en un suelo con pradera natural.

Las rotaciones de cultivo, fertilización y las secuencias de cultivos asociadas a las rotaciones aparecen en los cuadros 5 y 6. El ensayo presenta la característica que en todos los años se dispone de información en todos los cultivos y praderas seleccionadas en el ensayo, también tiene la característica de que el trigo aparece en todas las rotaciones.

El diseño experimental de campo, correspondió a bloques al azar con cuatro repeticiones y 19 tratamientos, originados por las 19 secuencias presentadas en el cuadro 5.

Cuadro 5. Rotaciones de cultivos utilizadas en el ensayo de campo.

Rota- ción	Cultivos	Duración del ciclo (años)
1	Monocultivo de trigo (Testigo)	1
2	Avena-trigo	2
3	Pradera natural (3 años)-trigo (PN-T)	4
4	Pradera sembrada* (3 años)-trigo (PA-T)	4
5	Raps-avena-lenteja-trigo (RALT)	4
6	Pradera natural (2 años)-avena-trigo (PN2-T)	4

\* Pradera de trébol subterráneo con ballica inglesa.

**Cuadro 6.** Fertilización nitrógeno-fósforo anual a los cultivos y praderas en las diferentes rotaciones culturales.

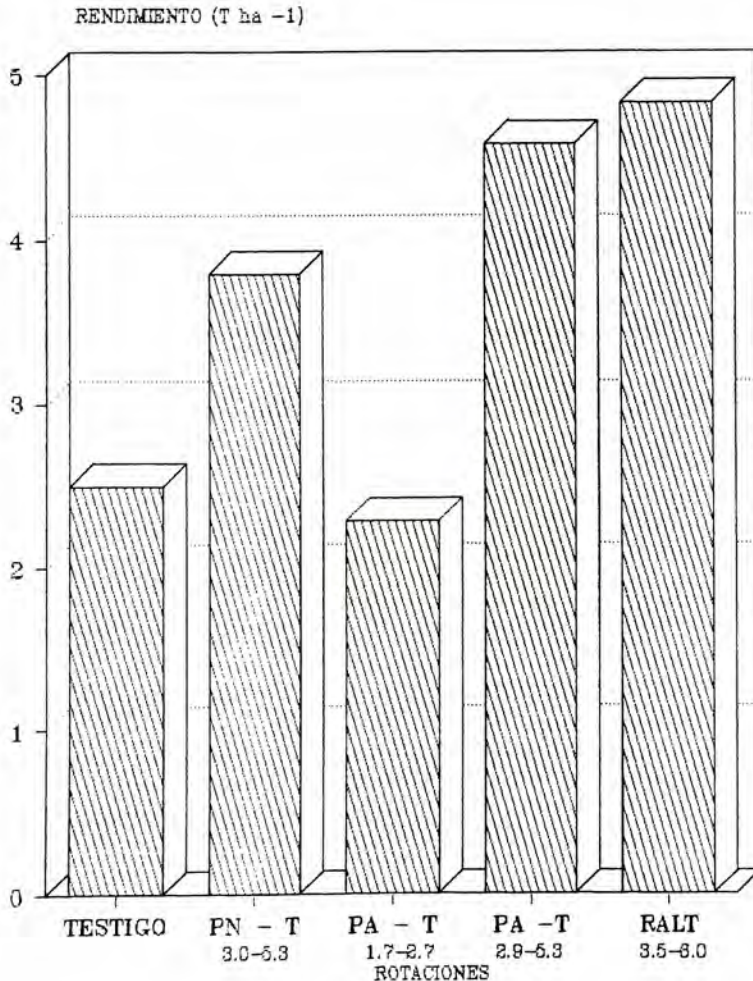
Cultivo	N kg ha <sup>-1</sup>	P kg ha <sup>-1</sup>
Trigo (T)	150	55
Avena (A)	100	55
Raps (R)	130	65
Lenteja (L)		30
Pradera natural (PN)		22
Prad. trébol ballica (PA-B)		44

## Comportamiento del rendimiento de trigo

La evolución del rendimiento de trigo en las rotaciones con pradera natural, artificial y cultivos permanentes comparados con el inicial, se indica en la figura 5. Es conveniente destacar que en la rotación pradera sembrada-trigo (PA1-T) inicialmente estaba constituida por trébol subterráneo en mezcla con ballica inglesa, el rendimiento de trigo en esta rotación varió entre 1,7 y 2,7 t ha<sup>-1</sup>, valores inferiores al testigo inicial. El causal de este bajo rendimiento fueron las enfermedades radiculares que eran mantenidas por las raíces de ballica. Al eliminar la ballica inglesa y mantener la pradera de trébol subterráneo, (PA2-T) el rendimiento de trigo subió en un rango entre 2,8 y 5,3 t ha<sup>-1</sup>, valores muy cercanos a la rotación R-A-L-T. Al comparar, los rendimientos, el menor corresponde a PN, con valores intermedios para PA y los mayores para R-A-L-T 3,5 a 6,0 t ha<sup>-1</sup>. Estos valores, están determinados por incidencia de enfermedades radiculares del trigo y una mayor acumulación de fósforo en las rotaciones de cultivos, en que la fertilización con este elemento fue mayor, como se verá más adelante.

