

Comparación entre una rotación intensiva de cultivos y una rotación de cultivos con pradera¹

Maximiliano Martínez V.² y Elías Letelier A.²

INTRODUCCION

El llano central de Chile, bajo riego, es una zona de alta productividad agrícola en razón de sus condiciones climáticas. En efecto, la benignidad del invierno y la longitud y moderación del verano, permiten tener una considerable producción vegetal durante casi todo el año. Estas circunstancias climáticas no sólo tienen un efecto favorable desde el punto de vista cuantitativo, sino también cualitativo, ya que es posible establecer en esta zona, prácticamente todos los cultivos que no sean los definitivamente tropicales. Sin embargo, con excepción de los cinturones hortícolas vecinos a las grandes ciudades, una parte importante de la superficie agrícola, está dedicada a la ganadería. Según el Censo Agropecuario de 1965 en la ex provincia de O'Higgins (predominantemente llano y bajo riego) la proporción cultivos-praderas, era aproximadamente de 1/1.

Una mayor proporción de cultivos puede ser conveniente para proveer suficientes alimentos directamente utilizables por la población. Interesa saber si es posible intensificar el uso del suelo, manteniendo al mismo tiempo una alta productividad y sin dañarlo irreversible-

mente por los procesos de erosión o degradación que dicha intensificación pudiera provocar.

Antes del advenimiento de los fertilizantes químicos, el "descanso" del suelo se justificaba especialmente por su acción de reciclaje de la fertilidad del suelo: la fertilidad potencial aumenta durante el período bajo pradera y es transformada a fertilidad actual en el período agrícola (Papadakis, 1954; Russell, 1950). En la actualidad, este factor ha perdido mucha de su importancia, por lo menos en las regiones de alta productividad potencial, en las que el uso de fertilizantes es económico. Sin embargo, hay otras razones que se invocan en la actualidad para preconizar una alternancia praderas-cultivos. Las principales son:

- La pradera anula o disminuye grandemente la acción de los agentes erosivos. Por el contrario, los períodos de barbechos y preparación de suelos para cultivos, aumentan grandemente este riesgo. Esto es de innegable importancia en suelos muy expuestos a la erosión; en el llano central regado, sin embargo, el peligro de erosión se limita a aquellos suelos que soportan riegos inadecuados.
- La pradera promueve una mejor conservación de la materia orgánica y favorece la estructura y la estabilidad de los agregados (Harris, Chasters y Allen, 1966; Tallarico, 1969). Si bien estos efectos han sido probados en algunos casos, sus verdaderas dimensiones en que afectan a la productividad del suelo son inferiores en relación a otros efectos de la rotación (nutricionales,

¹Recepción originales: 13 de marzo de 1978.

²Ing. Agr., Programa Fertilidad y Manejo de Suelos, e Ing. Agr., Coordinador del Área de Recursos Ambientales del INIA, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

Nota: Los autores agradecen la valiosa colaboración aportada a la realización de este trabajo, a las siguientes personas: Ing. Agr. M. S., Especialista en Estadística Sr. Luis Barrales V.; Estadístico, Sr. Fernando Silva F.; Químico Sr. José Infante M.; y Técnicos Agrícolas Srs. Juan Otárola y Hernán Villegas.

fitopatológicos) y, por lo tanto, son muy difíciles de evaluar (Cooke, 1976).

- El monocultivo favorece la propagación de enfermedades y plagas diversas, especialmente enfermedades radiculares e inversamente una rotación de cultivos o la inclusión de praderas, disminuye dicha propagación (Adland, 1950; Cooke, 1976). En la Estación Experimental La Platina, Martínez (1976), ha demostrado que la desinfección del suelo permite al trigo, papa, porotos y maíz, sometidos a monocultivo, obtener rendimientos similares a los obtenidos por dichos cultivos bajo rotación. En dicho ensayo, el maíz fue el cultivo menos afectado por el monocultivo; el rendimiento en el suelo desinfectado aumentó en un 10% con respecto al del maíz monocultivado en suelo sin desinfectar. El citado ensayo y observaciones efectuadas posteriormente por varios agrónomos, sugieren que —bajo condiciones apropiadas de fertilización nitrogenada— la propagación de enfermedades radiculares sería una de las principales causas de origen agronómico que justificarían la inclusión de períodos bajo pradera en la rotación cultural.
- Por último, Welch (1976), sugiere que las leguminosas tienen —sobre el cultivo sucesor— un efecto favorable superior al que correspondería al del nitrógeno fijado; este autor no señala las posibles causas de este hecho.

Objetivos de la investigación

1. Comparar una rotación semiintensiva a base de una pradera mixta de 3 años de duración y 2 de agricultura intensiva con un sistema de uso del suelo basado en agricultura intensiva permanente.
2. Medir el efecto de la fertilización nitrogenada sobre ambas rotaciones y la interacción entre nitrógeno y pradera sobre los cultivos que siguen a la misma.
3. Estimar el efecto de la pradera sobre los cultivos que la siguen.
4. Estimar qué parte de dicho efecto puede atribuirse a la fijación simbiótica del nitrógeno y su posterior utilización por los cultivos.

Los resultados de esta investigación servirán para orientar las decisiones tanto oficiales como privadas, en lo que se refiere a:

- La intensificación del uso de la tierra de acuerdo a su potencialidad productiva.
- La dosificación de la fertilización nitrogenada de acuerdo con los sistemas de uso del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Suelo en que se efectuó el ensayo

El ensayo se efectuó en la Estación Experimental La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la comuna de La Granja, Región Metropolitana. El suelo es aluvial, reciente. Pertenece a la serie "Santiago" formado sobre depósitos aluviales de río Maipo. Estos suelos son regados con agua procedentes de dicho río. El riego ha tenido influencia sobre estos suelos, tanto física como química. En efecto, los sedimentos que trae el agua de riego han aumentado la proporción de arena y limo en el horizonte superficial. Por otra parte, su alcalinidad (pH 8) confiere un pH elevado al suelo.

El depósito aluvial tiene, en el sector de ensayo, un espesor de 50 cm bajo los cuales hay un depósito de grava de gran espesor; los intersticios entre los guijarros, están ocupados por material edáfico franco arenoso.

Este suelo presenta algunos problemas a la penetración del agua de riego, lo que puede atribuirse a su baja macro-porosidad en el horizonte subsuperficial.

A continuación se señalan algunas características de este suelo:

	0-20 cm	20-40 cm
Textura	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcilloso
Estructura	Granular	Granular
Porosidad capilar (en vol.) %	28	32
Porosidad no capilar (en vol.) %	21	12
P.M.P. (en vol.) %	15	18
pH	8,0	8,0
cic. m.e./100 g	12,0	13,0
Materia orgánica, %	2,5	1,5
Carbonato de calcio, %	5	5

Clima

Los siguientes parámetros promedios caracterizan el clima de la Estación Experimental La Platina:

Temp. media mes más cálido (enero)	22,7°C
Temp. media mes más frío (julio)	8,0°C
Temp. máxima media mes más cálido	29,0°C
Temp. máxima media mes más frío	14,3°C
Temp. mínima media mes más cálido	10,1°C
Temp. mínima media mes más frío	-2,2°C
Período libre de heladas	219 días
Evaporación anual (Tanque A)	1.287 mm
Precipitación anual	337 mm

El régimen de lluvias es mediterráneo cayendo el 82% de las precipitaciones en los meses de mayo, junio, julio y agosto. Los déficit de humedad de primavera y verano son compensados por el regadío.

