

Sistema intensivo de producción de leche en base a praderas permanentes de riego en el sur de Chile. II Producción de materia seca, consumo y proposición de un test para evaluar la calidad del manejo pastoril

Intensive milk production system based on irrigated permanent pastures in the south of Chile. II Dry matter production, intake and a proposed test to evaluate pasture management.

Butendieck, N.^{a*}, Lanuza, F.^b, Romero, O.^a, Hazard, S.^a, Mardones, P.^a

^a Estación Experimental Carillanca, INIA, Chile.

^b Estación Experimental Remehue, INIA, Chile.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 09-03-2023

Accepted 01-06-2024

Keywords:

Milk production system
DM intake and assessment
Methodology

Original article,
Animal Science

*Corresponding author:

Rodrigo Arias

E-mail address:

nbutendieck@gmail.com

ABSTRACT

In this study, dry matter (DM) production, intake, and DM conversion efficiency into milk in a closed production system with permanent grassland under irrigation are estimated. Due to errors in the estimation of DM using the direct sward clipping method (CD), the indirect net energy method was used. Along with a detailed calculation of the procedure, several options for "harvesting cost" according to the guidelines indicated by Fox *et al.* (1990) are presented. For this study, the factor 0.40 was applied. If one starts from actual production and calculates its EN_L content, that energy produced should have been consumed. Additionally, if the DM to milk conversion curve is used during the grazing period, monthly, quarterly or average factors can be calculated. In this study, the average factor was 1.45 Mcal EN_L kg⁻¹ DM. By applying these concepts, it was possible to establish that the average DM production per hectare was 17,009 kg, the average daily consumption per cow mass was 16.5 kg and the average consumption per 100 kg of live weight was 3.1 kg. The consumption per W^{0.75} was 0.149 kg, with a DM conversion efficiency to milk of 1.05:1. Additionally, the net energy method has a low interannual coefficient of variation (5.69%), a value that supports the validity of the result. As a measure to establish the quality of grazing management, the correlation between cow days and milk production is proposed, which in this study was 0.975.

RESUMEN

En este estudio se estima la producción de materia seca (MS), el consumo y la eficiencia de conversión de MS en leche en un sistema cerrado de producción con praderas permanentes bajo riego. Debido a errores en la estimación de la producción de MS con el método de corte directo (CD), se usó el método indirecto de la energía neta. Junto con detallar el cálculo del procedimiento se plantean, varias opciones de "costo de cosecha" conforme a los lineamientos señalado por Fox *et al.* (1990). En este estudio se aplicó el factor 0,40. Si se parte de una producción real y se calcula su contenido de EN_L, esa energía producida debió haber sido consumida. Adicionalmente, si se utiliza la curva de conversión de MS en leche durante el período de pastoreo se pueden calcular factores mensuales, trimestrales o promedios, que en este trabajo fue en promedio 1,45 Mcal de EN_L kg⁻¹ MS. Usando estos conceptos se pudo establecer, que la producción promedio de MS ha⁻¹ fue 17.009 kg, el consumo promedio diario por vaca masa fue 16,5 kg y el consumo medio por cada 100 kg de peso vivo fue 3,1 kg, así como el consumo por W^{0.75} fue 0,149 kg, con una eficiencia de conversión de MS en leche de 1,05:1. Adicionalmente, el método de la energía neta tiene un coeficiente de variación bajo, del 5,69%, valor que apoya la validez de los resultados. Como medida para establecer la calidad del manejo del pastoreo se propone la correlación entre los días vaca y la producción de leche, valor que en este estudio fue 0,975.

Palabras clave: sistema producción leche, metodología de estimación y consumo MS.

INTRODUCCIÓN

En esta parte II se analizan los datos de producción y consumo de MS en un sistema cerrado de producción de leche usando praderas permanentes bajo riego, que en un promedio de 6 años produjeron 12.688 kg por ha⁻¹

(Butendieck *et al.*, 2023). Debido a errores de muestreo durante los tres últimos años, usando el método del CD, lo que se refleja en el Cuadro 1, se trató de llegar a una estimación razonable de producción de MS con la información disponible. Por ello se utilizó el método de la energía neta, basado en la energía de la producción

de leche. El uso de esta metodología fue mencionado por Meijs (1981), aunque no la describe ni analiza mayormente. Cuando se trabaja con parcelas pequeñas y se corta toda la parcela el resultado será satisfactorio porque se trata de una medición y no una estimación. La situación es completamente distinta cuando se trata de grandes superficies, donde la estimación se basa en el muestreo. López *et al.* (2011), señalan, que el problema es que la biomasa no se puede medir en estudios a gran escala y sólo se puede estimar usando algún método de muestreo. Al comparar el método de CD con las estimaciones de tres métodos indirectos, medidor por capacitancia (MC), el plato medidor (PM), y la estimación visual (EV), usando el CD como método de referencia, hubo diferencias ($P < 0,01$) entre el método directo y cada una de las tres técnicas de doble muestreo, sobreestimando la biomasa presente. Smit *et al.* (2005), al comparar diferentes métodos establecieron, que la estimación del consumo en base al método de corte presentó el mayor coeficiente de variación y resultados diferentes. También se definió que el método de la energía presentó los resultados menos variables, observaciones corroboradas por Dulau, (2007), por lo cual puede tomarse como método patrón (Macon, 2003). Butendieck *et al.* (1991), utilizan el método de la energía neta y ajustan los requerimientos de mantención para condiciones de praderas bajo riego en el valle central de la Región de la Araucanía. Considerando los antecedentes anteriores, las cifras obtenidas en este estudio, utilizando el método de CD, también se sometieron al análisis de un método indirecto basado en la performance animal, tal como lo han postulado Butendieck *et al.* (1991), Macoon *et al.* (2003) y Smit *et al.* (2005), para comparar sus resultados. Para ello se usaron las tablas de requerimientos nutritivos del National Research Council (NRC 1988, 2001), utilizadas a la inversa, partiendo de un dato medido y no estimado, cual es la producción diaria real de leche, y calcular su contenido en EN_L . Obviamente, que para producir una cantidad de energía en vacas que mantienen su peso, esa energía debió ser consumida y de esa manera se puede estimar la MS ingerida. Si preocupa el cambio de peso que puede afectar los cálculos es necesario recordar que, en un rebaño con parición biestacional o continua, habrá vacas en diferentes estados de lactancia y en consecuencia algunas estarán perdiendo peso y otras ganando. En un rebaño grande estas diferencias en sentido positivo o negativo tenderán a 0 siempre y cuando el peso promedio anual se mantenga o sea levemente superior.

La metodología de la energía neta se puede incorporar fácilmente a un programa computacional de manejo predial, agregando un módulo de eficiencia reproductiva, base para efectuar los cálculos, y un segundo módulo para estimar la EN_L de la leche producida y convertirla en una estimación de MS. En esta segunda

parte se analiza la producción de materia seca y el consumo planteándose como objetivos:

Estimar la producción de MS del sistema utilizando una metodología basada en la performance animal para estimar la producción de MS, el consumo y la eficiencia de conversión de materia seca en leche, que eventualmente pueda utilizarse como método estándar de referencia.

Determinar con mayor exactitud la producción de MS ha^{-1}

Definir cuál es el coeficiente de conversión de EN_L en MS más adecuado para las condiciones de este estudio.

Presentar un indicador sencillo, que pueda evidenciar si el manejo de la pradera ha sido apropiado, particularmente en la carga instantánea utilizada.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Proyecto Producción de leche de la Estación Experimental Carillanca (E.E. Carillanca) perteneciente al INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

La metodología utilizada corresponde a la señalada por Butendieck *et al.* (2023), en la parte I. Las mediciones se realizaron durante 5 años, en las temporadas 80/81 81/82, 82/83, 83/84, 84/85, partiendo en septiembre y terminando en agosto.

Animales

La utilización de la pradera se efectuó con vacas Frisón Negro Chileno, cuyo origen fue un grupo de 80 vacas de la raza Overo Negro importadas desde Holanda, rebaño al cual se incorporó planificadamente un 25% de sangre Holstein Friesian.

Manejo

Es el presentado en Butendieck *et al.* (2023).