## Producción de materia seca en las praderas naturales y sembradas

En la figura 6, se puede apreciar que la producción de MS t ha<sup>-1</sup>, es similar en los dos tipos de praderas, pero la calidad es muy diferente considerando el tipo de especies que las constituyen. El porcentaje de leguminosas en ambas praderas aumenta con la edad, siendo mayor en la de tres años después del establecimiento. Al comparar la contribución de leguminosas se comprueba que en la pradera artificial varía entre 16 y 55%, mientras que la pradera natural el rango es entre 5 y 12%. En lo referente a no leguminosas, en la pradera artificial existe un alto porcentaje de especies nobles en la cual domina la ballica inglesa, por el contrario en la pradera natural existe un alto porcentaje de gramíneas anuales y malezas.



**Figura 5.** Rendimiento de trigo (t ha<sup>-1</sup>) en una rotación de praderas naturales, sembradas y de cultivos, promedio 12 años.



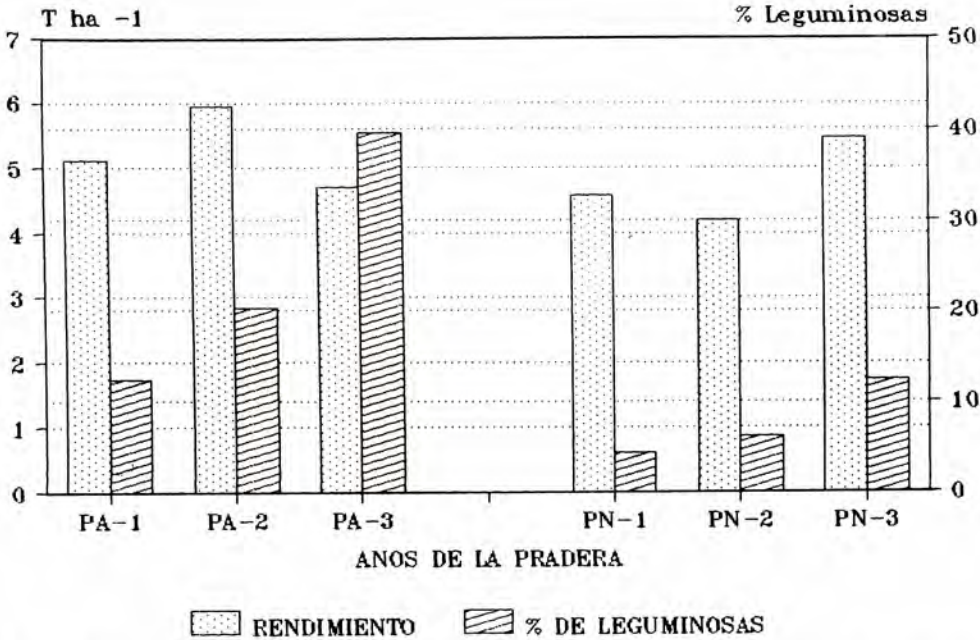


Figura 6. Producción de MS (t ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de leguminosas en praderas naturales y sembradas en rotación con trigo.

**Cambios de la concentración de nutrientes como consecuencia del manejo del suelo**

**Fósforo disponible**

Una de las principales limitantes de los Andosoles es la baja disponibilidad de fósforo y la alta fijación del elemento cuando es aplicado como fertilizante.

El fósforo se midió por el método de Olsen y se comprobó un incremento en su disponibilidad en todas las rotaciones empleadas. El fósforo al inicio del ensayo era de 5,5 ppm y después de 12 años se obtienen valores entre 23 y 12,5 ppm de P (figura 7).

El mayor valor corresponde al monocultivo de trigo, en el cual no hay extracción por el cultivo, el menor valor corresponde a pradera natural en que se efectuó menor aplicación de fertilizantes fosfatados. Como las dosis aplicadas de fósforo se relacionan con la fertilización del cultivo, se asoció la cantidad aplicada en los doce años con los valores de disponibilidad en el suelo. La regresión lineal aparece en la figura 8, con

un alto R<sup>2</sup> (0,96), lo cual indica una alta asociación entre la cantidad aplicada y los valores obtenidos en el suelo. Se puede indicar el aumento de 0,8 ppm por cada 100 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicado como fertilizante.

