

# SECUENCIA DE CULTIVOS PARA INTENSIFICAR LA PRODUCCION DE FORRAJE EN UNA TEMPORADA AGRICOLA<sup>1</sup>

## Crop sequence to intensify forage production in one growing season

Marcos Figueroa R.<sup>2</sup>, Patricio Soto O.<sup>3</sup> y Fernando Fernández E.<sup>4</sup>

### SUMMARY

Production throughout the year, under two forage crop sequences (oats—corn and ryegrass—corn), was studied at the Quilamapu Experimental Station (INIA), Ñuble (36° 42' S lat. and 72° 04' W long). Winter, summer and total yields were measured. Winter production of strigosa oats and italian ryegrass were evaluated in a split—plot design, with 4 replications. Main treatments were species (oats and ryegrass), and subtreatments were N levels (0, 60, 120 and 180 kg/ha). In the second period, using corn, the residual effect of N applied on oat was evaluated, as well as the effect of the complementary N, applied on corn after ryegrass, up to 180 kg N/ha; a randomized block design was used. Annual production of the two rotations were analyzed.

Production of both species were similar ( $P \geq 0.05$ ). Response of ryegrass to different N levels can be defined by the function  $Y = 3.34 + 0.07X - 3.26 \times 10^{-4} X^2$  ( $r^2 = 0.86$ ). Residual effect on corn of the N applied in oats, can be represented by  $Y = 9.03 - 5.3 \times 10^{-3} X + 1.63 \times 10^{-4} X^2$  ( $r^2 = 0.77$ ). Yield was greatest when N was applied on corn after ryegrass, as shown by  $Y = 10.03 + 0.06X$  ( $r^2 = 0.74$ ). With the ryegrass—corn rotation, fertilized with 60 and 120 kg N/ha, the yield measured was near 24.6 ton D.M./ha/year.

### INTRODUCCION

Las praderas del llano central regado de Ñuble, poseen un ciclo de crecimiento irregular, que determina variaciones estacionales de la producción de forraje, con promedios de 43, 37, 12 y 8% del total, en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente (Acuña y Martínez, 1983; Vyhmeister, 1976). De aquí se desprende la necesidad de suplementar, durante la época crítica de invierno, con forraje conservado o proveniente de recursos suplementarios invernales (Aguila, 1968; Correa y Guerrero, 1978; Pichard, Innocenti y Aguila, 1980).

Una forma de encarar el problema de déficit de forraje durante el invierno en la zona centro sur regada, es por la vía de intensificar el uso del suelo, para mejorar la eficiencia de los recursos productivos. Sería factible establecer sistemas de producción que permitan obtener dos cultivos forrajeros suplementarios dentro de una temporada agrícola, con lo cual se contaría con una nueva alternativa para una adecuada alimentación de los animales en los períodos críticos de crecimiento de las pasturas (Caerols y Parodi, 1979; Jahn y Vyhmeister, 1981; Martínez y Letelier, 1978).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje a través del año, mediante el uso intensivo del suelo, por medio de las secuencias de rotación avena—maíz o ballica—maíz. Para conseguir esta finalidad, y como una forma de manejar el rendimiento, se hizo uso de distintas dosis y de épocas de aplicación de N, en las secuencias de cultivos indicadas.

### MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Quilamapu (INIA), Chillán, Chile, durante la temporada 1980/81.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 8 de octubre de 1985.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

<sup>3</sup> Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

<sup>4</sup> Trabajo basado en la Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en la Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, Chile.

El suelo utilizado corresponde a la serie Mañil (typical distrandep), IIIr, topografía plana, textura franca a franca-arenosa, estructura masiva granular, fina muy débil, erosión no aparente, moderadamente profundo, regado.

El estudio consistió en evaluar, en dos etapas, las secuencias avena-maíz y ballica-maíz, basado en la producción de fitomasa parcial y total anual. En la primera etapa, se analizó la producción invernal de avena strigosa (*Avena strigosa* Scherb S.I.) y de ballica italiana (*Lolium multiflorum* var. *wersterwoldicum*) cv. Tama, en un diseño de parcela dividida, con 4 repeticiones, en parcelas de 2,8 x 8 m. El tratamiento principal correspondió a las especies y el subtratamiento, a los niveles de N (0, 60, 120 y 180 kg/ha), aplicados mitad a la siembra (otoño) y el resto inmediatamente después del primer corte (agosto), como salitre potásico.