La precipitación anual desde el comienzo del experimento ha sido la siguiente:

Año	Precipitación (mm)
1965	443,2
1966	420,6
1967	193,5
1968	78,0
1969	259,7
1970	285,5
1971	291,1
1972	636,3
1973	227,0
1974	450,2
1975	245,7
1976	245,5

El experimento se estableció en 1965-66 y consiste en la comparación de dos rotaciones o sistemas culturales:

- Uso continuo del suelo con 2 cultivos en el año: nabo en invierno y maíz en verano, y
- Sistema rotacional de 5 años a base de pradera mixta de trébol rosado-pasto ovillo (*Trifolium pratense/Dactylis*), que dura 3 años, seguida por 2 años de cultivo continuo nabo-maíz.

Ambos sistemas tienen 2 subtratamientos de fertilización nitrogenada:

- Sin nitrógeno.
- Con 300 Kg de N/ha a cada cultivo (nabo y maíz). Esto significa en total 600 Kg/ha al año. En el total de 5 años, el sistema continuo recibe 3.000 Kg de N/ha y el sistema rotacional 1.200 Kg de nitrógeno.

El nitrógeno se aplica en forma de nitrato de sodio de Chile (16% de N).

Toda la superficie del ensayo (praderas y cultivos) recibe anualmente una fertilización uniforme de 100 Kg de P_2O_5 y 50 Kg de K_2O en forma de superfosfato triple y sulfato de potasio, respectivamente.

En la mitad de la superficie de la pradera, los cortes de pasto se eliminan del ensayo. En la otra mitad, dichos cortes se compostan y se devuelven como compost a los cultivos (nabo y maíz) correspondientes a los tratamientos respectivos (N_0 y N_{300}) del sistema rotacional.

El objetivo de la compostación y su posterior devolución, es simular la devolución de elementos nutritivos que hace el ganado a través de sus deyecciones. Es sabido que, el ganado aprovecha para la construcción de sus

tejidos sólo alrededor de un 5% de los nutrientes ingeridos. En consecuencia, se puede aceptar que la composición nutricional y el tenor energético de un compost deben ser muy similares a los del conjunto de las deyecciones.

La disposición experimental del ensayo contempla la presencia en cada temporada de cada uno de los 5 años del sistema rotacional, de modo de compensar los posibles efectos del clima del año sobre los rendimientos. El número de repeticiones es de 2. La disposición en el terreno del ensayo y dimensiones de las parcelas están indicadas en el esquema adjunto.

El ensayo se riega mediante surcos en los cultivos y bordes en las praderas.

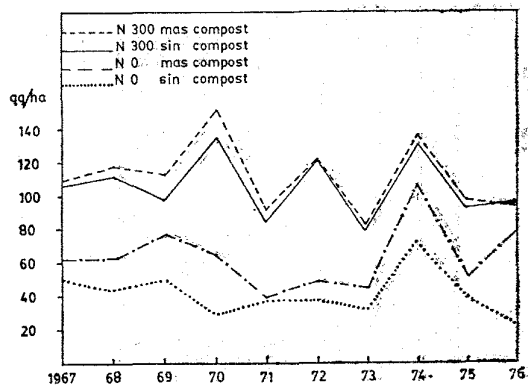
RESULTADOS Y DISCUSION

En los Cuadros 1 y 2, se presentan los rendimientos promedios de los diversos tratamientos de maíz y nabo en cada uno de los años posteriores a 1969-70, es decir, en el período en el cual el maíz y el nabo de primer año ya han sido precedidos por los 3 años de pradera.

Los promedios de los diversos tratamientos a lo largo del período comprendido entre el establecimiento del ensayo y la temporada 1976, se encuentran expresados gráficamente en las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5.

Del examen cualitativo de estos gráficos, pueden deducirse los siguientes hechos:

- El efecto de los tratamientos en la pradera es muy pequeño, sólo parece haber un ligero efecto depresivo del nitrógeno residual en la pradera de primer año (Figura 5).
- En el tercer año, la pradera disminuye notablemente sus rendimientos. Ello se debería



Dibujo: Hernán Campos M.

Figura 1 — Maíz, rotación con pradera. Rendimientos 1967-76. Rendimientos de 1º y 2º año después de pradera, promediados.

Cuadro 1 - Maíz. Rendimiento qg/ha, grano 15% de humedad.

a) Rotación con pradera

b) Cultivo continuo

Temporada	Primer año después de pradera				Segundo año después de pradera				Promedios							
	N ₅₀₀		N ₀		N ₅₀₀		N ₀		1º Año desp. prade- ra	2º Año desp. prade- ra	N ₅₀₀	N ₀	Con compost	Sin compost	N ₅₀₀	N ₀
	Con compost	Sin compost	Con compost	Sin compost	Con compost	Sin compost	Con compost	Sin compost								
1970-71	134,5	145,0	63,2	31,2	148,8	129,1	65,9	26,2	98,5	92,5	144,4	46,6	108,1	82,9	102,8	16,8
1971-72	97,5	84,7	41,2	43,0	87,7	86,8	36,1	29,6	66,6	60,0	89,2	37,5	65,6	61,0	75,7	24,8
1972-73	110,5	116,7	47,7	38,1	124,1	125,0	51,1	33,8	78,3	84,0	119,1	43,2	83,4	78,9	99,6	27,5
1973-74	84,7	80,1	46,2	36,0	79,9	78,3	44,9	28,6	61,8	57,9	80,8	38,9	63,9	55,8	59,7	26,7
1974-75	138,8	133,0	108,3	74,6	130,8	130,0	100,0	68,7	113,7	107,4	133,1	87,9	119,5	101,6	105,9	50,6
1975-76	95,0	90,2	46,2	38,5	97,3	92,2	56,7	89,8	67,4	71,5	93,7	43,3	73,8	65,2	81,6	21,4
1976-77	90,7	97,6	39,1	25,3	94,6	93,1	39,0	21,8	62,7	62,1	93,5	31,3	63,8	59,0	81,0	21,5

Cuadro 2 - Nabo. Rendimiento en Ton/ha. Mat. verde, raíces + follaje.