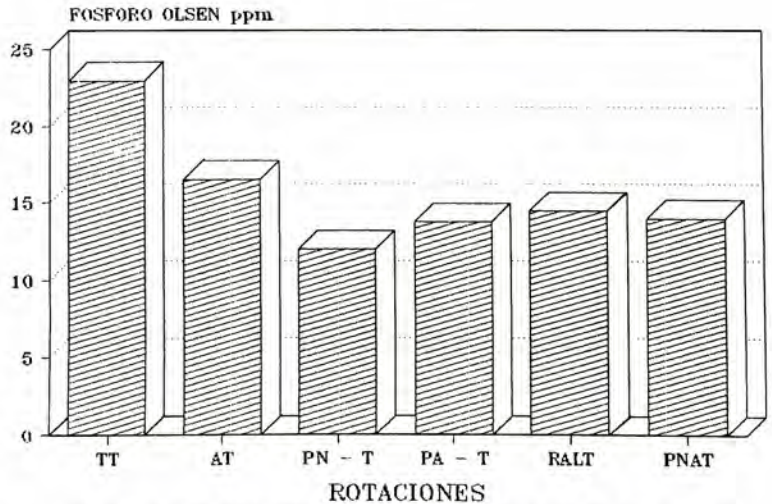


Figura 7. Fósforo disponible en el suelo después de 12 años en seis rotaciones de cultivos.

Nitrógeno inicial disponible

La capacidad mineralización de nitrógeno por el suelo ha disminuido especialmente en las rotaciones en que no hay leguminosas. En la pradera de trébol subterráneo, el aporte es mayor que en las demás. En la rotación R-A-L-T, existe un valor superior que está determinado por la presencia de lenteja en secuencia de cultivo (figura 9).

Potasio intercambiable

Se comprueba disminución importante del potasio intercambiable del suelo como consecuencia de las rotaciones de cultivo. Los valores han disminuido en un 50% comparados con los obtenidos inicialmente. La tendencia observada es la pérdida de potasio intercambiable en forma constante en el tiempo, llegándose en la temporada 1989 a valores que indican deficiencia del elemento, principalmente en las rotaciones sin praderas (figura 10).

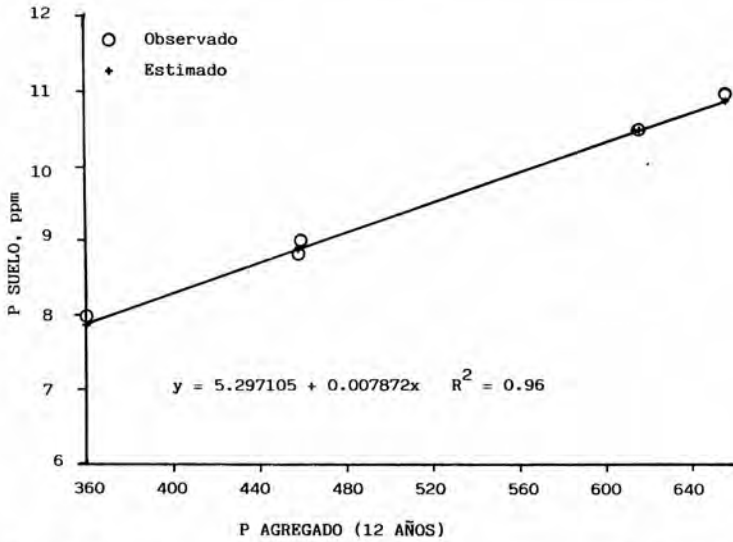


Figura 8. Relación lineal entre fósforo aplicado (kg ha<sup>-1</sup>) durante 12 años y el aumento de fósforo disponible Olsen (ppm).