En primavera, como segunda etapa y aprovechando el estudio anterior, se sembró el híbrido semitardío de maíz (*Zea mays* L.) P 3369-A, para evaluar el efecto residual del N aplicado en avena, y de la fertilización complementaria en maíz — luego de ballica — hasta completar 180 kg de N/ha/año. El N se aplicó mitad a la siembra y el resto a los 50 cm de altura de las plantas de maíz, como salitre potásico. En ambos casos, se utilizó un diseño en bloques al azar.

La producción total anual de fitomasa se evaluó en un diseño en bloques al azar, independientemente para la secuencia avena-maíz y para la secuencia ballica-maíz (Cuadro 1).

La siembra de avena y de ballica se realizó el 30 de abril, en líneas a 20 cm, en dosis de 110 y 31 kg de semilla/ha, respectivamente. La siembra de maíz se realizó el 30 de octubre, con una distancia entre y sobre hileras de 80 y 18 cm, respectivamente, para obtener 69.444 plantas/ha. En los tres casos, al momento de la siembra, se aplicó 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha como superfosfato triple. En maíz, se consideró además la aplicación de 25 kg/ha de Basudin 10-G.

La producción invernal de avena y ballica se evaluó cuando las plantas alcanzaron 30 cm, en muestras de áreas de 5,6 m<sup>2</sup>. En cada evaluación se consideró altura de planta (cm) y la producción de forraje en verde y seco (ton/ha). La producción de maíz se evaluó cosechando las 2 hileras centrales, cuando el grano alcanzó el estado semiduro, efectuando las mismas evaluaciones que en el caso anterior.

La información fue analizada según el diseño aplicado. En la comparación de medias, se usó la prueba de Duncan (P = 0,05).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Producción invernal de forraje

La fertilización nitrogenada definió un patrón de respuesta similar en producción de fitomasa en la avena y la ballica (Figura 1); sin embargo, se observan diferencias entre dosis y especies forrajeras. En ballica, la producción mejoró significativamente hasta 120 kg de N/ha, alcanzando un máximo de 8,2 ton m.s./ha. Sobre esta dosis, hubo una reducción del rendimiento, que podría atribuirse a exceso de humedad del suelo y a temperaturas bajas, condiciones que limitan el crecimiento óptimo de la planta y, por lo tanto, una buena absorción del N. En avena, la producción también aumentó hasta los 120 kg N/ha; sin embargo, los niveles de producción obtenidos a partir de 60 hasta los 180 kg N/ha, no difirieron entre sí (P ≥ 0,05).

La eficiencia del N disminuyó al aumentar el nivel de aplicación, con valores máximos de 76 y 52 kg de fitomasa (m.s.)/kg de N aplicado, para avena y ballica respectivamente, y con una dosis de 60 kg N/ha.

### Producción estival de forraje

1. Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción de fitomasa de maíz.

**CUADRO 1. Dosis de N (u./ha) utilizadas en las secuencias avena-maíz y ballica-maíz**

**TABLE 1. Nitrogen doses (units/ha) applied to the sequences oats-corn and ryegrass-corn**

Cultivo fertilizado	Avena-Maíz				Ballica-Maíz			
	0	60	120	180	0	60	120	180
Pastura	0	60	120	180	0	60	120	180
Maíz	0	0	0	0	0	120	60	0
Total	0	60	120	180	180	180	180	180