a) Rotación con pradera

b) Cultivo continuo

Temporada	Primer año después de pradera				Segundo año después de pradera				Promedios							
	N ₅₀₀		N ₀		N ₅₀₀		N ₀		1º Año desp. prade- ra	2º Año desp. prade- ra	N ₅₀₀	N ₀	Con compost	Sin compost	N ₅₀₀	N ₀
	Con compost	Sin compost	Con compost	Sin compost	Con compost	Sin compost	Con compost	Sin compost								
1970-71	49,49	48,09	21,31	18,58	42,46	37,21	18,35	12,38	34,36	27,60	44,31	17,65	32,90	29,06	49,8	12,9
1971-72	66,40	58,81	14,00	11,12	77,45	76,33	15,90	12,91	37,58	45,64	69,74	13,48	43,48	39,79	63,3	5,9
1972-73	38,92	36,63	9,57	8,41	38,11	35,09	12,93	9,69	23,38	23,95	37,18	10,15	24,88	22,45	42,2	12,4
1973-74	84,50	81,50	17,25	17,00	90,00	82,50	19,75	16,00	50,06	52,06	84,62	8,46	52,87	49,25	71,8	9,4
1974-75	37,60	30,35	17,85	10,15	42,50	36,35	11,90	8,15	23,98	24,72	36,70	12,01	27,46	21,25	39,8	4,8
1975-76	73,00	64,00	19,00	15,50	89,25	88,39	24,75	13,00	42,87	53,09	77,91	18,06	51,50	44,47	67,4	6,3
1976-77	34,25	25,75	25,50	13,00	28,25	26,25	21,50	15,25	24,62	22,81	28,62	18,81	27,37	20,06	28,6	5,9

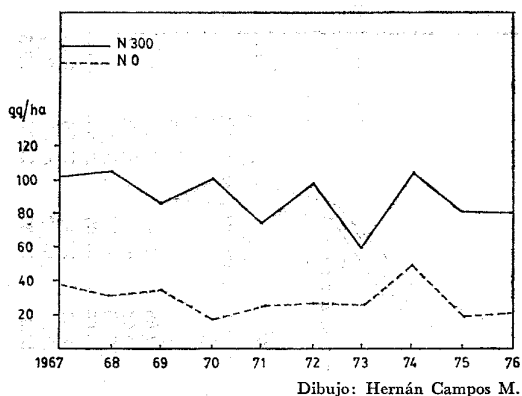


Figura 2.— Maíz, cultivo continuo, rendimientos 1967-76.

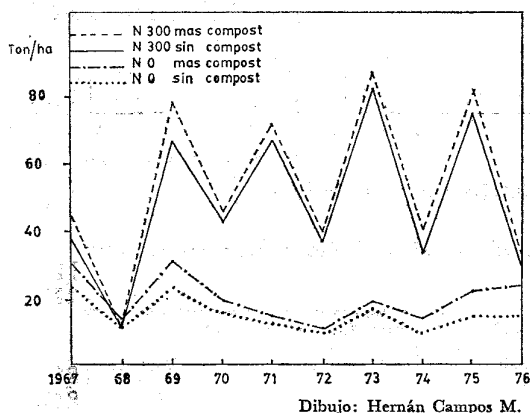


Figura 3 — Nabos, rotación con pradera, rendimientos 1967-76. Rendimientos promedio 1º y 2º año después de pradera.

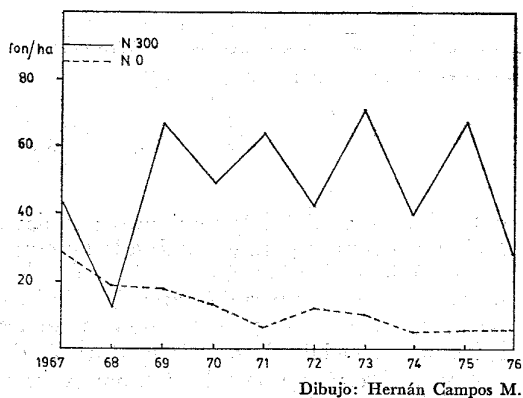


Figura 4 — Nabos, cultivo continuo. Rendimientos 1967-76.

- a la desaparición de la mayor parte del trébol (Figura 5).
- Tanto en el maíz como en el nabo, se destaca el efecto de la aplicación de nitrógeno, sobre los demás tratamientos (Figuras 1, 2, 3 y 4).
- El efecto favorable de la rotación con pradera, es también notorio en los cultivos, especialmente en maíz (Figuras 1, 2, 3 y 4).
- En los dos cultivos hay efecto positivo de la devolución de los cortes de la pradera en forma de compost (Figuras 1, 3).
- No se nota una tendencia a la disminución de los rendimientos con el tiempo, con la excepción posible, del caso de los nabos bajo cultivo continuo y sin aplicación de nitrógeno (Figura 4).
- En ambos cultivos hay una alternancia bi-anual en la cuantía de los rendimientos, hecho que es muy notorio cuando hay aplicación de nitrógeno. Dentro de un mismo año agrícola (Abril - Abril) una cosecha "buena" de nabos es seguida por una "mala" de maíz y viceversa. (Figuras 1, 2, 3 y 4).
- En maíz, el efecto del nitrógeno es superior cuando no se devuelven los cortes de la pradera que cuando ellas son devueltas en forma de compost (Figura 1).
- En 1968, el rendimiento de los nabos fue extraordinariamente bajo. Ello se debió a la extremadamente baja precipitación que hubo ese año, la que afectó especialmente a los cultivos de invierno, que no se riegan (Figura 4).

Análisis estadístico

a) Maíz

En el Cuadro 3 se presenta el análisis estadístico para el sector bajo rotación con pradera, para cada uno de los años posteriores a 1970, el que se efectuó de acuerdo al modelo correspondiente a un diseño de parcelas sub-subdivididas.

El tratamiento de nitrógeno presenta efectos muy elevados y muy significativos en todos los años. Los rendimientos del primer año de maíz, después de pradera, son muy semejantes a los del segundo año y sus diferencias no tienen significación estadística al nivel $P = 0,05$. La adición de compost ha producido siempre un aumento de los rendimientos y, en tres de los siete años, esta diferencia ha sido significativa. El efecto de interacción nitrógeno por devolución de compost ha sido negativo en seis de los siete años, indicando que el efecto del compost es menor en presencia de fertilización nitrogenada; esta interacción ha sido significativa en tres de los casos considerados.