Controles

En cuanto a la pradera se midió disponibilidad de forraje ante cada pastoreo mediante un cuadrante de 0,5 m², lanzado al azar 20 veces por ha y cortado a ras de suelo empleando una máquina esquiladora. El material verde se colocó en bolsas de papel, se pesó y secó en un horno de ventilación forzada durante 48 horas a 60 °C. Las bolsas se volvieron a pesar para calcular su contenido de MS. En la temporada inicial se determinó el contenido de materia seca, proteína y fibra cruda de la pradera y del forraje conservado. Restricciones presupuestarias impidieron hacer estos análisis en las temporadas posteriores, por lo que se asumió eran similares a las anteriores. Los resultados de los dos pri-

meros años usando el CD fueron correctos. En las tres últimas temporadas fue otro equipo de campo que realizó las mediciones para estimar MS y los resultados no se ajustaron a la realidad.

Durante el período de estabulación invernal se midió el consumo diario grupal de ensilaje y heno. El consumo total de concentrado se registró diariamente en la sala de ordeña y fue similar en su composición durante los 5 años, con un 16% de proteína. En base a valores tabulares se usó como promedio una EN_L de 1,56 Mcal MS⁻¹. El consumo suplementado restante es forraje conservado al cual se le asignó una energía promedio de 1,3 Mcal por kg de MS.

El análisis químico proximal de los forrajes conservados y de la pradera se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la E.E. Carillanca conforme a los procedimientos del A.O.A.C (1970).

RESULTADOS

Los antecedentes que configuran los resultados que se presentan a continuación están constituidos por los valores registrados en cinco temporadas (septiembre a agosto) y su promedio desde 1980/1981 hasta

1984/85, los que se detallan en los cuadros 1 al 8 y figuras 1 al 5.

En el Cuadro 1, con las limitaciones del caso, se presenta la disponibilidad total de materia seca pastoreada en las 9 hectáreas del sistema la que sumó como promedio quinquenal 105.669 kg., observándose una tendencia a la disminución que, al no estar asociada a una disminución de la producción de leche, salvo en la temporada 82/83, afectada por un déficit hídrico, hace pensar en un error de muestreo de la pradera. Como no se midió el residuo, se asumió inicialmente un residuo medio de 35% basado en antecedentes anteriores obtenidos del mismo tipo de pradera. Posteriormente, como consecuencia de la información recibida se bajó al 15,5% en base a los muestreos de residuo realizado y finalmente se debió hacer una suposición extrema y aventurada de que la disponibilidad fue igual al consumo para obtener cifras finales de consumo medianamente razonables, pero evidentemente eso implica errores en la estimación, ya que en teoría no habría quedado forraje disponible para las vacas no lactantes. Por lo tanto, con las limitantes señaladas, el consumo asumido promedio quinquenal fue de 82.331 kg de MS. Si a ello se agrega el consumo de 19.566 kg de mate-

Cuadro 1. Parámetros sobre producción de forraje y consumo total por temporada y promedio.

Table 1. Parameters on forage production and total intake by season and average.

Temporada	80/81	81/82	82/83*	83/84*	84/85*	Promedio*
Disponibilidad de MS kg en pradera	140.282	154.430	<i>87.374</i>	<i>76.361</i>	<i>69.900</i>	<i>105.669</i>
Consumo de MS kg en pradera	91.183	100.380	<i>73.831</i>	<i>76.631</i>	<i>69.900</i>	<i>82.331</i>
Consumo de heno MS kg	2.178	4.111	4.067	5.265	7.972	<i>4.719</i>
Consumo de ensilaje MS kg	16.178	12.230	23.577	10.642	11.607	<i>14.847</i>
Consumo de forraje MS kg	109.539	116.721	<i>101.475</i>	<i>92.268</i>	<i>89.479</i>	<i>101.896</i>
Consumo de concentrado MS kg	4.245	12.825	15.789	20.333	17.060	<i>14.050</i>
Consumo total de MS kg	113.784	129.546	<i>117.264</i>	<i>112.601</i>	<i>106.539</i>	<i>115.947</i>
Consumo/vaca masa/día MS kg	16,4	17,6	<i>15,5</i>	<i>15,7</i>	<i>15,1</i>	<i>16,1</i>
Consumo/U.A./día MS kg-	15,1	16,9	<i>14,7</i>	<i>14,9</i>	<i>14,0</i>	<i>15,1</i>
Consumo/100 kg peso vivo MS kg	3,0	3,4	<i>3,0</i>	<i>3,0</i>	<i>2,8</i>	<i>3,0</i>
Consumo por W ^{0,75} MS kg	0,146	0,162	<i>0,141</i>	<i>0,143</i>	<i>0,135</i>	<i>0,145</i>
Consumo de conc. por l leche MS kg	0,038	0,112	0,153	0,169	0,148	<i>0,124</i>
Relación leche kg: kg MS	0,99	0,89	<i>0,88</i>	<i>1,07</i>	<i>1,09</i>	<i>0,98</i>
Disponibilidad kg MS pastoreada ha ⁻¹	15.587	17.159	<i>9.708</i>	<i>8.485</i>	<i>7.767</i>	<i>11.741</i>
Pérdida kg MS forraje conservado	4.399	6.987	6.395	4.574	532	<i>4.577</i>
Heno extrasistema				2.981		<i>2.981</i>
Producción total kg MS ha ⁻¹	18.115	19.751	<i>13.490</i>	<i>10.429</i>	<i>10.001</i>	<i>14.357</i>

*Columnas con errores de estimación en números en cursiva y negrita.

ria seca de forraje conservado y 14.050 kg de MS de concentrado, se establece un consumo total de 115.947 kg de MS lo que, en promedio, representa un consumo diario por vaca masa de 16,1 kg de MS, equivalente a 3,0% del peso vivo. Si a la disponibilidad presente al momento del pastoreo se le agrega la MS cosechada, llegamos a una disponibilidad promedio de MS ha⁻¹ de 14.357 kg, aunque la variación fue de 18.115 a 10.001. La disponibilidad promedio de MS pastoreada por ha fue de 11.741 kg, que también tiene una variación de 17.159 a 7.767. Obviamente esta amplitud en la variación no es lógica ni razonable. La producción total de M.S ha⁻¹ incluye las pérdidas del forraje conservados, que alcanzan a un 20,3% en el ensilaje y 14,7% en el heno, que equivale a un 19,4% de la MS conservada. Por su importancia, las pérdidas de distinto origen no pueden dejar de considerarse.

El concentrado, que incluye afrecho de raps suministrado en la ración de forraje, alcanzó a 803 kg de materia seca por vaca ordeña año, lo que equivale a un

suministro de sólo 124 gramos de concentrado por kg de leche producido. De esta manera el consumo diario promedio de materia seca por vaca masa año fue de 16,1 kg. Ello nos da una relación de producción de 1 kg de MS por 1,03 kg de leche producida.

En la Figura 1 se puede ver el nivel de las precipitaciones acumuladas de octubre a marzo de las cinco temporadas en estudio. (Butendieck *et al.*, 2023)

En el Cuadro 2, se presenta la composición química del forraje disponible durante la temporada 80/81. El promedio está constituido por 47 muestras obtenidas en los 4 potreros de 2 hectáreas a lo largo del año. El contenido de materia seca fue de 21,9 ± 4,9, el de proteína cruda 21,1 ± 3,0 y de 24,1 ± 2,1 para la fibra cruda. Sin duda el análisis químico proximal está reflejando la calidad de la pradera, lo que además se corrobora por la respuesta biológica reflejada en la eficiente conversión de materia seca en leche, 1,03: 1. Esto es posible ya que, en sus mejores momentos, la digestibilidad de la pradera puede sobrepasar el 70% (Romero