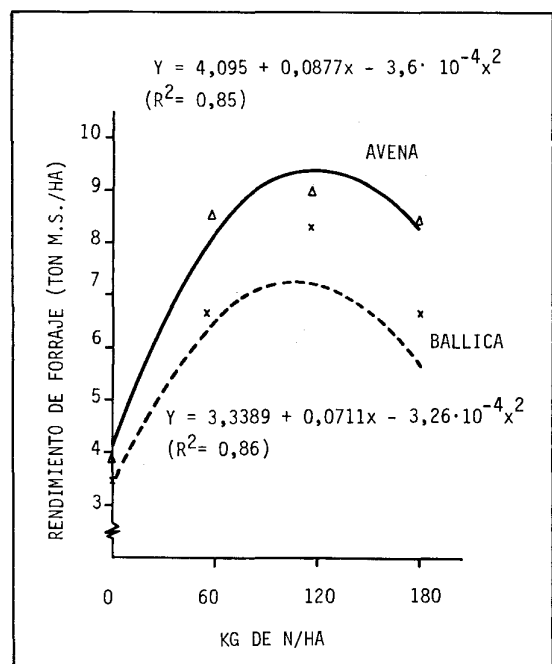


FIGURA 1. Rendimiento invernal de forraje en relación a niveles de nitrógeno en avena y ballica.  
 FIGURE 1. Forage yield in winter, according to N level, in oats and ryegrass.

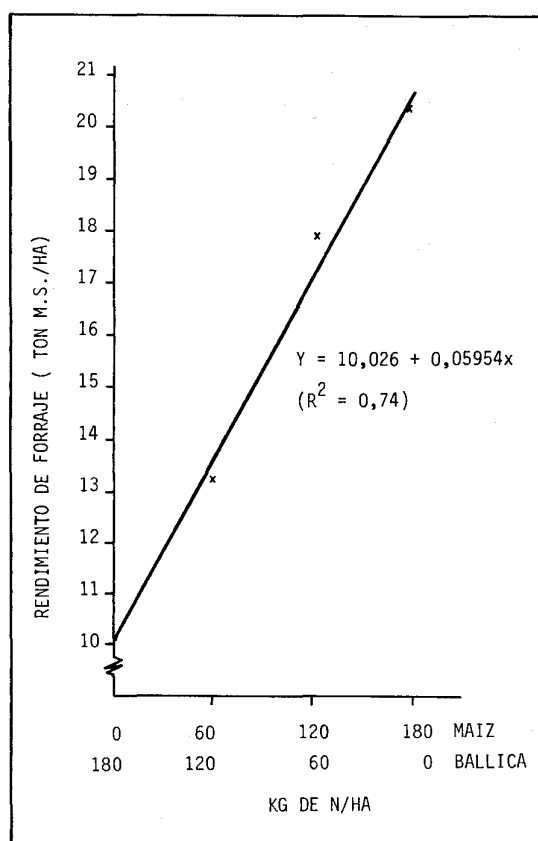


FIGURA 2. Respuesta del maíz (en rotación con ballica) a dosis de hasta 180 kg/ha de N/año (x = N aplicado al maíz).  
 FIGURE 2. Response of corn (in rotation with ryegrass) to up to 180 kg/ha of N/year (x = N applied to corn).

Las aplicaciones de dosis crecientes de N, se reflejaron en incrementos del rendimiento de fitomasa. Las máximas producciones (18,0 y 20,8 ton m.s./ha; P ≥ 0,05) se obtuvieron al aplicar 120 y 180 kg N/ha, respectivamente (Figura 2). En la secuencia ballica-maíz, el valor más alto de eficiencia (66 kg m.s./kg N) se obtuvo con 120 kg N/ha. El adecuado nivel de rendimiento (10 ton m.s.) del testigo, que correspondió a la aplicación de 180 kg N/ha en el cultivo invernal de ballica, estaría indicando que este fertilizante no fue usado completamente, permaneciendo una fracción en el suelo para ser usada cuando las condiciones fueran favorables para un crecimiento normal de las plantas (cuadros 2 y 3).

2. Efecto residual de la fertilización nitrogenada invernal en la producción de forraje de maíz.

Los rendimientos de forraje en maíz, aumentaron a media que aumentó la dosis del fertilizante nitrogenado aplicado a la avena, varios meses antes de sembrar el maíz, aunque este último cultivo no recibió N (Figura 3). Esta situación refleja una realidad interesante, porque sería la consecuencia de un incompleto aprovechamiento del fertilizante nitrogenado aplicado al cultivo invernal.