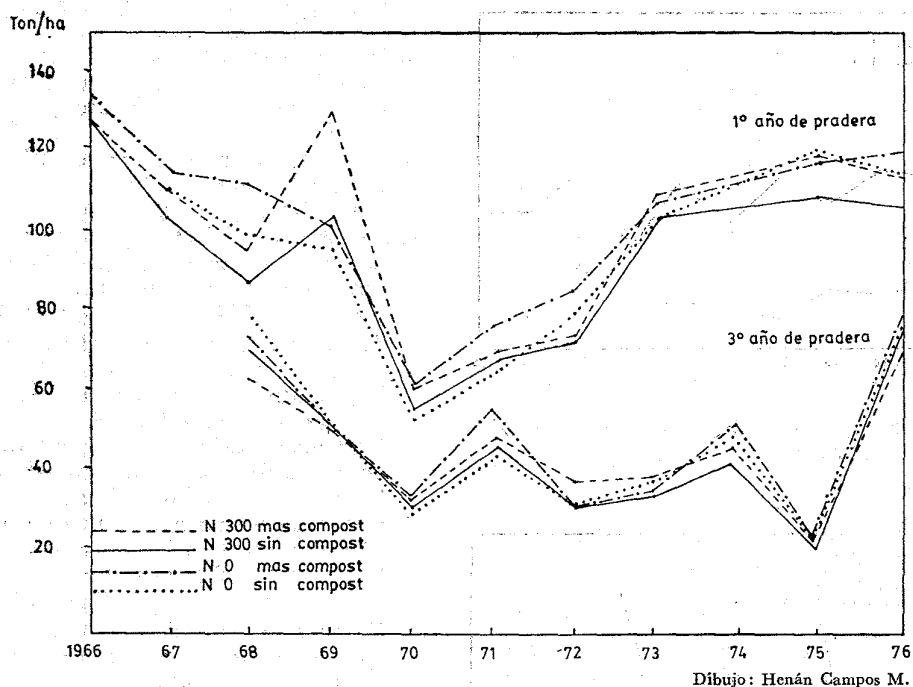


Figura 5 — Pradera, rendimientos 1966-76, materia verde.

Cuadro 3 — Sector bajo rotación con pradera. Maíz. Diferencias medias entre factores y sus interacciones.

Temporada	Diferencias debidas a factores, qq/ha(o)			Efecto de interacciones		
	Años después de pradera A	Nitrógeno B	Devolución compost C	A × B	A × C	B × C
1970-71	6,0	97,8**	25,2**	9,6	- 9,0	- 21,3 ¹
1971-72	6,6	51,7**	4,6	- 5,4	1,8	4,5
1972-73	- 5,7	75,9**	4,5	- 10,4	- 5,5	- 16,0*
1973-74	3,9	41,9**	8,1*	- 1,0	- 1,6	- 10,2
1974-75	6,3	45,2**	17,9*	- 1,6	3,7	- 29,2*
1975-76	- 4,1	48,4*	8,6	3,8	- 4,8	- 7,4
1976-77	0,6	62,2**	6,8	- 2,5	- 4,9	- 17,2*

¹Las diferencias indican: A. Rendimiento primer año menos rendimiento 2º año; B. N₃₀₀ menos N₀, y C. Con devolución compost menos sin devolución compost.
 *Significativo para P = 0,05.
 **Significativo para P = 0,01.
 (o)Significativo para P = 0,10.

En el Cuadro 4 se presentan los rendimientos promedios de maíz para el sector bajo cultivo continuo correspondiente a cada uno de los años posteriores a 1970. Los efectos del nitrógeno son muy elevados y todos, altamente significativos. El análisis estadístico corresponde a un análisis de acuerdo a dos formas de clasificación.

En el Cuadro 5 se hace un análisis conjunto año por año de los sectores en rotación con pradera y bajo cultivo continuo, eliminándose

del primero, aquellos tratamientos con devolución de compost para que exista la necesaria ortogonalidad. Se efectuó un análisis combir do de varianza que permitió apreciar el efec de la rotación con pradera independien mente del reciclaje de la misma a través c compost. Este efecto ha sido siempre positiv pero bastante inferior al efecto de la apli ción anual de 300 Kg de N/ha. La interacci nitrógeno x rotación de cultivos es positi en 5 de los 7 casos, indicando que el efec

Cuadro 4 — Sector bajo cultivo continuo maíz. Rendimientos y diferencias entre promedios de factores.

Temporada	Rendimiento qq/ha		Diferencias qq/ha (N ₃₀₀ menos N ₀)
	N ₃₀₀	N ₀	
1970-71	102,8	16,8	86,0**
1971-72	75,7	24,8	50,9**
1972-73	99,6	27,5	72,1**
1973-74	59,7	26,7	33,0**
1974-75	105,9	50,5	55,4**
1975-76	81,6	21,4	60,2**
1976-77	81,0	21,5	59,5**

**Significativo para P = 0,01.

del nitrógeno tiende a ser *reforzado* por la pradera que precede al maíz: dos de estas interacciones son significativas al nivel de P = 0,05 y otras dos al nivel de P = 0,10.

b) *Nabo*

Los Cuadros 6, 7 y 8 son homólogos a los correspondientes de maíz (Cuadros 3, 4 y 5). A continuación se señalan las principales diferencias que se observan con respecto al maíz:

Cuadro 6 (Cuadro 3 de maíz), el efecto de la devolución de compost es más pequeño que en el maíz y no existe interacción N x Devolución de compost.

Cuadro 5 — Comparación entre rendimientos de maíz después de 3 años de pradera y Maíz-Nabos en cultivo continuo¹.

Año	Rendimiento qq/ha				Diferencias (qq/ha) ²		Efecto Interacción qq/ha
	N ₃₀₀		N ₀		Rotación A	Nitrógeno B	
	Después de pradera	Cultivo continuo	Después de pradera	Cultivo continuo			A × B
1970-71	137,3	102,8	28,7	16,8	23,2*	97,3**	22,6
1971-72	85,7	75,7	36,3	24,8	10,8**	50,2**	— 1,5
1972-73	120,9	99,6	37,0	27,5	15,4**	78,0**	11,8
1973-74	79,2	59,7	32,3	26,7	12,6*	40,0**	13,9
1974-75	131,5	105,9	71,7	50,6	23,3**	57,5**	4,5
1975-76	91,2	81,6	39,1	21,4	13,7**	56,1**	— 8,1
1976-77	94,4	81,0	23,6	21,5	7,7*	65,2**	11,3

¹La comparación *excluye* los tratamientos con devolución de compost.

²Las diferencias indican: A. Rotación con pradera menos cultivo continuo, y B. N₃₀₀ menos N₀.

*Significativo para P = 0,05.

**Significativo para P = 0,01.

Cuadro 6 — Nabo. Sector bajo rotación con pradera. Diferencias entre promedios de factores y sus interacciones.

Temporada	Diferencias debidas a factores (Ton/ha)			Efecto de interacciones Ton/ha Mat. verde (r + h)		
	Materia verde (raíces + hojas) ¹			A × B	A × C	B × C
	Años después de pradera A	Nitrógeno B	Devolución compost C			
1970-71	6,8	26,6**	3,8	4,4	— 3,5	— 1,0
1971-72	— 8,0	56,3**	3,6	— 12,5	3,2	1,4
1972-73	— 0,6	27,0**	2,4	3,5	— 1,4	0,5
1973-74	— 2,0	67,1**	3,6	— 2,5	— 4,0	3,3
1974-75	— 7,3	24,7**	6,2**	— 9,4	2,5	1,0
1975-76	— 10,2	59,3**	7,0**	— 17,2	— 1,6	— 1,2
1976-77	1,8	9,8	7,3*	1,9	6,4	— 4,1

¹Las diferencias indican: A. Rendimiento primer año menos rendimiento 2º Año; B. N₃₀₀ menos N₀ y C. Con devolución compost menos sin devolución compost.