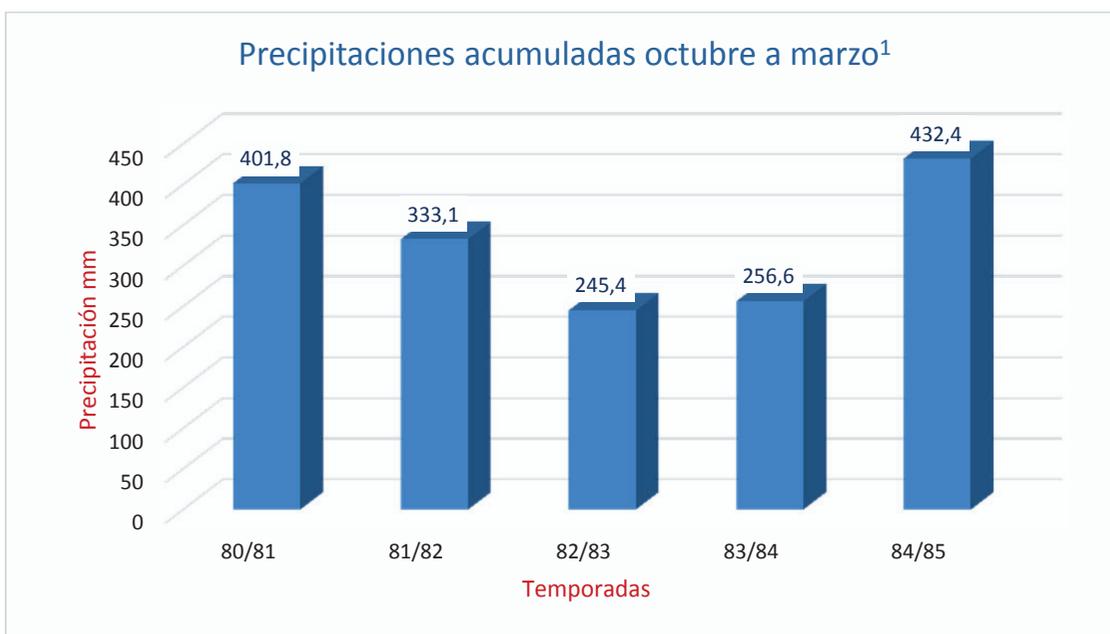


Figura 1. Precipitación acumulada meses octubre a marzo.

Figure 1. Cumulative rainfall between October and March.

Cuadro 2. Composición química de la pradera y del ensilaje, temporada 80/81.

Table 2. Chemical composition of grassland and silage, season 80/81.

	N	MS	Proteína	Fibra Cruda
Pradera promedio	47	21,9 ± 4,9	21,1 ± 3,0	24,1 ± 2,1
Pradera moda		21,8	24,2	24,6
Ensilaje	1	32,5	12,5	24,4

y Gatica, 1989). El ensilaje tuvo 32,5% de materia seca, 24,4% de fibra cruda y 12,5 de proteína cruda. Se trata de ensilaje premarchito con un contenido de proteína inferior al deseado. En general, la proteína tiende a mantenerse en el rango 20 - 22% que parece ser el más adecuado, lo que se refleja claramente en la Figura 2,

que describe la curva mensual del contenido de proteína de la materia seca de la pradera. Sólo se observa un aumento por encima del nivel señalado anteriormente en mayo, sobrepasando el 22%.

En la figura 3, se grafican los principales componentes nutricionales de la pradera registrados en 8 hectá-

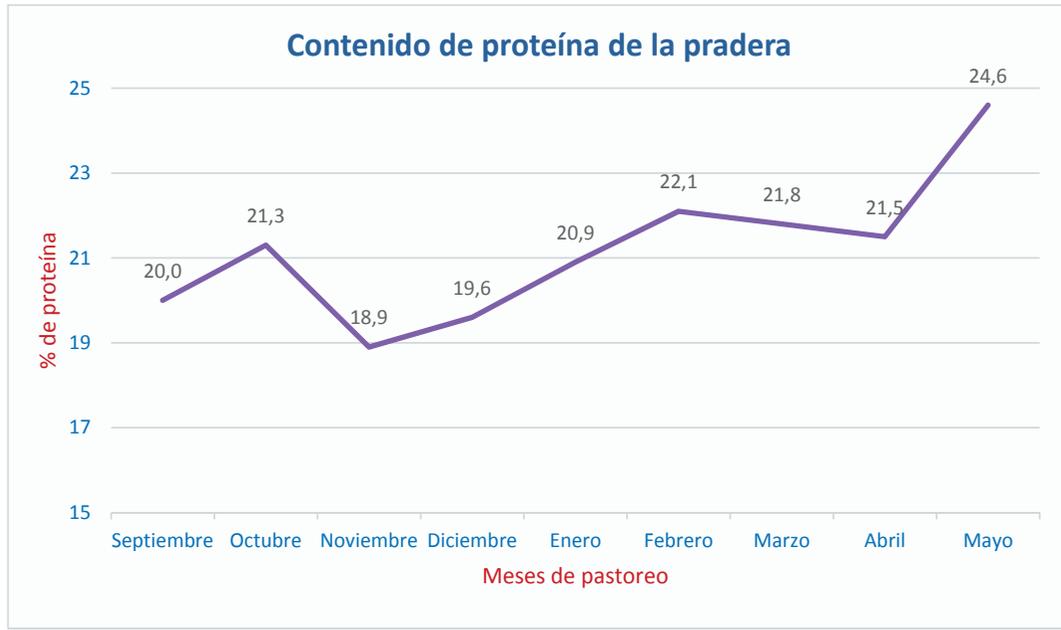


Figura 2. Contenido promedio mensual de proteína en ocho hectáreas durante la temporada 1980/1981.

Figure 2. Average monthly protein content on eight ha during the 1980/1981 season.

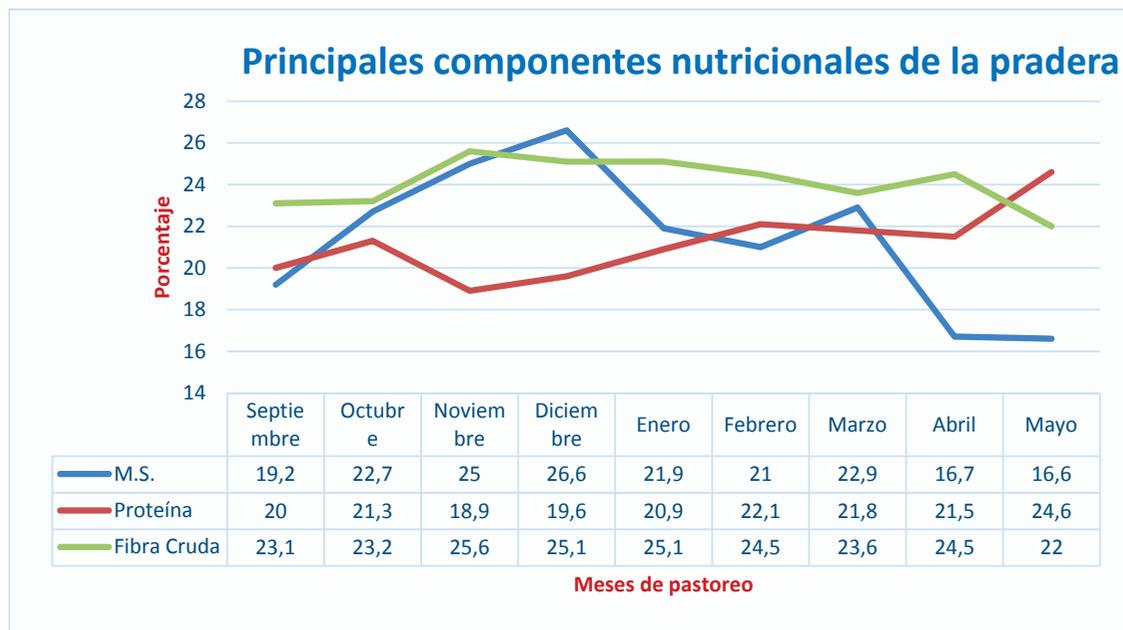


Figura 3. Distribución porcentual del contenido de la M.S, proteína y Fibra Cruda durante el período de pastoreo.

Figure 3. Percentage distribution of dry matter, protein, and crude fibre content during the grazing period.

reas a través de la temporada 80/81. Una curva refleja la variación de contenido de proteína. Las dos restantes representan el porcentaje de materia seca y fibra cruda de la pradera para cada pastoreo. Se observa un cierto grado de paralelismo entre ambas curvas, salvo al final del período.