CUADRO 2. Variaciones del N en el suelo (ppm) en relación a tiempo y dosis de aplicación en la rotación ballica-maíz

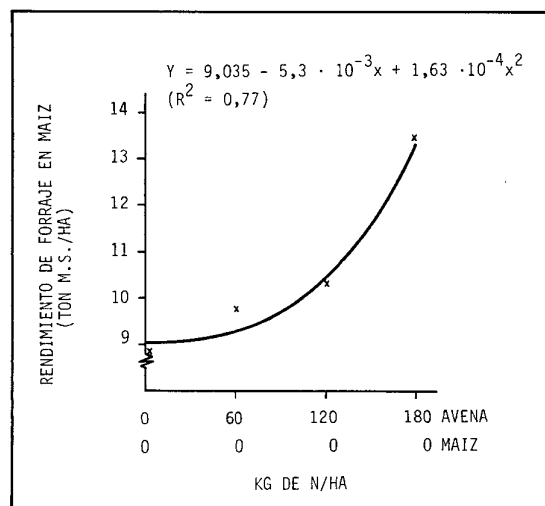
TABLE 2. Variation of N level (ppm) in the soil, according to time and dose of application in ryegrass-corn

	Dosis de N (kg/ha)			
	180	120	60	0
Aplicado en ballica:	180	120	60	0
Aplicado en maíz :	0	60	120	180
Niveles de N en el suelo (ppm)				
Epoocas de muestreo:				
Presiembra ballica (abril 25)	12,3	12,3	12,3	12,3
Primer uso ballica (agosto 28)	7,0	14,0	10,5	21,0
Presiembra maíz (octubre 24)	8,0	7,7	14,0	7,0
Postcosecha maíz (abril 3)	25,0	40,0	15,7	21,0

**CUADRO 3. Variaciones del N en el suelo (ppm), en relación a tiempo y dosis de aplicación en la rotación avena—maíz**

**TABLE 3. Variation of N level (ppm) in the soil, according to time and dose of application in oats—corn**

	Dosis de N (kg/ha)			
	0	60	120	180
Aplicado en avena:	0	60	120	180
Aplicado en maíz:	0	0	0	0
Niveles de N en el suelo (ppm)				
Epocas de muestreo:				
Presiembra avena (abril 5)	12,3	12,3	12,3	12,3
Primer uso avena (agosto 28)	18,0	8,8	16,1	14,0
Presiembra maíz (octubre 24)	14,0	14,0	7,0	20,0
Postcosecha maíz (abril 3)	14,0	20,0	14,0	14,0



**FIGURA 3. Rendimiento en forraje de maíz, por efecto residual de N aplicado a la avena.**

**FIGURE 3. Corn yield in forage, due to residual effect of N applied to oats.**

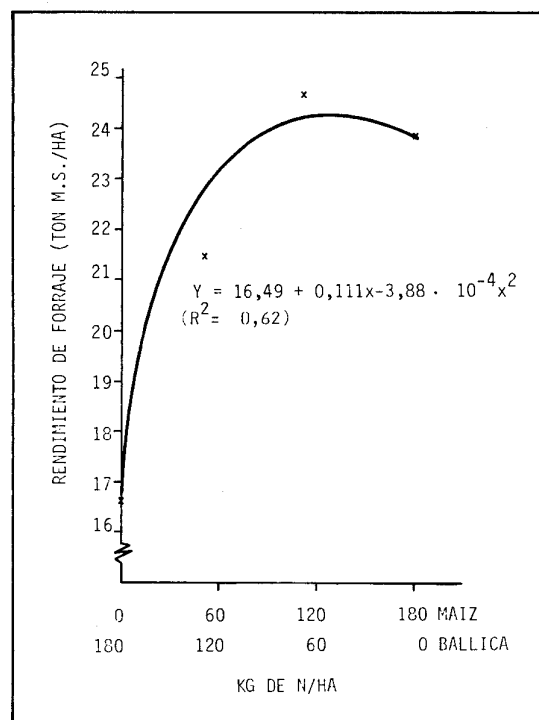
Para que el efecto residual se manifieste, es requisito esencial que el N remanente de la utilización por la avena, no se pierda en el período invernal. Puede aceptarse que las pérdidas por desnitrificación y por lixiviación en el perfil del suelo no fueron importantes. La posible lixiviación de nitratos no se asoció a grandes pérdidas, porque cualquier descenso en el perfil fue insuficiente para escapar más allá del volumen de suelo explorado por el sistema radical del maíz.