*Significativo para P = 0,05.

**Significativo para P = 0,01.

**Cuadro 7 — Sector cultivo continuo Nabos.
Rendimientos y diferencias entre promedios de factores.**

Tempo- rada	Rendimientos Ton/ha		Diferencias Ton/ha Mat. verde (r + h) (N ₃₀₀ menos N ₀)
	Mat. verde N ₃₀₀	(r + h) N ₀	
1970-71	49,77	12,91	38,86**
1971-72	63,27	5,86	57,41**
1972-73	42,24	12,41	29,83**
1973-74	71,75	9,37	62,38**
1974-75	39,77	4,75	35,02**
1976-77	67,37	6,25	61,62**
1977-78	28,62	5,87	22,75**

**Significativo para P = 0,01.

Cuadro 7 (Cuadro 4 de maíz); no hay diferencias importantes.

Cuadro 8 (Cuadro 5 de maíz), la acción positiva de la rotación con pradera, no aparece en el nabo. Por el contrario del maíz, el efecto de interacción rotación x nitrógeno tiende a ser negativo, pero la significación estadística de este hecho es muy precaria.

Resumen de resultados

Se encuentran en los Cuadros 9 y 10. En estos cuadros se han promediado los rendimientos de primer y segundo año después de pradera ya que ambos son estadísticamente iguales.

Cuadro 8 — Comparación entre rendimientos de Nabos después de 3 años de pradera y Maíz-Nabos en cultivo continuo¹.

Año	Rendimiento Ton Mat. verde/ha (raíces + hojas)				Diferencias ^a		Efecto Interacción Ton/ha Mat. verde A x B
	N ₃₀₀		N ₀		Ton Mat. verde/ha		
	Después de pradera	Cultivo continuo	Después de pradera	Cultivo continuo	Rotación A	Nitrógeno B	
1970-71	42,65	49,77	15,48	12,91	- 2,3	32,0**	- 9,69
1971-72	67,57	63,27	12,02	5,86	5,2	56,5**	- 1,8
1972-73	35,86	42,24	9,05	12,41	- 4,9	28,3**	- 3,0
1973-74	82,00	71,75	16,50	9,37	8,7	63,9**	3,12
1974-75	33,35	39,77	9,15	4,75	- 7,0	29,6**	10,82
1975-76	74,69	67,37	14,25	5,25	7,6	60,8**	- 0,68
1976-77	26,00	28,62	14,22	5,87	2,8	17,3**	- 10,87

¹Se excluyen los tratamientos con devolución de compost.

^aLas diferencias indican: A. Rotación con pradera menos cultivo continuo, y B. N₃₀₀ menos N₀.

**Significativo para P = 0,01.

Cuadro 9 — Rendimientos de maíz, promedios primer y segundo año cultivo. 1970-71 a 1976-77, qq/ha grano.

Rotación con pradera

Tratamientos	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74	1974-75	1975-76	1976-77
1. N ₀ sin compost	28,69	36,29	36,96	32,29	71,66	39,14	23,55
2. N ₀ con compost	64,53	38,60	49,39	45,54	104,12	51,38	39,04
3. N ₃₀₀ sin compost	137,05	85,73	120,89	79,20	131,49	91,18	94,35
4. N ₃₀₀ con compost	151,66	92,57	117,33	82,31	134,78	96,14	92,64

Rotación Intensiva

N ₀	16,81	24,79	27,52	26,66	50,64	21,40	21,46
N ₃₀₀	102,75	75,65	99,61	59,69	105,86	81,57	80,99

Promedio ambas rotaciones

Tratamientos	Rotación intensiva	Rotación con pradera
N ₀ sin compost	27,04	38,36
N ₀ con compost	—	56,08
N ₃₀₀ sin compost	86,58	105,69
N ₃₀₀ con compost	—	109,63

Cuadro 10 — Rendimiento de Nabos, promedio primer y segundo año de cultivo. 1970-71 a 1976-77. Ton/ha, materia verde, raíces + follaje.

Tratamientos	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74	1974-75	1975-76	1976-77
<i>Rotación con pradera</i>							
1. N ₀ sin compost	15,48	12,02	9,05	16,50	9,15	14,25	14,12
2. N ₀ con compost	19,83	14,95	11,25	18,50	14,87	21,87	23,50
3. N ₃₀₀ sin compost	42,65	67,57	35,86	82,00	33,35	74,69	26,00
4. N ₃₀₀ con compost	45,97	71,92	38,51	87,25	40,05	81,12	31,25
<i>Rotación Intensiva</i>							
	12,91	5,86	12,41	9,37	4,75	6,25	5,87
	49,77	63,27	42,24	71,75	39,77	67,37	28,62

Promedio ambas rotaciones

Tratamientos	Rotación intensiva	Rotación con pradera
N ₀ sin compost	8,20	12,93
N ₀ con compost	—	17,82
N ₃₀₀ sin compost	51,82	51,73
N ₃₀₀ con compost	—	56,58

Cuadro 11 — Efectos de mayor importancia agronómica a través de todos los años considerados (calculados de los Cuadros 9 y 10).

Efecto de:	Cálculo (Se incluye sólo el del maíz)	Maíz qq/ha	Nabo Ton/ha
Nitrógeno:			
En la rotación con pradera			
— Con devolución de compost	109,63 —56,08	53,55	38,76
— Sin devolución de compost	105,69 —38,36	67,33	38,80
En cultivo continuo	86,58 —27,04	59,54	43,62
Rotación con pradera (sin incluir la devolución de compost)			
— En presencia de fertilización nitrogenada	105,69 —86,58	19,11	— 0,09
— En ausencia de fertilización nitrogenada	38,36 —27,04	11,32	4,73
Rotación con pradera (incluyendo la devolución de compost)			
— En presencia de fertilización nitrogenada	109,63 —86,58	23,05	4,76
— En ausencia de fertilización nitrogenada	56,08 —27,04	29,04	9,62
Devolución de compost			
— En presencia de fertilización nitrogenada	109,63 —105,69	3,94	4,85
— En ausencia de fertilización nitrogenada	56,08 —38,36	17,72	4,89

Resumen de diferencias debidas a los tratamientos

Se encuentran en el Cuadro 11. Se incluyen sólo aquellas de mayor interés agronómico.

Eficiencia del nitrógeno como fertilizante

La eficiencia en el rendimiento del nitrógeno se define como el aumento de rendimiento

causado por la adición de 1 Kg de nitrógeno aplicado como fertilizante. Las eficiencias calculadas para el maíz y el nabo, bajo diversas condiciones, se encuentran en el Cuadro 12.

Aporte de nitrógeno efectuado por la pradera a los cultivos de nabo y maíz

El aporte total de nitrógeno por parte de la pradera, está compuesto por el aporte proveniente de:

Cuadro 12 — Eficiencia de la aplicación de nitrógeno como fertilizante expresada en Kg de producto/Kg de nitrógeno aplicado*.