La figura 4, muestra la acumulación de MS día⁻¹ obtenido sobre 35 muestreos en cuatro potreros durante la temporada 80/81. Los datos se obtuvieron dividiendo la disponibilidad por los días de rezago entre pastoreos. El valor máximo de 130 ± 15 kg materia seca se obtuvo para el pastoreo de noviembre y el mínimo se tuvo en mayo, 45 ± 26,6 kg materia seca. Los restantes se movieron dentro del rango 61 - 108 kg materia seca. El promedio de acumulación de MS ha⁻¹ día⁻¹ es de 83,8 ± 23,5 kg. Del gráfico se puede deducir que durante la mayor parte del período de pastoreo se podría contar con una disponibilidad mínima de 76 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, siendo la mediana 79 kg MS ha⁻¹ día⁻¹.

Los datos presentados en el Cuadro 1 y Figura 5 sugieren, que la estimación de la disponibilidad de MS en la pradera no fue exacta, ya que frente a grandes cambios en disponibilidad de forraje la producción no se vio afectada en la misma proporción. Por lo tanto, ello refuerza la idea de estimar la disponibilidad de MS

usando otras metodologías como la de la respuesta animal. (producción de leche), usando las tablas del NRC a la inversa, partiendo de un valor conocido y medido en muchos animales, como es la producción de leche.

En el Cuadro 3 se señalan los parámetros usados para calcular la EN_L del rebaño experimental en cada una de las cinco temporadas. Para calcular los requerimientos de mantención se utilizó el factor 0,08 multiplicado por el peso metabólico promedio de cada temporada, por lo cual son diferentes en cada una de ellas. El factor 0,08 incluye un 10% de aumento sobre los requerimientos de mantención por el gasto de movimiento en galpón (NRC, 2001). En las vacas de primer parto se agregó a los requerimientos de mantención un 20% y un 10% a las vacas de segundo parto, (NRC, 1988). También se incorporan los requerimientos por gestación de los tres últimos meses, para lo cual se usó el factor 1,02, (NRC, 2001). Para este cálculo se usó el valor modal de 40 kg como peso de nacimiento, tomando en consideración 394 registros de peso al parto desde 1994 a 1996. Los requerimientos por litro de leche corregida al 4% de materia grasa. se calcularon usando el factor 0,749, conforme a lo indicado por el NRC. (2001).

Si se utiliza la información de los antecedentes productivos mensuales del período quinquenal, se calcula

Cuadro 3. Parámetros usados para calcular los requerimientos de EN_L en vacas lecheras por temporada.

Table 3. Parameters used to calculate NE_L requirements for dairy cattle by season.

	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	Promedio
	Mcal EN _L	Mcal EN _L	Mcal EN _L	Mcal EN _L	Mcal EN _L	Mcal EN _L
Peso metabólico	112,6	108,7	109,8	110,0	111,7	110,6
Requerimientos mantención peso metabólico * 0,08¹	9,01	8,70	8,79	8,80	8,94	8,85
Requerim mantención vacas 2º parto	9,91	9,57	9,67	9,68	9,83	9,73
Requerim mantención vaquillas 1er parto	10,81	10,44	10,54	10,56	10,72	10,62
Requerimientos gestación	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Requerimientos por kg leche 4% M.G.	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749
	Nº vacas	Nº vacas	Nº vacas	Nº vacas	Nº vacas	Nº vacas
Vacas adultas	15	8,8	9,7	9,4	10,3	10,6
Vacas segundo parto	3	4	7	3,2	6	4,6
Vacas primer parto	1	7,4	4	7	3	4,5
Vacas requerimientos de gestación	16	13	20	12	16	15,4
Total, vaca masa	19	20,2	20,7	19,6	19,3	19,7
Otros factores usados Mcal EN_L	Costo Cose Pradera	Costo Cos Galpón	Mcal Forraje Conservado	Conversión EN _L MS	Energía Concentrado	
Mcal EN_L	0,40		1,3	1,45	1,56	

1 costo de cosecha incluido en los requerimientos de mantención, conforme al peso metabólico (NRC ,2001).

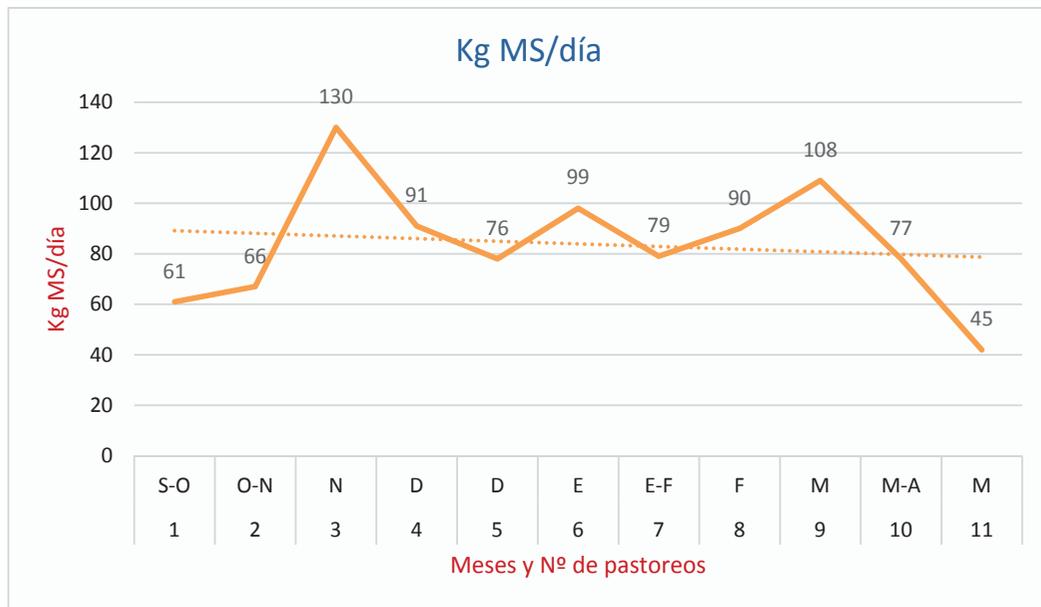


Figura 4. Producción de MS día⁻¹ en cada pastoreo.
Figure 4. Dry matter production day⁻¹ in each grazing.