Bajo estas condiciones ambientales edafoclimáticas, se puede aceptar que en el maíz no fertilizado, se alcanzara una producción máxima de fitomasa (13,5 ton m.s./ha) y una eficiencia de 26 kg m.s./kg, con una dosis de 180 kg N/ha aplicados a la avena.

#### Producción total anual de forraje

##### 1. Secuencia ballica—maíz

La mayor eficiencia en el uso del N (44 kg m.s./kg N) se obtuvo al fertilizar con 60 kg N/ha, en ballica, y 120 kg N/ha, en maíz. Efectuando una fertilización complementaria, se obtuvo un buen nivel de producción de fitomasa (Figura 4), con valores de 21,0; 24,6 y 20,0 ton m.s./ha, cuando se fertilizó el maíz con 60, 120 y 180 kg N/ha, similares entre sí ( $P \geq 0,05$ ). El aporte efectuado por el maíz fue notorio; a medida que aumentó la fertilización nitrogenada, su contribución al rendimiento total fue creciente, hasta alcanzar al 84% o, con la aplicación de 180 kg N/ha.



**FIGURA 4. Rendimiento en forraje de ballica—maíz, con dosis combinada de N en ambos cultivos (x = N aplicado en maíz).**

**FIGURE 4. Yield in forage of ryegrass—corn, according to N applied to both crops (x = N applied to corn).**

## 2. Secuencia avena-maíz

Las máximas producciones (19,3 y 21,6 ton m.s./ha), similares entre sí ( $P \geq 0,05$ ), se obtuvieron al aplicar 120 y 180 kg N/ha, en invierno, con incrementos de 50 y 60% con respecto al testigo (Figura 5). Sin embargo, la mayor eficiencia (96 kg m.s./kg N) se obtuvo al fertilizar el cultivo invernal con 60 kg N/ha.

Como en el caso anterior, en esta secuencia hubo un efecto residual del N aplicado al cultivo invernal. Al respecto y de acuerdo a Pasw (1963), se afirma que el residual de N representaría el 15% de la cantidad aplicada en invierno, si las lluvias son 200 mm, y que el valor disminuiría a medida que la precipitación aumenta. La precipitación, durante la segunda aplicación de N a la pastura, fue de 54,2 mm, cantidad más que suficiente para causar alguna pérdida del N aplicado. En esta rotación, el aporte máximo del maíz fue del 70%, atribuido a la capacidad de su sistema radicular, capaz de profundizar y absorber nutrientes en alto grado.

## Digestibilidad

Aunque se ha establecido que la fertilización afectaría la digestibilidad de un forraje (Silva, 1979), los resultados obtenidos con las especies estudiadas, no muestran un cambio definido en su digestibilidad (Cuadro 4).

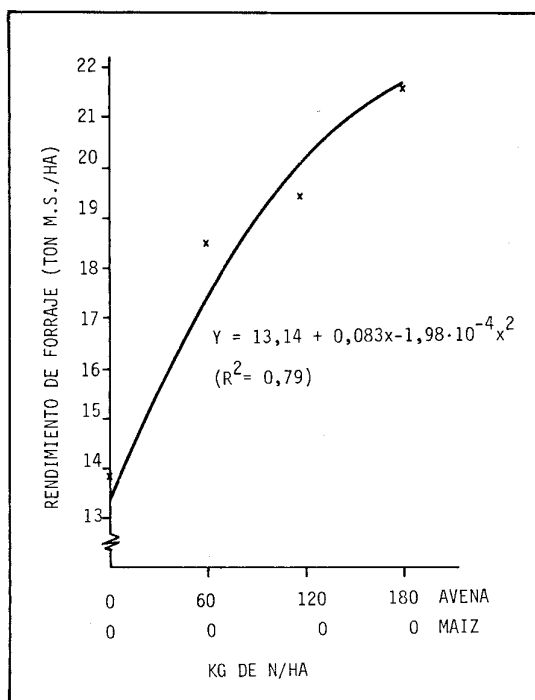


FIGURA 5. Rendimiento en forraje de avena-maíz, con fertilización nitrogenada invernal.

FIGURE 5. Yield in forage of oats-corn, according to N applied in winter.