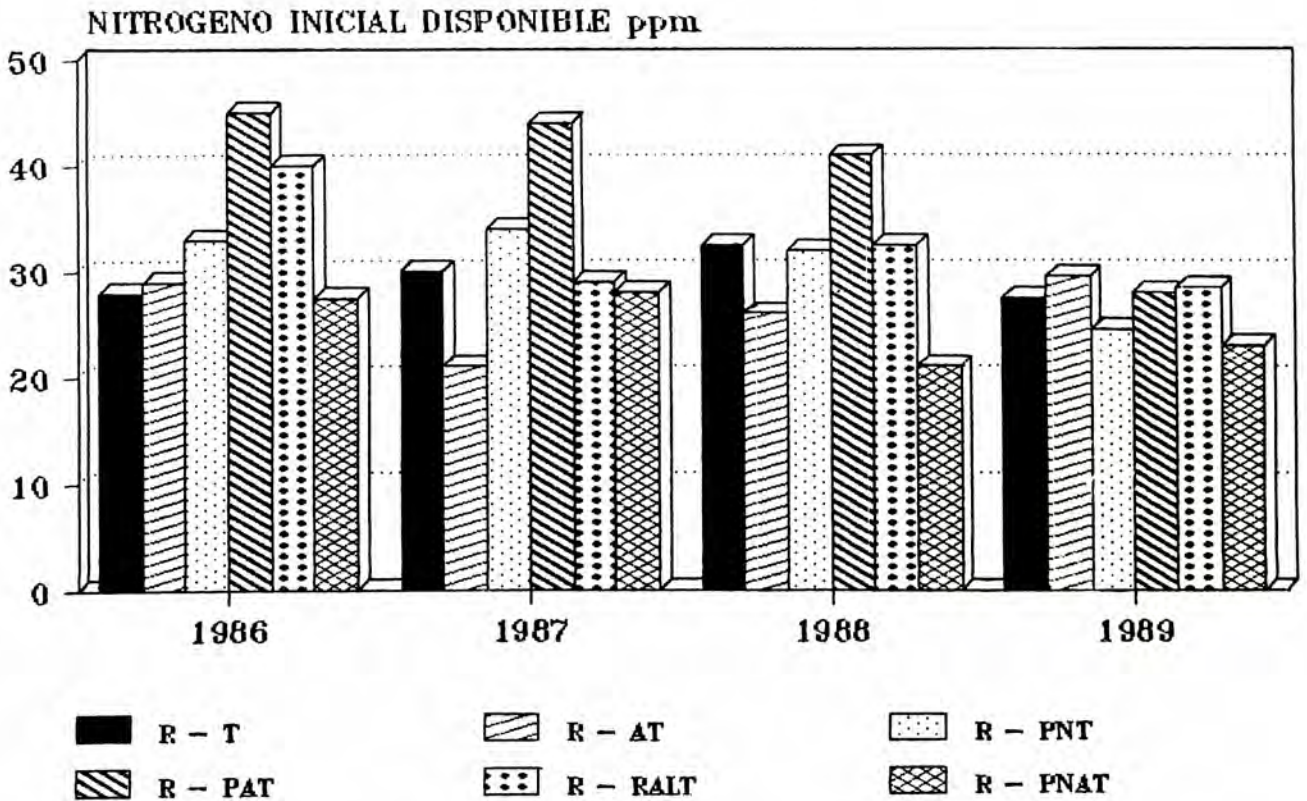


Figura 9. Nitrógeno inicial disponible en seis rotaciones en cuatro años consecutivos.

### Variación en otras mediciones del suelo

Los resultados obtenidos de análisis de muestras de suelo, no indican variaciones significativas de pH, M.O. y cationes de intercambio (Ca, Mg, K, Na) y de acidez intercambiable (Al e H).

### Efecto de dosis de fósforo sobre el rendimiento de trébol subterráneo y el nitrógeno y fósforo del suelo

En general, la producción de la pradera natural en la Precordillera Andina es baja y estacional, lo cual es factible de mejorar en base a praderas de leguminosas como es el caso del trébol subterráneo. Estas praderas, en condiciones del agricultor, reduce marcadamente la producción en el tercer y cuarto año, condición que es atribuible al manejo y a la fertilización fosfatada.

Con el objetivo de estudiar el efecto de la fertilización fosfatada sobre el rendimiento del trébol subterráneo, se estableció un experimento con 0, 22, 44 y 132 kg P ha<sup>-1</sup> durante tres temporadas. La fertilización se efectuó con superfosfato triple y la utilización del forraje con ovinos.

### Producción de MS, kg ha<sup>-1</sup>

Durante las tres temporadas, la fertilización fosfatada tuvo un efecto significativo sobre la producción de materia seca, aumentando en el segundo y tercer año después del establecimiento. El máximo rendimiento se obtuvo con dosis entre 44 y 132 kg de P ha<sup>-1</sup> y varió entre 4,7 y 9,4 kg de MS ha<sup>-1</sup> (figura 11). La variación entre temporadas, está relacionada con la pluviometría en los meses de septiembre a diciembre, período en el cual se desarrolla el trébol subterráneo (figura 12). También existió una relación consistente con la evaporación de bandeja (figura 13) determina la curva de acumulación de fitomasa entre los meses de julio y enero. El crecimiento se incrementa de acuerdo a la ecuación sigmoide, incrementando fuertemente entre septiembre y diciembre, época en la cual aparecen las diferencias atribuibles a la fertilización.

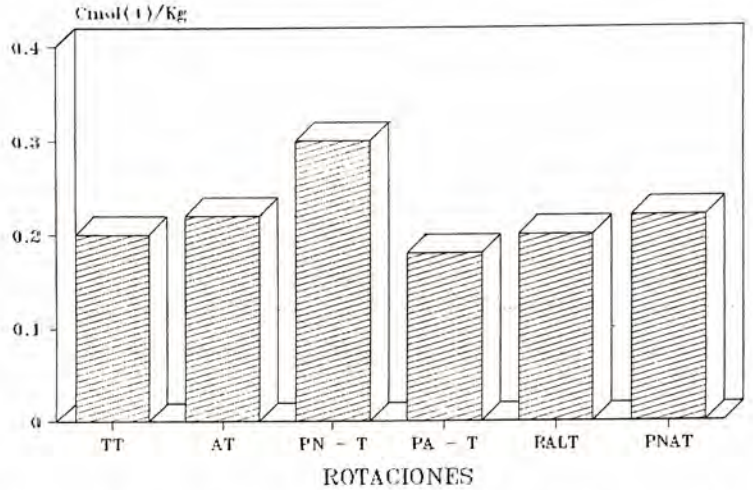


Figura 10. Potasio intercambiable en el suelo después de 12 años en seis rotaciones de cultivos.