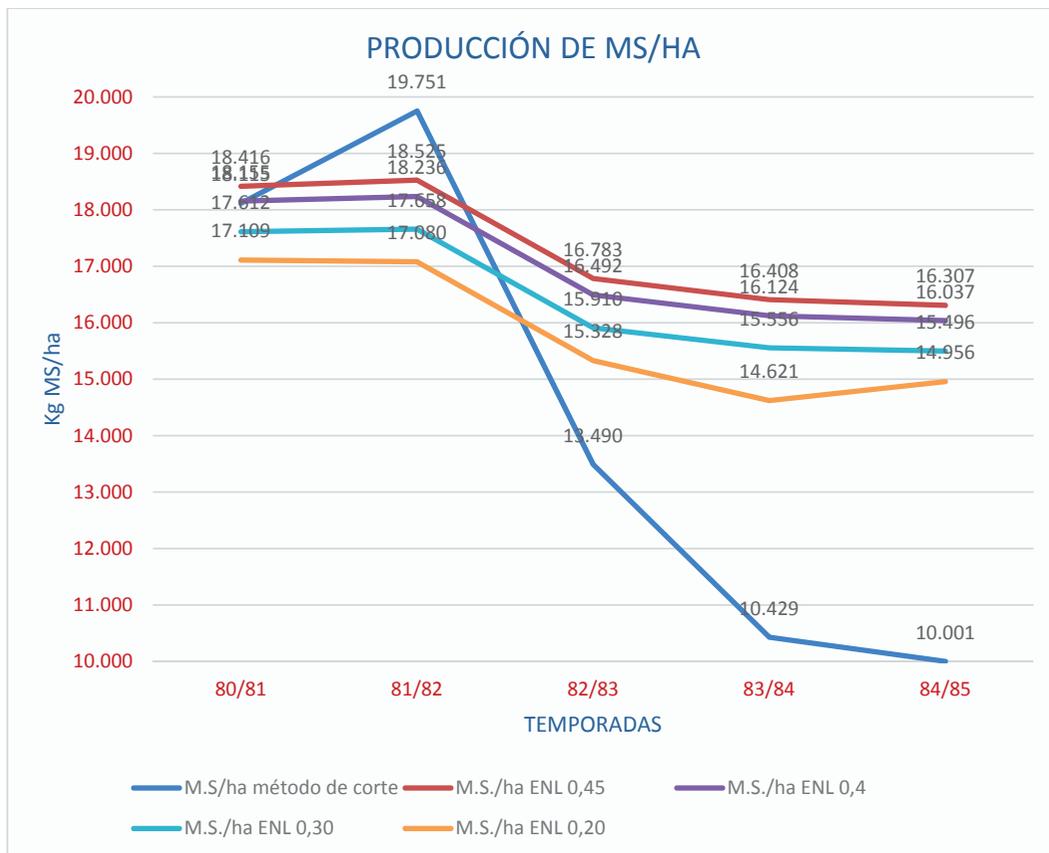


Figura 5. Producción de MS ha⁻¹ en cinco temporadas, calculada según método de corte, el método de rendimiento animal (EN_p), con costo cosecha aumentado en 45 %, 40%, 30% y 20%.
Figure 5. Dry matter production ha⁻¹, in five seasons, calculated according to cutting method, or the animal performance method (EN_p) with harvest cost increased in 45%, 40%, 30% and 20%.

la producción corregida al 4% de materia grasa (4% M.G.) y se calcula la EN_L que implica esa producción, calculada con los datos presentados en el Cuadro 5, se genera la información presentada en el Cuadro 4.

En él se presenta los coeficientes de transformación para calcular la EN_L requerida para producir la leche corregida al 4% M.G, para cada uno de los meses durante el período de pastoreo del quinquenio estudiado.

El Cuadro 4 muestra la variación mensual y por temporada de los coeficientes de transformación de EN_L de leche corregida al 4% de materia grasa en consumo de MS. Como se trata sólo de producción de leche, no está considerado el consumo de las vacas no lactantes, que pastorean después de las vacas en ordeña y que cosechan parte del residuo estimado del 35%. Eso genera una diferencia calculada en un 10,8% de EN_L para cubrir los requerimientos de las vacas no lactantes que pastorean detrás de las vacas en ordeña. Por ello en la fila factores corregidos aparece una cifra equivalente al promedio de los 8 meses de pastoreo multiplicado por 1,108

En el Cuadro 5 se puede ver que el promedio quinquenal de Mcal de EN_L llega a 170.590. Naturalmente que a la producción invernal no se le agregó costo de cosecha y los consumos de ensilaje, heno y concentrado son los mismos que se muestran en el Cuadro 1. La energía en los suplementos fue 47.354 Mcal de EN_L y el total de la energía menos los suplementos fueron 123.236 Mcal. La energía suministrada por el concentrado aportó en promedio 21.919 Mcal EN_L, equivalente al 12,8% de toda la energía consumida. La energía del forraje pastoreado fue 122.461 Mcal EN_L, que al dividir por el coeficiente 1,45, nos da 84.456 kg de MS pastoreada. La disponibilidad de materia seca pastoreada fue de 114.015 kg de MS en promedio de cinco

temporadas. El consumo total estimado de MS fue en promedio 118.668 kg. Ese valor representa un consumo medio por vaca masa día⁻¹ de 16,5 kg que, además, calza exactamente con el consumo medio anual señalado por Anrique *et al.* (2014).

Para reforzar la validez del uso del coeficiente 0,40 como costo energético adicional bajo condiciones de pastoreo en la Región de La Araucanía de Chile se presenta el Cuadro 6, que resume una sensibilización de los datos usando el promedio quinquenal y evaluando esos mismos datos con coeficientes de costo de cosecha de 0,45, 0,40, 0,30, 0,20, 0,10 y 0.

En el Cuadro 7 se muestran los resultados de la correlación entre los días vaca (DV) y producción de leche en estas praderas. 270 pares de observaciones por potrero en un período de tres años dieron una correlación de 0,975 (P<0,01).

El Cuadro 8 muestra los resultados sobre producción promedio de leche, disponibilidad de MS pastoreada, MS/ha⁻¹, energía producida, consumo por día, por 100 kg peso y por unidad de peso metabólico. Las columnas reflejan los valores obtenidos por cuatro métodos, el CD, método de la energía neta con 40% incremento por costo, de cosecha, método de la energía neta con 0% de costo cosecha más NASEM 2021, energía neta con 40% costo cosecha más NASEM 2021.

En la Figura 5 se grafican las producciones de materia seca por hectárea de cada una de las cinco temporadas, calculadas en base al método del CD (con las reservas del caso), la EN_L usando el coeficiente de “costo de cosecha” 0,45, 0,40, 0,30 y 0,20, incluida la energía consumida por las vacas no lactantes. La curva con costo cosecha 0,4 parece corresponder al mejor ajuste.

Cuadro 4. Cálculo de coeficientes mensuales por temporada y promedios para transformar la EN_L de leche producida al 4% M.G. en MS consumida.

Table 4. Monthly and seasonal average coefficients to transform EN_L of 4% F.C.M. requirements into DM intake.

	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	Promedio
Septiembre	1,233	1,396	1,382	1,358	1,266	1,327
Octubre	1,162	1,197	1,369	1,198	1,275	1,240
Noviembre	1,202	1,181	1,243	1,217	1,293	1,227
Diciembre	1,218	1,230	1,290	1,241	1,298	1,255
Enero	1,257	1,287	1,333	1,284	1,297	1,217
Febrero	1,268	1,368	1,374	1,373	1,416	1,360
Marzo	1,374	1,434	1,513	1,533	1,496	1,470
Abril	1,519	1,554	1,610	1,580	1,439	1,541
Total	1,261	1,306	1,372	1,320	1,285	1,309
Corregido	1,40	1,45	1,52	1,46	1,42	1,45

Cuadro 5. Resumen de conversión de EN_L en la leche producida a kg MS en la pradera.

Table 5. Summary of NE_L produced in milk, transformed into pasture dry matter, kg.

Con ajuste costo cosecha 0,40	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	Promedio
Unidades Animal	20,7	21,0	21,8	20,7	20,8	21,0
Nº vaca masa	19,0	20,2	20,7	19,6	19,3	19,7
Producción leche total sistema l	109.586	111.423	99.898	116.882	112.279	110.014
Producción leche total sistema kg	112.874	114.766	102.895	120.388	115.647	113.314
Producción de leche kg ha ⁻¹	12.542	12.752	11.433	13.376	12.850	12.590
% de grasa de la leche	3,80	3,90	3,88	3,68	3,90	3,83
Kg de grasa	4.169	4.343	3.881	4.307	4.377	4.215
Producción leche corregida al 4% M.G.	107.684	111.051	99.373	112.760	111.914	108.556
Producción a galpón período invernal kg	20.871	29.156	21.797	31.274	32.347	27.089
Producción a galpón corregida al 4% M.G.	20.243	28.717	21.409	29.775	31.869	26.403
Energía total producida en el sistema Mcal EN_L	164.434	175.292	167.890	174.953	170.381	170.590
Consumo de heno kg MS	2.178	4.111	4.067	5.265	7.972	4.719
Consumo de ensilaje kg MS	16.178	12.230	23.577	10.642	11.607	14.847
Consumo de concentrado kg MS	4.245	12.825	15.789	20.333	17.060	14.050
Consumo de concentrado kg l leche	0,038	0,112	0,153	0,169	0,148	0,124
Energía de los suplementos Mcal EN_L	30.485	41.250	60.568	52.399	52.066	47.354
Total, energía menos suplementos	133.949	134.042	107.322	122.552	118.314	123.236
Energía del concentrado EN_L	6.622	20.007	24.631	31.720	26.613	21.919
Energía forraje conservado EN_L	23.863	21.243	35.937	20.679	25.453	25.435
Energía extrasistema EN_L				3.875		
Energía pastoreada EN_L	133.949	134.042	107.322	118.677	118.314	122.461
MS en la energía pastoreada	92.379	92.443	74.015	81.846	81.596	84.456
Disponibilidad de MS pastoreada	124.711	124.798	99.921	110.493	110.155	114.015
Consumo total estimado M.S kg.	114.980	121.609	117.448	121.067	118.236	118.668
Consumo Vaca masa kg MS día ⁻¹	16,6	16,5	15,6	17,0	16,8	16,5
Consumo Vaca masa Mcal EN_L día ⁻¹	24,0	23,9	22,5	24,5	24,3	23,9
Consumo MS 100 kg ⁻¹ peso vivo kg	3,0	3,2	3,0	3,2	3,1	3,1
Peso promedio anual kg	544	519	526	527	538	531
$W^{0,75}$	112,6	108,7	109,8	110,0	111,7	110,6
Consumo por unidad de peso metabólico	0,147	0,152	0,142	0,154	0,150	0,149
Pérdida forraje conservado kg MS	4.399	6.987	6.395	4.574	532	4.577
Pérdida porcentual heno	22,7	12,5	31,7	4,2	2,4	14,7
Pérdida porcentual ensilaje	18,8	34,3	16,0	29,6	2,8	20,3
Consumo MS promedio/ha ⁻¹ de vacas en ordeña kg	16.385	16.458	14.884	14.553	14.474	15.351
Producción promedio MS/ha kg	18.155	18.236	16.492	16.124	16.037	17.009
Relación kg MS: leche	1,05	1,09	1,18	1,04	1,05	1,08
Relación kg MS: kg leche.	1,02	1,06	1,14	1,01	1,02	1,05