CUADRO 4. Digestibilidad de la m.s. (%), en relación a especie y dosis de N

TABLE 4. Dry matter digestibility (%), according to species and N dose

Especie fertilizada:	Dosis de N (kg/ha)							
	Avena				Ballica			
Dosis aplicada:	0	60	120	180	0	60	120	180
Digestibilidad de la materia seca (%)								
Cultivo:								
Avena	81	76	79	78				
Ballica					76	80	78	79
Maíz (0 N/ha)	81	76	76	78				
Maíz (180 N/ha)					85	79	79	75

## RESUMEN

La producción de fitomasa a través del año, se estudió en dos secuencias de cultivos forrajeros (avena—maíz y ballica—maíz), considerando los períodos invierno—primavera, estival y total anual. El ensayo se realizó en la Estación Experimental Quilamapu (INIA), Ñuble (long. 36° 42' S y lat. 72° 04' W). En la primera etapa, se analizó la producción de fitomasa de avena strigosa y de ballica anual (cv. Tama), en un diseño de parcela dividida, con 4 repeticiones. El tratamiento principal correspondió a las especies. Los subtratamientos correspondieron a niveles de N (0, 60, 120 y 180 kg/ha). En la segunda etapa, utilizando maíz, se evaluó el efecto residual del N aplicado en la avena y la fertilización complementaria nitrogenada en maíz, luego de ballica, hasta completar 180 kg N/ha/año. En ambos casos, se usó un diseño en bloques al azar. Finalmente, se analizó la producción anual total de fitomasa en las dos secuencias de cultivos.

La producción de avena fue similar a la de la ballica ( $P \geq 0,05$ ). La respuesta de la ballica a las diferentes dosis de N estuvo representada por la función  $Y = 3,34 + 0,07X - 3,26 \times 10^{-4} X^2$  ( $r^2 = 0,86$ ) y de la avena, por  $Y = 4,1 + 0,09X - 3,6 \times 10^{-4} X^2$  ( $r^2 = 0,85$ ). Se determinó un efecto residual del N, aplicado en avena, sobre el maíz, representado por la función  $Y = 9,03 - 5,3 \times 10^{-3} X + 1,63 \times 10^{-4} X^2$  ( $r^2 = 0,77$ ). Con la aplicación de N en maíz, después de ballica, se lograron los máximos rendimientos, representados por  $Y = 10,03 + 0,06X$  ( $r^2 = 0,74$ ). Con la secuencia ballica—maíz, fertilizada con 60 y 120 kg N/ha, fue posible alcanzar producciones de hasta 24,6 ton m.s./ha/año.

## LITERATURA CITADA

- AGUILA C., H. 1968. Pastos y Empastadas. Tercera edición. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. 388 p.
- ACUÑA P., H. y MARTINEZ R., G. 1983. Curvas de crecimiento y época de aplicación de nitrógeno en una pradera mixta de trébol blanco y gramíneas. Agricultura Técnica (Chile) 43 (2): 169—178.
- CAEROLS, J.M. y PARODI P., P. 1979. Producción de forraje de maíz y sorgo en segunda siembra después de trigo precoz. Ciencia e Investigación Agraria (Chile) 6 (3): 171—176.
- CORREA B., C. y GUERRERO S.M., M. 1978. Manejo de praderas. Santiago, Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Boletín divulgativo Nº 51. 103 p.
- JAHN B., E. y VYHMEISTER B., H. 1981. Alternativas forrajeras para la producción de leche en la zona centro sur. En: Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu (Chile) Nº 8: 19—20.
- MARTINEZ V., M. y LETELIER A., E. 1978. Comparación entre una rotación intensiva de cultivo y una rotación de cultivo con pradera. Agricultura Técnica (Chile) 38 (4): 129—143.
- PASW F., VAN DER. 1963. Residual effect of fertilizer on succeeding crops in a moderate marine climate. Plant and Soil 19 (3): 324—331.
- PICHARD D., G.; INNOCENTI C., E. y AGUILA C., J.C. 1980. Forraje para la producción de carne y leche. El Campesino (Chile) 111 (8): 20—29.
- SILVA G., M. 1979. La pradera como alimento. En: Porte F., Eduardo. Producción de Carne Bovina. Segunda edición. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. p.: 45—65.
- VYHMEISTER B., H. 1976. Curva de producción de trébol blanco—gramíneas, sometida a 2 frecuencias de corte. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía. 65 p. (Tesis mimeografiada).