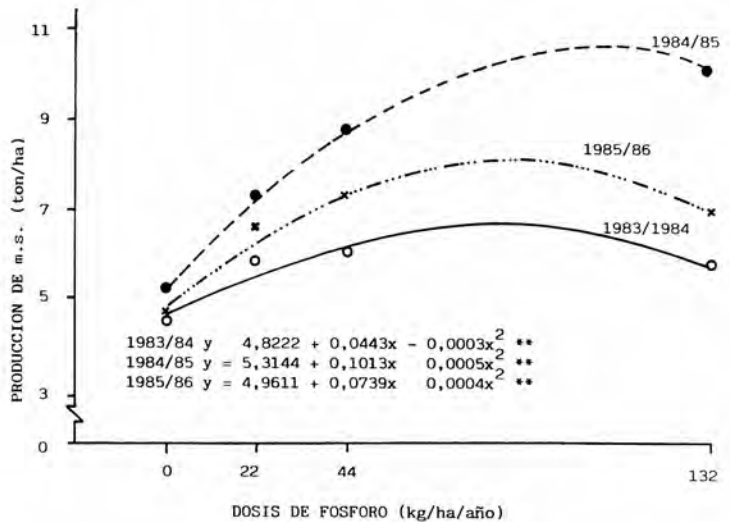


Figura 11. Producción de MS (t ha<sup>-1</sup>) obtenida con cuatro dosis de fósforo en tres temporadas.

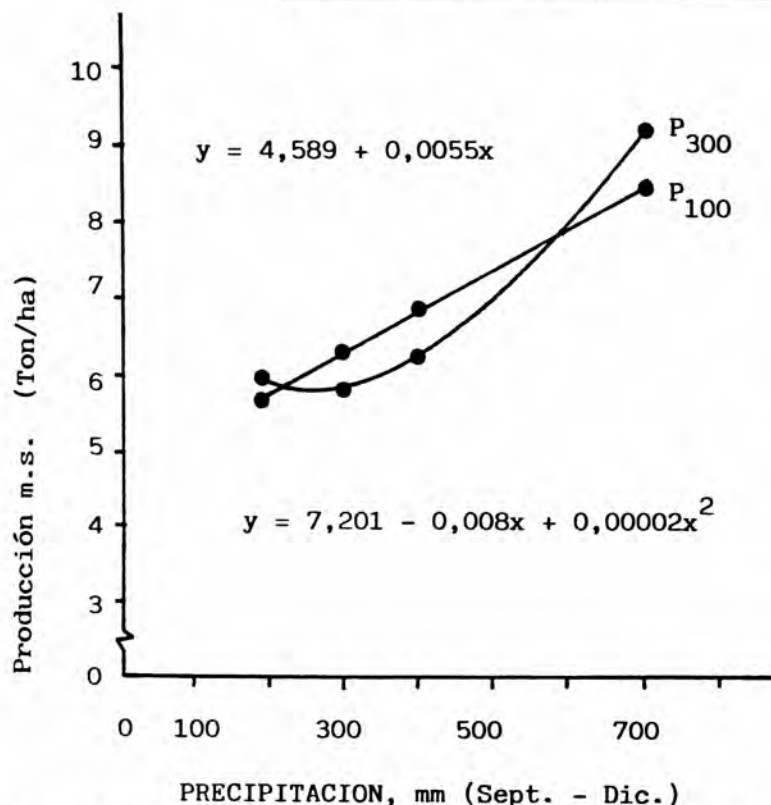


Figura 12. Variación de la producción de materia seca durante el período de crecimiento de la pradera (septiembre-diciembre), en relación a la precipitación, con 100 y 300 kg/ha de  $P_2O_5$ .

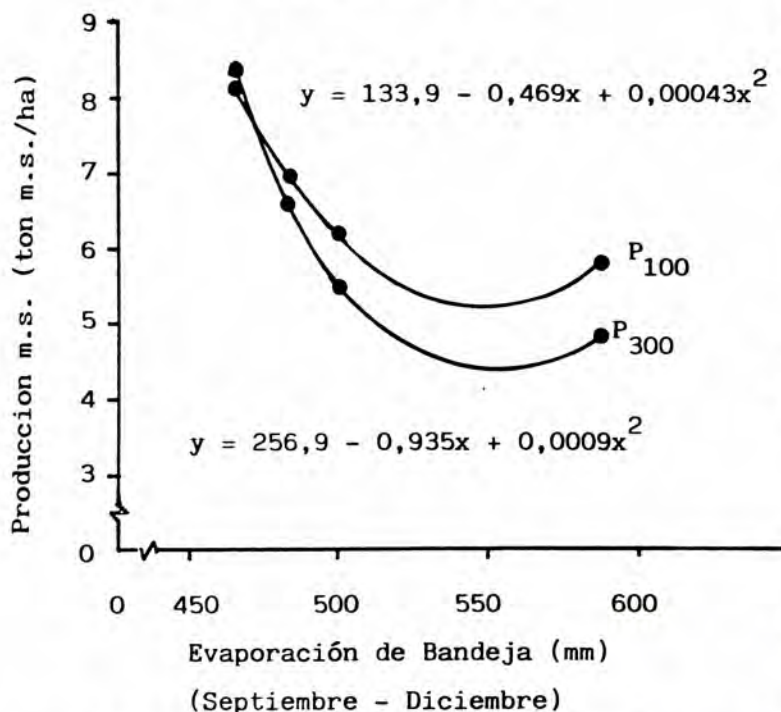


Figura 13. Variación de producción de MS durante el período de crecimiento de la pradera (septiembre-diciembre) en relación a la evaporación de bandeja, con 100 y 300 kg/ha de  $P_2O_5$ .