Cuadro 6. Promedio de cinco temporadas sensibilizadas a diferentes costos de cosecha.**Table 6.** Average of five production seasons sensitized at different harvesting costs.

Promedios de 5 temporadas sensibilizadas	45	40	30	20	10	0
a diferentes costos de cosecha %						
Unidades Animal promedio	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Nº vaca masa promedio	19,70	19,70	19,70	19,70	19,70	19,70
Producción leche total del sistema l	110.014	110.014	110.014	110.014	110.014	110.014
Producción leche total del sistema kg	113.314	113.314	113.314	113.314	113.314	113.314
% de grasa de la leche	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83
Kg de grasa	4.215	4.215	4.215	4.215	4.215	4.215
Kg grasa ha ⁻¹	468	468	468	468	468	468
Producción leche corregida al 4% M.G.	108.557	108.557	108.557	108.557	108.557	108.557
Producción a galpón período invernal	27.089	27.089	27.089	27.089	27.089	27.089
Producción a galpón corregida al 4% M.G.	26.403	26.403	26.403	26.403	26.403	26.403
Energía total producida en el sistema Mcal EN _L	172.250	170.590	164.730	159.859	154.988	150.116
Consumo de heno kg MS	4.719	4.719	4.719	4.719	4.719	4.719
Consumo de ensilaje kg MS	14.847	14.847	14.847	14.847	14.847	14.847
Consumo de concentrado kg MS	14.050	14.050	14.050	14.050	14.050	14.050
Consumo de concentrado kg : kg leche	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
Energía de los suplementos Mcal EN _L	47.354	47.354	47.354	47.354	47.354	47.354
Total, energía menos suplementos Mcal EN _L	121.021	115.936	113.501	108.630	103.759	98.887
Energía forraje conservado Mcal EN _L	25.435	25.435	25.435	25.435	25.435	25.435
Energía extrasistema Mcal EN _L	3.875	3.875	3.875	3.875	3.875	3.875
Energía pastoreada Mcal EN _L	121.021	115.936	113.501	108.630	103.759	98.887
MS en la energía pastoreada kg	80.681	77.291	75.667	72.420	69.172	65.925
Disponibilidad de MS pastoreada kg	108.919	104.343	102.151	97.767	93.383	88.999
Consumo total MS kg	116.960	113.570	111.946	108.699	105.451	102.204
Consumo Vaca masa kg MS	16,20	15,80	15,50	15,10	14,60	14,20
Consumo MS por 100 kg peso vivo kg	3,10	3,00	2,90	2,80	2,80	2,70
Peso promedio anual kg	531	531	531	531	531	531
W0,75	110,60	110,60	110,60	110,60	110,60	110,60
Consumo por unidad de peso metabólico	0,147	0,143	0,140	0,136	0,132	0,128
Pérdida forraje conservado	4.577	4.577	4.577	4.577	4.577	4.577
Pérdida porcentual heno	14,70	14,70	14,70	14,70	14,70	14,70
Pérdida porcentual ensilaje	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30
Producción promedio MS ha ⁻¹	15.095	14.586	14.343	13.789	13.368	12.881
Relación kg MS: l leche	1,06	1,03	1,02	0,99	0,96	0,93
Relación kg MS: kg leche .	1,03	1,00	0,99	0,96	0,93	0,90

Cuadro 7. Correlación entre días vaca (DV) y producción de leche en praderas permanentes regadas, basado en 270 pares de observaciones durante tres años.

Table 7. Correlation between cow days (CD) and milk production in irrigated permanent pastures, based on 270 pairs of observations over three years.

Potrero	1982 - 1983		1983 - 1984		1984 - 1985	
	N	Correlación	N	Correlación	N	Correlación
28-2 P	11	0,984	14	0,949	9	0,979
28-2 R	11	0,987	14	0,946	9	0,970
28-3 P	11	0,985	14	0,893	7	0,976
28-3 R	12	0,992	17	0,680	9	0,980
29-1 P	8	0,998	17	0,953	8	0,989
29-1 R	9	0,992	19	0,868	9	0,988
29-4 P	9	0,988	12	0,888	11	0,989
29-4 R	8	0,977	11	0,852	11	0,980
	79	0,990	118	0,884	73	0,975

Cuadro 8. Comparación de principales promedios de producción y consumo calculado bajo diferentes modalidades.

Table 8. Comparison of main production and intake averages, calculated under different modalities.

	Método CD	Método ENL CC 0,4	Método ENL CC 0	Método ENL CC 0,4
		NRC 2001	+ NASEM 2021	+ NASEM 2021
Producción total leche del sistema kg	113.314	113.314	113.314	113.314
Producción total FCM	108.556	108.556	108.556	108.556
Producción total ECM	109.828	109.828	109.828	109.828
Mcal ENL total producida	-	170.590	167.127	192.172
Pastoreo, residuo asumido %	0-35	35	35	35
Energía pastoreada Mcal	-	122.461	119.773	144.819
Disponibilidad estimada de MS pastoreada	105.669	114.015	111.512	134.831
MS en la energía pastoreada kg	-	84.456	82.602	99.875
Consumo total estimado MS kg	115.947	118.668	116.993	155.172
Consumo vaca masa kg M.S día ⁻¹	16,10	16,50	16,20	21,60
Consumo M.S por 100 kg P.V.	3,00	3,10	3,10	4,10
Consumo por peso metabólico	0,145	0,149	0,147	0,195
Producción promedio MS ha ⁻¹ kg	14.357	17.009	16.701	19.483
Relación kg MS: kg leche	1,03	1,05	1,03	1,37

DISCUSIÓN

La máxima producción pratense depende entre otros factores de la humedad del suelo. Durante el verano la humedad del suelo no es suficiente en la Región de La Araucanía y es necesario recurrir al riego para suplir la ausencia de precipitaciones. Pese a ello, el agua disponible para riego tendido aplicado no siempre es suficiente, pudiendo observarse que en la temporada 82/83 (Cuadro 5), se registra la menor producción de leche, coincidiendo con la disminución de las precipitaciones durante la temporada de pastoreo, que no se pudo compensar con el riego (Figura 1). Esto a pesar de no corresponder a la menor estimación de la producción de MS, basado en el método de CD (Cuadro 1), las que se registran en adelante evidenciando una tendencia decreciente. Hay que hacer notar que en la temporada 83/84, la baja estimación de MS de la pradera no se manifestó en la producción de leche, en parte por el mayor aporte de concentrado y por efecto de un error de muestreo.

Los valores presentados en la Figura 4 con producciones promedio de MS/día de 88,3 kg y máximos de 130 kg son altos y en general, los datos de otros autores, chilenos, argentinos, mexicanos y norteamericanos tienden a ser menores, equivalentes, en el mejor de los casos, al valor promedio de este trabajo. (Acuña y Martínez, 1983, Sevilla, *et al.* 2001, Velasco *et al.*, 2002, Sanderson, 2010, Montesinos, 2011, Ventura *et al.* 2020).