Sistema	Eficiencia	
	Maíz	Nabo
Rotación con pradera:		
— Con devolución de compost	17,9	10,3
— Sin devolución de compost	22,4	10,3
Cultivo continuo	19,9	10,6

*En el caso del maíz la materia seca se refiere a grano con 15% de humedad. En el nabo, se ha estimado la materia seca, multiplicando el peso de las raíces $\times 0,08$.

- La pradera, sin devolución de cortes, y
- La devolución de cortes en forma de compost.

A continuación se estima el aporte de nitrógeno efectuado por la devolución de cortes en el cultivo de maíz. En presencia de nitrógeno, el efecto de la devolución de cortes es (Cuadro 9): $109,63 - 105,69 = 3,94$ qq/ha.

Desde que se puede considerar que la dosis de nitrógeno aplicada, 300 Kg/ha, es suficiente para producir los rendimientos máximos, la cifra de 3,94 qq/ha representa aquella parte del efecto de la devolución de cortes que es independiente del nitrógeno.

El efecto de la devolución de cortes, en ausencia de fertilización nitrogenada comprende dos componentes: 1) lo que es independiente del nitrógeno aportado por el compost, lo que es igual a 3,94 qq/ha; 2) lo que se debe al nitrógeno aportado por el compost. Dicho efecto de la devolución de cortes en ausencia de fertilización nitrogenada es (Cuadro 9):

$$56,08 - 38,36 = 17,72 \text{ qq/ha}$$

De donde se deduce que el nitrógeno aportado por el compost ha producido: $17,72 - 3,94 = 13,78$ qq/ha en cada año de cultivo de maíz.

Obsérvese que esta cifra corresponde a la interacción negativa promedio Nitrógeno \times Devolución de cortes (Cuadro 3).

En los dos años de cultivo de maíz, el efecto del nitrógeno aportado por el compost es: $13,78 \times 2 = 27,56$ qq/ha.

Considerando una eficiencia de 20 (Cuadro 12), este efecto correspondería a una aplicación de 137 Kg de nitrógeno por hectárea.

Haciendo un cálculo semejante para el efecto de la pradera sin devolución de cortes para el maíz, se tendría (Cuadro 9): efecto de la pradera en presencia de nitrógeno: $105,69 - 86,58 = 19,11$ qq/ha.

Efecto de la pradera en ausencia de nitrógeno:

$$38,36 - 27,04 = 11,32 \text{ qq/ha}$$

En este caso, el efecto de la pradera ha sido mayor en presencia de nitrógeno, es decir, la interacción pradera \times nitrógeno ha sido positiva (ver Cuadro 5). Ello indica que el efecto de la pradera ha sido en su mayor parte ajeno al nitrógeno que ella aporta. Si hay nitrógeno aportado, su efecto (interacción negativa) está oculto por la elevada interacción positiva no es posible estimarlo.

Aplicando un cálculo semejante a las cifras de nabos (Cuadro 10) se obtiene: efecto de nitrógeno aportado por la pradera en los dos años de nabos: 9,64 Ton; efecto del nitrógeno aportado por la devolución de cortes en dos años de nabos: 0,08 Ton.

$$\text{Total en nabos: } 9,64 + 0,08 = 9,72 \text{ Ton}$$

$$\text{En materia seca; } 9,720 \times 0,8 = 778 \text{ Kg}$$

Aplicando una eficiencia de 10 (Cuadro 12), esto correspondería al efecto de 78 Kg de nitrógeno.

Total de nitrógeno aportado integralmente por la pradera a ambos cultivos en los dos años: $137 + 78 = 215$ Kg.

Por cada año de pradera el aporte de nitrógeno sería de $215/2 = 107,5$ Kg.

Debe considerarse que esta es una estimación mínima, ya que no toma en cuenta el posible efecto de nitrógeno oculto por la interacción positiva en el caso de la pradera y el maíz. Por otra parte, aun en los casos en que hay interacción negativa, ella puede aparecer disminuida si hay un efecto de interacción positiva no detectable en los efectos medios.

Efecto integral de la pradera expresado en aporte de nitrógeno

Aunque ya se ha visto que el efecto de la pradera no se debe solamente a su aporte de nitrógeno, es interesante expresar su efecto en equivalente de nitrógeno aplicado, en ausencia de fertilización nitrogenada. Del Cuadro 11 se tiene, para maíz:

$$2.904 \text{ Kg} \times 2 \text{ (años)} = 5.808 \text{ Kg}$$

Considerando una eficiencia de 20, esta cifra representaría un aporte equivalente a 290 Kg de nitrógeno/ha.

Del mismo Cuadro 11, para nabos:

$$9.620 \text{ Kg} \times 2 \text{ (años)} = 19.240 \text{ Kg (8\% materia seca)}$$

En materia seca = 1.539 Kg y, considerando una eficiencia de 10, esto equivaldría a un aporte de 154 Kg de nitrógeno.

Total equivalente de nitrógeno: $290 + 154 = 444$ Kg N/ha, lo que representa un efecto equivalente a 146 Kg de nitrógeno por ca

Cuadro 13 - Productividad total de los diversos sistemas en un ciclo de la rotación (5 años) Kg Materia Seca por hectárea*.

1. N ^o 2. N ^o ₈₀₀	Sistema Rotación con pradera										
	Pradera			Nabo		Maíz		S u m a s			
	1 ^o año	2 ^o año	3 ^o año	1 ^o año	2 ^o año	1 ^o año	2 ^o año	Praderas	Nabo	Maíz	Total
1. N ^o Sin compost	16,160	12,585	7,790	1,071	998	3,480	3,041	86,535	2,069	6,521	45,125
2. N ^o con compost	17,073	13,179	8,170	1,422	1,428	4,756	4,777	38,422	2,850	9,333	50,805
3. N ^o ₈₀₀ sin compost	15,507	12,130	7,353	3,951	4,392	9,049	8,918	34,990	8,283	17,967	61,240
4. N ^o ₈₀₀ con compost	16,408	12,819	7,718	4,890	4,652	9,369	9,267	36,945	9,052	18,536	64,633
Sistema Cultivo Intensivo											
1. N ^o	5 años		3,280		5 años		11,490				
2. N ^o ₈₀₀	5 años		20,725		5 años		36,795				
											14,770
											57,550

*Se han utilizado los siguientes porcentajes de materia seca: Pradera 19%; Nabo 8%; Maíz 85%. Para la pradera y para el nabo, estas cifras son estimaciones. En el caso del nabo, la materia seca corresponde a raíces y parte aérea; en el caso de pradera corresponde sólo a la parte aérea; en el maíz solamente al grano.

año de pradera. De éstas, por lo menos, 72 Kg pueden atribuirse al nitrógeno efectivamente aportado por la pradera.