## Acumulación de fósforo en el suelo

La acumulación del fósforo aplicado como fertilizante es mayor entre 0 y 5 cm de profundidad y depende de la dosis de aplicación, alcanzando un valor de 39 ppm de P Olsen con  $132 \text{ kg ha}^{-1}$ , aplicados anualmente, (total de  $528 \text{ kg de P ha}^{-1}$  en las cuatro temporadas). El valor inicial era de 10 ppm el cual se incrementa sustancialmente en todos los tratamientos (figura 14). La mayor acumulación de fósforo está entre 0 y 5 cm de profundidad, disminuyendo cuando se extraen muestras de suelo a 0-10 y 0-15 cm. Del total de fósforo aplicado, el mayor incremento en el suelo se produce en la fracción orgánica expresado como porcentaje del fósforo total del suelo.

## Acumulación de nitrógeno disponible en el suelo

Como consecuencia del fósforo aplicado al suelo y su efecto sobre las plantas de trébol subterráneo, el nitrógeno disponible del suelo fue aumentando desde el primer año (40 ppm) hasta el cuarto año (160 ppm) (figura 15). Este incremento es sustancial e indica fuerte actividad de los rizobios en las raíces de las plantas de trébol subterráneo.

## Comportamiento del trigo a la fertilización NP en praderas de trébol subterráneo con diferente fertilización fosfatada

En el sitio del ensayo de dosis de fósforo en trébol subterráneo, se establecieron ensayos de respuesta a nitrógeno y fósforo en trigo de invierno.

## Respuesta a nitrógeno

Las dosis de nitrógeno aplicadas fueron de 0, 50, 100, 150 y  $300 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , sobre las parcelas de trébol subterráneo fertilizadas con 0, 22, 44 y  $132 \text{ kg de P ha}^{-1}$ .

Tal como se aprecia en la figura 16, en el tratamiento sin fertilización de fósforo en el trébol subterráneo se manifestó respuesta a dosis crecientes de nitrógeno de 3,5 a  $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ ; por el contrario en el tratamiento con

132 kg de P ha<sup>-1</sup> los rendimientos fueron decrecientes, siendo éste mayor sin aplicación de nitrógeno. Este comportamiento del rendimiento del trigo es atribuible a las cantidades de nitrógeno disponible en el suelo que existía en ambos ensayos después de la pradera de trébol subterráneo.

### Respuesta a Fósforo

En las parcelas del ensayo anterior, se estableció un ensayo de respuesta a dosis de fósforo en trigo. En los testigos se aprecia el efecto del fósforo aplicado al trébol subterráneo, el rendimiento se incrementó desde 3,7 a 4,5 t ha<sup>-1</sup>, no existiendo respuesta significativa cuando se aplicó 44 y 132 kg de P ha<sup>-1</sup> a las parcelas de trébol subterráneo (figura 17).

### Conclusiones

De la información presentada, se pueden establecer las siguientes consideraciones:

- Parece fundamental el estudio de sistemas de producción mejorados establecidos en ensayos a largo plazo.
- Se demuestra la importancia de la combinación leguminosa-trigo por la incidencia que ésta tiene sobre enfermedades radiculares, aporte de nitrógeno y aumento de la disponibilidad de fósforo del suelo.
- El establecimiento de praderas mejoradas en el sistema de producción, permite elevar la oferta de materia seca de alta calidad siendo de esta manera posible, elevar la carga animal de modo significativo.
- También es posible en sistemas ganadocultivo, conservar y posiblemente mejorar el recurso suelo impidiendo en gran medida la erosión, pérdida de fertilidad e incrementar la disponibilidad del nitrógeno y fósforo del suelo.
- Finalmente, es posible aumentar la rentabilidad del sistema productivo, por la posibilidad de disminuir la cantidad de fertilizantes aplicados al trigo, para una buena producción. Es posible cuantificar el aumento de la disponibilidad de fósforo del suelo con lo cual es posible disminuir las dosis en el largo plazo.