El método de la energía neta se contrastó con los datos obtenidos con la metodología de CD. Si a ello agregamos que, en este caso, la correlación entre los días vaca y la producción de leche tiene un valor de 0,97 ($P < 0,01$), (Cuadro 7) nos está indicando que el manejo del pastoreo ha sido el adecuado y por consiguiente es posible usar las tablas del NRC al revés. Butendieck *et al.* (1991), usaron el coeficiente 1 en la relación kg de MS por kg de leche y determinaron una diferencia de 1,2% en la estimación de la producción de MS calculada en base al método del CD comparado con el de la energía neta.

El factor 0,40 (40%) como adicional de “costo energético de actividad física” señalado en el Cuadro 3, representa un pool de factores y no sólo costo de cosecha como lo señala Butendieck *et al.* (1991). Este valor de 0.40 se calculó siguiendo los lineamientos de Fox *et al.* (1990), quienes desarrollaron una serie de ecuaciones que permiten ajustar los estándares del NRC 1988, establecidos con animales uniformes y sometidos a limitado estrés ambiental, a condiciones de campo para una variada gama de razas, alimentos, manejo y condiciones ambientales. Para calcular los efectos de aclimatación se emplearon valores promedios mensuales de 25 años, medidos en la E.E. Carillanca en cuanto a temperatura media y humedad relativa. Finalmente, se decidió aplicar el factor 0,40 después de un estudio

de sensibilización para factores que variaron entre 0 y 0,45. Además, en comparación al trabajo publicado por Butendieck *et al.* (1991), quienes usaron el factor 0,5, en este caso ya se había agregado un 0.1 a los requerimientos de mantención al usar el factor 0,08 Mcal EN_L por $W^{0,75}$. El factor 0,40 como costo de cosecha sólo se aplicó a 260 días de pastoreo. Los requerimientos energéticos de mantención así calculados llegan a 8,85 Mcal de E.N.M. por U.A. día⁻¹. Eso significa un 4,6% de aumento respecto del valor tabular señalado por NRC 1988. Es bueno recordar que las vacas caminaban aproximadamente 1 km cuatro veces al día. En cuanto al contenido promedio de Mcal EN_L Kg⁻¹ MS se pudo haber usado el factor 1,5, valor medio establecido por Butendieck *et al.* (1991), para ese mismo tipo de praderas, pero se usó el factor 1,45 que se ajusta adecuadamente a los datos presentados en el Cuadro 4 con un diferente set de datos. Para un mayor nivel de precisión, que pareciera no justificarse, se podrían usar los valores mensuales que configuran el promedio 1,52 de la información presentada por Butendieck *et al.* (1991). En base a esos datos el promedio del factor para los meses de septiembre a noviembre es de 1,41, y para los meses de diciembre a febrero 1,52. La producción total de ambos períodos es prácticamente idéntica y, en consecuencia, el factor promedio a utilizar podría ser 1,47 en vez de 1,50. Por lo tanto, al haber usado el factor 1,5 se habría subestimado la producción de M.S ha⁻¹ en 2,0%. En los meses de marzo a abril el coeficiente aumenta a 1,8. El menor coeficiente se registra en octubre con un valor de 1,33 Mcal de EN_L .

De los valores presentados en el Cuadro 4 se puede deducir que el coeficiente promedio corregido para los meses de septiembre a noviembre es de 1,40 y el de los meses diciembre a febrero es 1,42 que, a su vez en promedio es de 1,41. Por lo tanto, al haber usado en forma conservadora el valor 1,5 como factor de estimación de la EN_L presente en la leche producida en vez del promedio 1,45 de este estudio, habría generado una subestimación de la producción de MS del 3,33%. En todo caso, el Cuadro 4 presenta los valores promedios mensuales que se podrían utilizar en un programa computacional. No deja de ser interesante, que el haber calculado este factor de conversión de EN_L en kg de MS con dos sets de datos separados en el tiempo (1975-1977 y 1980-1985) se haya obtenido dos valores promedios similares, 1,52 en el primer caso y 1,45 en este estudio.

Además de usar el valor cuantitativo de MS nos debiéramos acostumbrar a usar también un indicador cuantitativo y cualitativo como la EN_L que, en este caso, frente a los 16,5 kg de MS de consumo, es 23,9 Mcal de EN_L . Además, es necesario considerar que en este caso se estimó un residuo de 35% en todas las temporadas, no así en el caso del método de CD. Por otra parte, el consumo por 100 kg de peso vivo se mantiene en 3,0%

y 3,1% para ambos casos respectivamente y el consumo por unidad de peso metabólico aumenta levemente de 0,145 a 0,149 kg.

En el sistema presentado por Jahn *et al.* (2000), se puede estimar para el primer año un consumo de vaca masa de 17,9 kg con vacas de un peso promedio de 593 kg. Al llevar esos valores a un consumo por 100 kg de peso vivo se llega a un 3,0%, lo que respalda las cifras que aquí se presentan. El consumo promedio de MS ha⁻¹ de las vacas en ordeña fue de 15.351 kg que, si se corrigen en un 10,08%, equivalente al consumo energético de las vacas no lactantes, se obtiene una producción media de 17.009 kg de MS ha⁻¹ como producción del sistema. Al analizar la variación de estos parámetros durante los cinco años se puede observar que el consumo vaca masa es más estable en el tiempo y sólo hay una clara disminución en la temporada 82/83 producto de la disminución de las precipitaciones en el período de pastoreo de primavera/verano, que se refleja en la menor producción de leche del quinquenio. Algunos autores han determinado que la estimación del contenido de MS por el método de corte evidencia mayor variación, (Macon, 2003, Smit, 2005, Dulau, 2007). Smit (2005), señala para el método de CD un coeficiente de variación del 14,7% en contraposición con el 5,69% obtenido en este estudio con el método de la energía neta. En cambio, Canseco *et al.* (2007), señalan que “el método del corte es el procedimiento más exacto y objetivo” y por ello lo usaron como patrón para calcular las ecuaciones de ajuste para los equipos electrónicos de medición indirecta para estimar materia seca. Sin embargo, no indican cual es el coeficiente de variación del CD. Por otra parte, si se calcula la correlación existente entre producción vaca masa y consumo vaca masa en base a la EN_L se obtiene un valor $r^2 = 0,978$. Entre consumo y producción existe una relación natural directa, por lo cual cualquier método de estimación debiera entregar una alta correlación. que en este caso no lo fue. Es obvio que entre días vaca y producción de leche hay una asociación, pero esta no siempre es alta y puede llegar a ser inferior a 0,6 si se cometen errores de manejo. Por ello se estima que es un indicador sencillo de calcular, muy sensible, fácil de utilizar, aplicable a períodos cortos, que requiere evidenciar valores sobre 0,9 para tener certeza de que el manejo del pastoreo ha sido el adecuado en este tipo de praderas. Por lo tanto, este indicador se puede considerar como un factor objetivo para indicar si la carga instantánea ha sido adecuada.

Naturalmente los parámetros de disponibilidad y consumo se reducen en la medida que el coeficiente de “costo de cosecha” es menor. Sin embargo, sirve para ver que sin agregar un “costo de cosecha” los valores resultantes son muy bajos para un rebaño de alta producción, incluso los obtenidos con un coeficiente de 0,10 recomendado para praderas de alta condición

(NRC, 1988). Finalmente, estimamos que el valor usado de 0,40 en base a la publicación de Fox *et al.* (2.000), es el más adecuado ya que la producción de MS ha⁻¹ de 17.009 kg está más acorde con lo reportado por Butendieck, (1980) y Butendieck *et al.* (1991).

Del análisis de sensibilización se puede ver claramente que los factores 0, 0,1, 0,2 y 0,3 subestiman el consumo, incluso el coeficiente 0,30 determina un consumo por vaca masa algo bajo para vacas de alta producción, que más bien debiera estar sobre 16,0 kg MS. Por lo tanto, el coeficiente de 0,40 se ajusta a la realidad productiva de un sistema intensivo de producción de leche en la Región de La Araucanía de Chile.