Comparación de la eficiencia productiva del sistema rotacional y del sistema de cultivo continuo

El análisis efectuado en relación a las cifras de los Cuadros 1 y 2, se refiere al efecto de los diversos tratamientos sobre el rendimiento del maíz y del nabo. De este análisis se desprende el hecho de que la intercalación de una pradera mixta en la rotación, tiene efectos favorables sobre el rendimiento de los cultivos que la suceden; en el caso analizado ésto es evidente para el maíz. Sin embargo, el sistema rotacional ha soportado sólo 4 cultivos en su ciclo de cinco años; en los mismos cinco años el cultivo continuo ha tenido 10 cultivos. El mayor número de cultivos podría compensar el menor rendimiento.

Se ha considerado interesante hacer una comparación de la productividad de ambos sistemas en base a materia seca producida. Tal comparación se encuentra en el Cuadro 13.

Efecto de los tratamientos sobre la composición del suelo

Un muestreo efectuado en 1975, diez años después de comenzado el experimento (Cuadro 14) señaló los siguientes cambios en algunos índices analíticos del suelo:

pH. No hay cambio importante.

Conductividad eléctrica. Hay un aumento notable en el cultivo continuo con aplicación de nitrógeno.

Materia orgánica. Se aprecia un ligero aumento en todos los tratamientos bajo pradera. N disponible. No hay cambios de significación.

P disponible. Los tratamientos bajo cultivo continuo presentan un mayor tenor de fósforo disponible.

K disponible. Los tratamientos bajo cultivo continuo presentan un mayor tenor de K disponible.

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos cuantifican la productividad que es posible esperar bajo dos alternativas de uso del suelo en la zona central de Chile. En síntesis, puede decirse que ellos sugieren que es posible alcanzar productividades elevadas, considerando el conjunto de la rotación cultural mediante una agricultura intensiva (2 cultivos en el año) y uso de nitrógeno, o bien, con productividad algo menor mediante la intercalación de una pradera mixta que alternaría con el uso agrícola intensivo del suelo, sin aplicación de nitrógeno. Productividades mayores aún, se obtendrían mediante el uso de nitrógeno en la parte agrícola de la rotación con praderas; sin embargo, las potencialidades máximas no difieren mucho si se compara la producción total de materia seca alcanzada a través de la rotación en el sistema "pradera-cultivo continuo con nitrógeno", con el "cultivo continuo con nitrógeno" (68,3 y 65,2 Ton materia seca/ha, respectivamente). El análisis de los datos indica que la pradera mixta ha tenido dos efectos: uno de aporte de nitrógeno (72 Kg de N/año de pradera, aproximadamente) y otro, ligeramente superior al anterior (equivalente a otros 74 Kg), independiente del nitrógeno y cuya causa sería necesario investigar. Se ha visto que el efecto de aporte de nitrógeno se hace, especialmente, cuando se devuelven al suelo los cortes de la pradera. En el ensayo, ésto se hizo a través de la compostación de dichos cortes y su posterior aplicación en el período agrícola de la rotación. En la práctica, dicha devolución se efectuaría a tra-

Cuadro 14 — Análisis de suelo (0-20 cm profundidad), efectuado en 1975.

	a) pH		b) Conductividad eléctrica, mmhos/cm				c) Materia Orgánica %		d) N disponible (NH ₄ + NO ₃)		e) P disponible ppm (Olsen)		f) K disponible ppm	
	Rotación intensiva	Rotación pradera	Rotación intensiva	Rotación pradera	Rotación intensiva	Rotación pradera	Rotación intensiva	Rotación pradera	Rotación intensiva	Rotación pradera	Rotación intensiva	Rotación pradera	Rotación intensiva	Rotación pradera
N ₀ sin compost	7,8	7,9	1,6	1,3	2,4	2,8	4	13	14	8	160	89		
N ₀ con compost	—	7,9	—	1,4	—	2,9	—	12	—	7	—	75		
N ₂₀₀ sin compost	8,0	7,9	3,2	1,3	2,4	2,7	15	13	12	6	119	76		
N ₂₀₀ con compost	—	7,9	—	1,4	—	2,6	—	10	—	5	—	77		

Esquema del ensayo (una repetición)

SISTEMA ROTACIONAL

		Con nitrógeno		Sin nitrógeno		
		Con devolución de cortes (compost)	Sin devolución	Con devolución de cortes (compost)	Sin devolución	
1º año	Pradera de 1 año	compost ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	Pradera de 1 año	Pradera de 1 año	compost ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	
2º año	Pradera de 2 años		Pradera de 2 años	Pradera de 2 años		
3º año	Pradera de 3 años		Pradera de 3 años	Pradera de 3 años		
4º año	Nabo N 300 + compost Maíz N 300 + compost		Nabo N 300 Maíz N 300	Nabo N O + compost Maíz N O + compost		Nabo N O Maíz N O
5º año	Nabo N 300 + compost Maíz N 300 + compost		Nabo N 300 Maíz N 300	Nabo N O + compost Maíz N O + compost		Nabo N O Maíz N O

Sentido de la rotación →

SISTEMA CULTIVO CONTINUO

cada año	Nabo N 300 Maíz N 300	Nabo N O Maíz N O
cada año	Nabo N 300 Maíz N 300	Nabo N O Maíz N O

← Dirección del agua de riego

Todas las parcelas son de 8 x 10 metros.

vés de las deyecciones de los animales; es probable que, en estas circunstancias, el aporte de nitrógeno sea menor debido a las causas conocidas que disminuyen la eficiencia de las deyecciones.

Las causas más probables del efecto de la pradera no atribuible al nitrógeno, serían un mejoramiento de las condiciones físicas del suelo y un efecto positivo sobre la sanidad del suelo en lo que se refiere a enfermedades radiculares de los cultivos; podría también agregarse un posible efecto negativo del sodio acumulado debido al uso continuo de elevadas dosis de nitrato sódico en el tratamiento de cultivo continuo con nitrógeno (3.750 Kg de nitrato sódico/año).

Un hecho que debe destacarse, es el de que el efecto positivo de la pradera se ha manifestado con la misma intensidad en el primer y segundo año de cultivo. Sería de gran importancia comprobar la duración de este efecto, ya que si dura varios años, podría prolongarse el número de años dedicados a cultivos en una rotación con pradera sin menoscabo de la productividad. Por otra parte, es conveniente considerar que siendo la pradera utilizada a base de trébol rosado (*Trifolium pratense* L.), el tercer año de pradera produce un rendimiento muy bajo y, seguramente, un aporte de nitrógeno pequeño; probablemente

el efecto positivo de la pradera sobre los cultivos siguientes habría sido el mismo si su duración hubiera sido sólo de dos años.