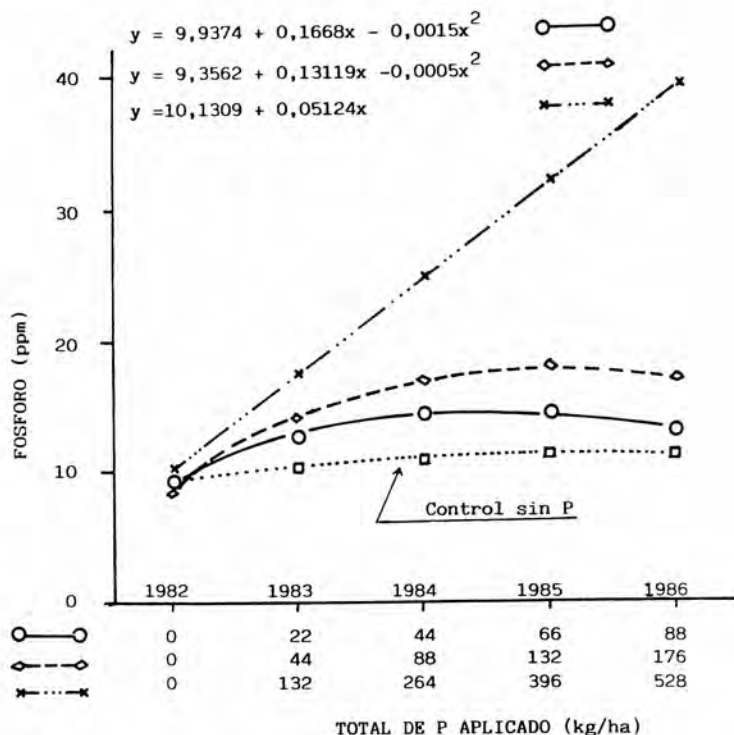


Figura 14. Acumulación de fósforo Olsen en el suelo después de cuatro años con diferentes fertilizaciones con fósforo, en 0-5 cm de profundidad.

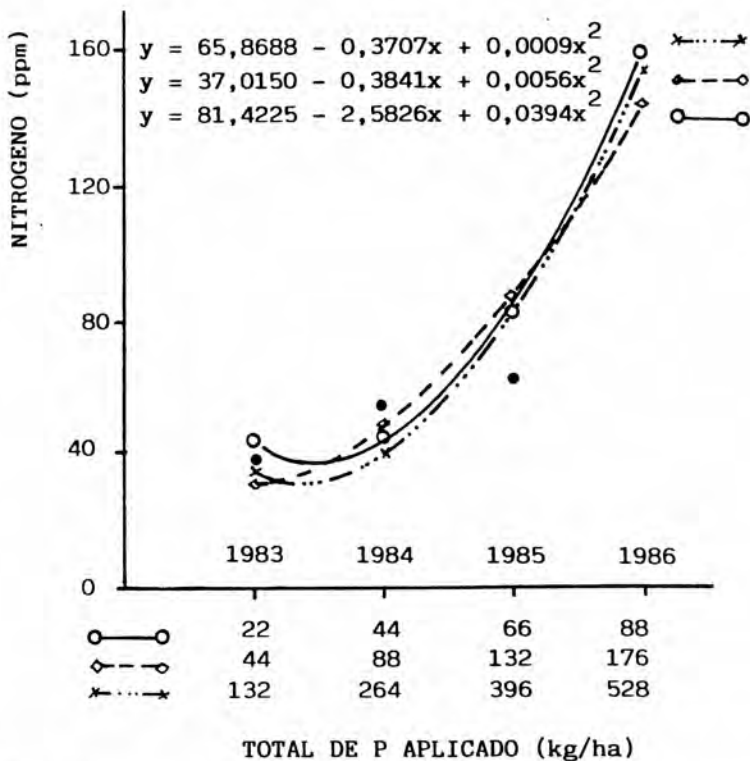


Figura 15. Acumulación de nitrógeno en el suelo después de cuatro años de fertilización con diferentes cantidades de fósforo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