Con ello se reafirma, que el uso de las tablas del NRC a la inversa, donde la incógnita a resolver es la cantidad de nutrientes ofrecidos en base a una producción conocida de leche y medida diariamente con exactitud, parece estar sujeta a menos errores en la estimación de la producción de materia seca de una pradera que en estimaciones basadas en otros métodos, lo cual concuerda con lo señalado por Macon, (2003), Smit, (2005) y Dulau, (2007),

Es importante destacar que con este método se asumió y aplicó en cada una de las temporadas un residuo de 35%, lo que con el método de corte no fue posible hacer. Si bien con esta proposición el conocimiento de la producción de la materia seca se obtiene después del pastoreo, en la práctica el dato de materia seca nunca se tuvo antes del ingreso de las vacas. Una solución podría ser el uso del horno microondas para secar las muestras rápidamente o el método del plato, u otro, que también son sólo una estimación (Canseco *et al.*, 2007). En todo caso, lo importante es determinar cuándo se inicia el pastoreo de una pradera y más importante aún, cuando se sacan las vacas y eso lo puede dar la experiencia. Por ello, una persona bien entrenada puede estimar con alta precisión la disponibilidad de materia seca en este tipo de praderas y al usar como indicador la correlación entre el número de días vaca y la producción de leche, podrá ir ajustando diariamente la carga por unidad de superficie mediante el cerco eléctrico.

La curva del método de CD (Figura 5) refleja muy claramente la sobreestimación inicial y la subestimación final. Como es de esperar, el método de la energía neta de lactancia refleja una alta correlación con los días vaca y los valores obtenidos son más estables y razonables en sus resultados, para calcular consumo de MS ha⁻¹ y producción total de MS ha⁻¹, pese a que los valores no son comparables durante los últimos tres años.

En el Cuadro 8 se presentan algunos de los principales parámetros promedio de producción y consumo de materia seca del sistema. En la columna uno se presentan los datos obtenidos mediante el método de CD. En la columna dos se presentan los datos calculados en

base al NRC 2001 y un costo de cosecha de 40%. En la columna 3 se presentan datos calculados en base a NASEM 2021 (Weiss, W. 2021) con costo de cosecha 0 y en la última columna están los datos calculados en base a NASEM 2021 (Weiss, W. 2021) más 40% costo cosecha. Como puede observarse, la columna dos y tres arrojan resultados muy similares, lo que refuerza la validez del uso del costo de cosecha incremental del 40% y el método que se propone. Conforme a Weiss. (2021), (Co-Chair Committee on Nutrient Requirements of Dairy Cattle) en NASEM 2021 se volvió a aumentar la energía de mantención, pasando de 0,08 por $W^{0,75}$ a 0,1 por $W^{0,75}$, un aumento del 25%, que sumado al 10% del NRC 2001, determina que los valores de las columnas dos y tres sean muy similares.

CONCLUSIONES

Finalmente, se puede concluir que:

- El sistema permite producir más de 12.360 kg de leche por hectárea con un bajo componente de concentrado, lográndose una conversión de MS a leche de 1,05 a 1.
- El uso de la EN_L producida para estimar la materia seca generada por la pradera parece ser un método apropiado, menos variable, con mejor ajuste a la producción de leche y menos laborioso para calcular la materia seca producida, ya que podría calcularse mediante una aplicación computacional y, en consecuencia, puede usarse como método patrón para las calibraciones de los otros métodos indirectos.
- La correlación entre producción de leche en vacas a pastoreo y el número de días vaca parece ser un método sensible y sencillo para establecer si el manejo de la pradera para períodos cortos ha sido el adecuado. Dada la correlación natural entre estas dos variables es necesario obtener correlaciones de 0,9 o mayores.
- Si la correlación entre los días vaca y la producción de leche es mayor a 0,9 se puede utilizar la relación práctica de 1 kg de materia seca por kg de leche producida en un sistema de producción.. Esto sería válido cuando la cantidad de concentrado suministrado es baja.

REFERENCIAS

- Acuña, H., Martínez, G. 1983. Curvas de crecimiento y épocas de aplicación de nitrógeno en una pradera mixta de trébol blanco y gramíneas, Agricultura Técnica (Chile) 43(2), 169-178.
- Anrique, R., Molina, X., Alfaro, M., Saldaña, R. 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, (Chile), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile. <https://www.consortiolechero.cl/wp-content/uploads/2021/04/composicion-de-alimentos-para-ganado-bovino.pdf>
- A.O.A.C. 1970. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 11th ed. Washington DC. USA. 1015 p
- Butendieck, N. 1980. Alimentación de vacas lecheras en praderas de riego. VI Jornadas Médico Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. pp. 80-95.
- Butendieck, N., Hazard, S. Stehr, G. y Lanuza, F. 1991. Potencial de producción de leche de praderas permanentes bajo riego en la Región de La Araucanía de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 51 (2), 103-109.
- Butendieck, N., Lanuza, F., Romero, O., Hazard, S., Mardones, P.2023. Sistema intensivo de producción de leche en base a praderas permanentes de riego en el sur de Chile. I Parámetros productivos y reproductivos. Agrosur 51 (2): 29-40.
- Canseco, C., Demanet, R., Balochi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa, A., Teuber, N. y Lopetegui, J. 2007. Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas en pastoreo. En Teuber, N., Balocchi, O., & Parga, J. Manejo del pastoreo (págs. 23-49). Osorno.
- Dulau, F. 2007. Estimación del consumo de bovinos en pastoreo. Comparación de distintos métodos. Tesis Universidad de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias. 73 p.
- Fox, D., Sniffen, C., O'Connor, J., Russell, J. and van Soest, P. 1990. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets. Search: Agriculture, Ithaca, NY: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Nº 34, 128 pp
- Jahn, E., Vidal, A. y Soto, P., 2000. Sistema de producción de leche basado en alfalfa (Medicago Sativa) y maíz (Zea mays) para la zona centro-sur I. Producción de leche. Agricultura Técnica (Chile) 60 (1), 43-51
- López-Guerrero, I., Fontenot, J., García-Peniche, T. 2011. Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. Revista mexicana de ciencias pecuarias, Vol. 2 Nº 2 abr./jun.
- Macon, B., Sollenberger, L., Moore, J., Staples, C., Fike, J., Portier, K. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. Journal of Animal Science, Volume 81, 2357-2366 <https://doi.org/10.2527/2003.8192357x>
- Meijs, J.1981. Herbage intake by grazing dairy cows. Wageningen University and Research. Pp. 264. <https://edepot.wur.nl/170128>
- Montesinos, F. 2011. Producción de forraje y calidad nutritiva de praderas mejoradas por diferentes métodos, en la zona sur de Chile. Tesis. Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fa>
- NRC, National Research Council, 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle Sixth Revised Edition. National Academic Press. Washington, D.C. Pp 157.
- NRC, National Research Council 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition. National Academic Press. Washington, D.C. Pp 157. Pp 381.
- Romero, O., Gatica, R. 1989. Efecto residual del rezago o del pastoreo invernal sobre el rendimiento y sus componentes en una pradera de ballica perenne y trébol blanco. Agricultura Técnica (Chile)49 (2), 141-147.

- Sanderson, M. 2010. Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legumes, and chicory mixtures. *Agronomy Journal* Volumen 102, Issue 2, 728-733.
- Sevilla, G., Pasinato, A., García, J. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9(2), 91-98.
- Smit, H, Taweel, H., Tas, B., Tamminga, S., and Elgersma, A. 2005. Comparison of Techniques for Estimating Intake of Grazing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 88,1827-1836.
- Velasco, M., Hernández, A., González, V., Pérez, J., Vaquera, H. 2001. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25(1), 97-106.
- Ventura, J., Hernández, E., Santiago, M., Wilson, C., Maldonado, M., Rojas, A. 2020. Rendimiento de trébol blanco asociado con pasto ovinillo a diferentes frecuencias de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* publicación especial número 24, 1-12.
- Weiss, W. 2001. Brief introduction to the NASEM (Formerly known as NRC) 8th Revised Edition of the Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Department of Animal Sciences Ohio Agricultural Research and Development Center. The Ohio State University Wooster. Cornell Nutrition Conference. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/110230?show=full>