Con respecto a la potencialidad de la rotación con pradera, determinada en el Cuadro 13, debe agregarse que ella se ha calculado suponiendo un aprovechamiento óptimo de la pradera; en la práctica se consigue una eficiencia muy inferior debido a los numerosos problemas que debe enfrentar el manejo de las praderas. Además, el aprovechamiento que hace el hombre de la pradera es indirecto, ya que la materia seca producida por el pasto debe transformarse en carne o leche. Como es sabido, esta transformación significa reducir, por lo menos, a la décima parte la disponibilidad de proteína y energía directamente aprovechable por el hombre. Este factor debe ser tomado en cuenta si se desea incentivar un tipo determinado de sistema agropecuario. Es necesario destacar el hecho de que el sistema de cultivo continuo con nitrógeno, produjo en los cinco años de rotación casi el doble de maíz que el sistema rotacional.

Si el maíz se usa directamente como alimento humano, o sí, en vez de maíz, se cultivan papas, la diferencia a favor del cultivo continuo como proveedor directo de alimentación humana, es evidente. Esta diferencia sería aún mayor si en lugar de una planta

forrajera como el nabo se utiliza una planta hortícola de consumo humano como cultivo invernral.

En favor de la rotación con pradera debe decirse que ella permite obtener rendimientos y productividades razonables sin necesidad de utilizar fertilizantes nitrogenados, lo que pue-

de ser de gran importancia en caso de que ellos escaseen o signifiquen un costo muy alto para el país o para el agricultor.

Por cierto, hay otra serie de factores de carácter económico y social no analizados en el presente trabajo que es necesario considerar en la elección de una rotación cultural.

R E S U M E N

Desde 1967 se verifica en la Estación Experimental La Platina un ensayo permanente que compara factorialmente dos rotaciones culturales y dos niveles de aplicación de nitrógeno. Las rotaciones son:

1. Tres años pradera trébol rosado/pasto ovido (*Trifolium pratense/Dactylis*) dos años con nabo en invierno y maíz en verano.
2. Cultivo continuo nabo en invierno y maíz en verano, todos los años.

Los tratamientos de fertilización son:

- a) 300 Kg nitrógeno/ha al nabo y al maíz (600 Kg/ha/año).
- b) Sin nitrógeno.

La pradera se dividió en dos partes: en la primera, los cortes se compostaron y el compost resultante se aplicó a los cultivos de nabo y maíz de la rotación correspondiente; en la segunda parte, los cortes no se devolvieron.

Después de completar siete veces cada una de las rotaciones, los rendimientos medios en los cultivos de nabo y maíz, y en los diversos tratamientos fueron los siguientes:

Tratamientos	NABO, Ton/ha		MAÍZ, Ton/ha	
	Cultivo continuo	Rotación con pradera	Cultivo continuo	Rotación con pradera
N ₀ s/devolución cortes	8,20	12,93	27,04	38,36
N ₀ c/devolución cortes	—	17,82	—	56,08
N ₃₀₀ s/devolución cortes	51,82	51,73	86,58	105,69
N ₃₀₀ c/devolución cortes	—	56,58	—	109,63

Los rendimientos de la pradera mixta fueron muy poco influenciados por los tratamientos. Los rendimientos del segundo año de cultivo en la rotación con pradera (nabo y maíz) fueron muy similares a los del primer año.

El análisis de los resultados indica que:

- El principal efecto fue el del nitrógeno.
- La inclusión de praderas produjo un efecto importante sobre el rendimiento del maíz. Este efecto es parcialmente debido al nitrógeno fijado por la pradera y devuelto al suelo por intermedio de los cortes compostados, pero en gran parte se debe también a un efecto intrínscico de la pradera, cuya naturaleza se desconoce.
- En el nabo, el efecto de la pradera es muy inferior y se limita al del nitrógeno devuelto en los cortes compostados.
- El cultivo continuo fertilizado con nitrógeno produce una mayor cantidad de alimento directamente aprovechable por el hombre, que la rotación con pradera.

S U M M A R Y

COMPARISON BETWEEN A SYSTEM OF CONTINUOUS USE OF SOIL AND A ROTATION SYSTEM INCLUDING A PASTURE

Since 1967 a permanent trial has been carried on in La Platina Experimental Station. Two rotations and two level of nitrogen are compared factorially.

Rotations:

1. Three years of red clover/Dactylis.
Two years of turnips (in winter) and corn (in summer).
2. Every year turnips (in winter) and corn (in summer).

Fertilizer treatments:

- a) 300 Kg of nitrogen/ha to turnips and corn (600 Kg/ha/year).
- b) Without nitrogen.

The pasture was divided in two parts: in the first one, the cuttings were composted and recycled to the corresponding crops of turnip and corn; in the second part, the cuttings were not returned.

After completing seven times each of the rotations the average yields of treatments were:

Treatments	TURNIPS, Ton/ha		CORN, qq/ha	
	Continuous cropping	Rotation with pasture	Continuous cropping	Rotation with pasture
N ₀ without recycling of cuttings	8.20	12.93	27.04	33.36
N ₀ with recycling of cuttings	—	17.82	—	56.08
N ₃₀₀ without recycling of cuttings	51.82	51.73	86.58	105.69
N ₃₀₀ with recycling of cuttings	—	56.58	—	109.63

Yields of the pasture mixture were very slightly affected by treatments. Yields of the second year of crops in the rotation with pasture (turnip and corn) were very similar to the yields of the first year.

An analysis of the results points to the following conclusions:

- The main effect was nitrogen.
- The inclusion of pasture had an important effect on the yield of corn. This effect is partially due to the nitrogen fixed by the pasture and recycled through the composted cuttings, but an important part of it is due to unknown causes.
- The pasture effect on turnip is much lower and the whole of it can be attributed to nitrogen recycled in the compost.
- The continuous cropping system fertilized with nitrogen yields a higher total production of food directly usable by man, than the rotation system.

LITERATURA CITADA

- ADLAND, H. E. 1950. The influence of crops plants on those which follow. Rhode Island St. Coll. Agric. Exp. Sta. Bull. 309, pp. 4-29.
- COOKE, G. W. 1976. Long-term fertilizer experiments in England, the significance of their results for Agricultural Science and for practical farming. *Annals Agronomiques*. Vol. 27 (5-6): 503-536.
- HARRIS, R. E., CHASTERS, G. and ALLEN, O. N. 1966. Dynamic of soil aggregation. *Advances in Agronomy*. pp. 107-160.
- MARTÍNEZ, M. 1976. ¿Es posible mantener una alta productividad en el monocultivo? *Simiente* Vol. 46 (3-4): 38-42.
- PAPADAKIS, J. 1954. Ecología de los cultivos. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Rep. Argentina, pp. 101-122.
- RUSSELL, E. J. 1950. Soil conditions and plant growth. Lengmans, Green and Co. pp. 292-295.
- TALLARICO, L. A. 1969. Influencia de distintos tratamientos culturales sobre la estructura del suelo brunizem. *Rev. Investig. Agrop. Instituto de Suelos y Agrotecnia (INTA)*. Publ. N° 115. 11 p.
- WELCH, L. F. 1976. The morrow plots hundred years of research. *Annals Agronomiques*. Vol. 27 (5-6): 881-890.