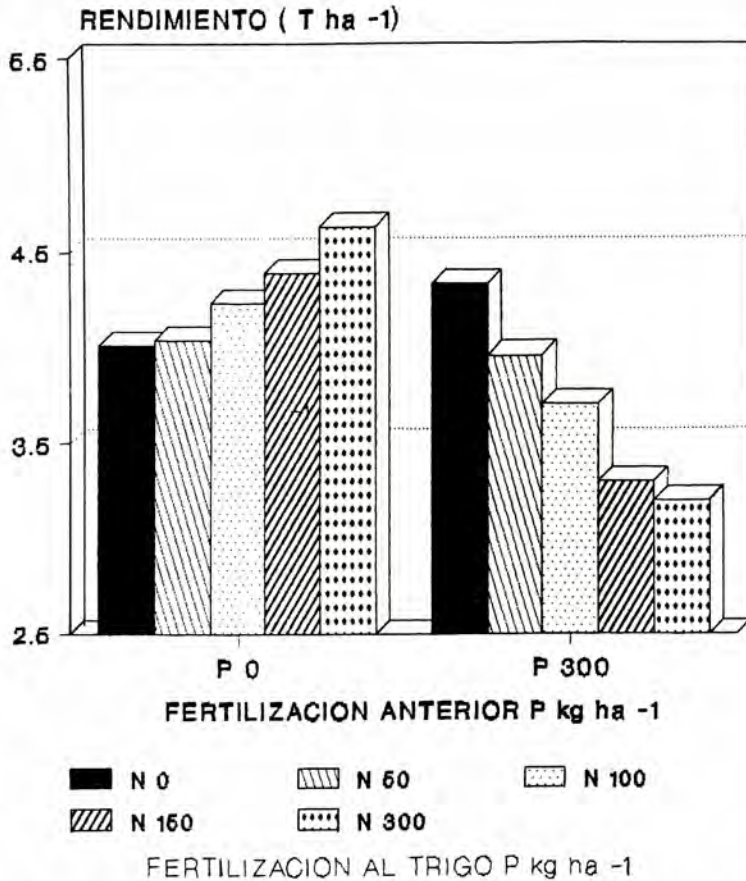


Figura 16. Rendimiento de trigo (t ha<sup>-1</sup>) con dosis creciente de nitrógeno en dos condiciones de fertilización anterior con fósforo en pradera de trébol subterráneo.

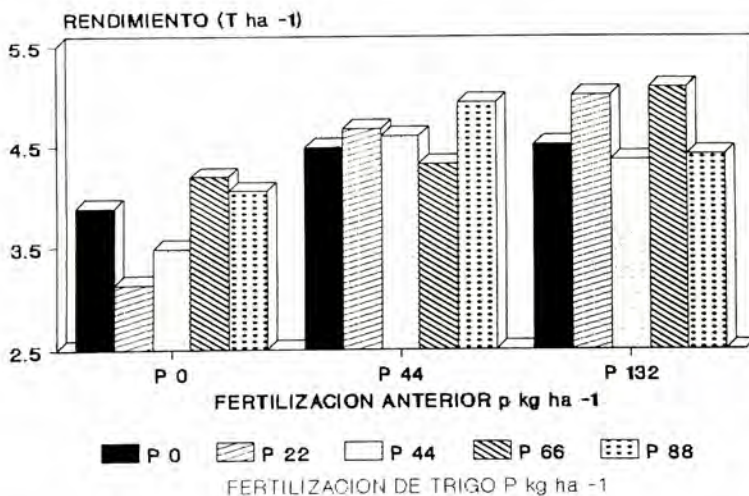


Figura 17. Rendimiento de trigo (t ha<sup>-1</sup>) con dosis creciente de fósforo en condiciones de fertilización anterior con fósforo en una pradera de trébol subterráneo.

ACUÑA P. H.; AVENDAÑO, R. J.; OVALLE M. C. 1983. Caracterización y variabilidad de la pradera natural del secano interior de la zona Mediterránea subhúmeda. *Agricultura Técnica (Chile)*, 43(1):21-27.

ACUÑA P. H.; SOTO, O. P. 1989. Dosis y época de aplicación de nitrógeno en la mezcla trébol/ballica inglesa. *Agricultura Técnica (Chile)*, 49(3):193-202.

ACUÑA P. H.; SOTO, O. P.; KLEE, G. G.; RODRIGUEZ, S. N.; OVALLE, M. C.; MARTINEZ, R. G. 1990. Dosis de fósforo y potasio en la Precordillera Andina de la región del Biobío. *Agricultura Técnica (Chile)*, 50(1):7-17.

CONTRERAS, D.; CAVIEDES, E.; OVALLE M. C. 1984. Unidad Experimental Area Producción Animal, Estación Experimental Quilamapu.

DEL POZO, L. A.; RODRIGUEZ, S. N.; LOBOS, S. C. 1989. Nutrientes que limitan el crecimiento de medicago anuales, en el Secano Interior de la zona Mediterránea Subhúmeda. *Agricultura Técnica (Chile)*, 49(1):31-36.

DEL CANTO, S. P.; DEL POZO, L. A. 1987. Sistema hualputra-trigo. *Investigación y Progreso Agropecuario, Quilamapu* 32:16-19.

INIA 1991. Marco de Referencia de la Estación Experimental Quilamapu, Chillán. Documento Interno.

McMAHON, M. M.; DEL CANTO, S. P. 1986. Rotation of wheat and *Medicago* spp. in Chile's Secano Interior. *CIMMYT*, 59-66.

RODRIGUEZ, S. N.; GODOY, R. A.; DEL CANTO, S. P.; CHAVARRIA, R. J.; BELMAR, N. C. 1983. Factores que inciden en la producción de trigo en la región Centrosur. I. Efecto de la época de barbecho en la Precordillera de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)*, 43(4):345-352.

RODRIGUEZ, S. N. 1989. Uso eficiente de nutrientes en la producción de trigo en la región Centrosur. In: Seminario "Impacto de los fertilizantes en la productividad agrícola". Santiago, INIA. Estación Experimental La Platina. p. 119-129.

SADZAWKA, R. A.; BERNIER, V. R. 1986. Efecto de la fertilización fosfatada sobre un suelo con carga variable, bajo pradera en pastoreo. *Agricultura Técnica (Chile)*, 46(3):341-349.