

CALCULO DE UNA RACION ECONOMICAMENTE OPTIMA PARA VACAS LECHERAS, MEDIANTE UN METODO GRAFICO-ANALITICO DE PROGRAMACION

Por J. TACCHINI,¹ y J. C. PINA²

SUMMARY

A ration covering the requirements of a cow yielding 13 kg of milk per day was calculated using a simple "graphic-analytical" programming method. This ration was called "basic ration". Then, a trial was carried out, in which, one of the treatments was the basic ration and the other consisted of the basic ration plus increasing supplements of balanced concentrates. The input-output ratio allows to determinate the optimal input level of feeding. At this optimal level the treatment (ration) consisted of:

Balanced concentrated	2,2 kg
Sorgo-corn silage	22,0 kg
Alfalfa hay	7,0 kg

The balanced concentrated was composed of:

Corn meal	85 %
Meat meal	10 %
Bone meal	5 %

Using this ration, the feeding expenditure has an incidence of 29 % on the cost production of milk. Having into account that the average feeding-expenditure incidence reaches 65 % in Mendoza, we point out the advantages of a good programming method.

INTRODUCCION

La escasa producción de leche de la Provincia de Mendoza se concentra en empresas tambeas ubicadas en su mayor parte en zonas urbanas o semiurbanas. El forraje necesario para la alimentación de los animales proviene generalmente de otras regiones, lo que hace que la relación entre este tipo de empresa y la agricultura de la zona sea prácticamente nula, no contribuyendo por lo tanto a la necesaria diversificación agrícola de la provincia.

Encuestas realizadas por el Instituto de Investigaciones Económicas de la Provincia de Mendoza demuestran que la cantidad de alimento consumido por vaca en producción es teóricamente excesiva¹, aún considerando el promedio de producción relativamente ele-

1 — Director del Instituto de Economía Agraria de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

2 — Becario de la Comisión Asesora de la Investigación, UNC, para trabajar en el Instituto de Economía Agraria de la Facultad de Ciencias Agrarias.

vado de 12,6 litros diarios por vaca en ordeño. Este rendimiento es muy superior al promedio nacional, pero de acuerdo a la bibliografía consultada, debería obtenerse con una cantidad inferior de elementos nutritivos a la que en promedio se proporciona en nuestra provincia. La misma fuente estadística ¹, provee al respecto los siguientes datos:

PROMEDIO DE ALIMENTACION DIARIO POR ANIMAL EN
ORDEÑO — MENDOZA, AÑO 1966

Pasto seco	14,71 kg
Ración balanceada	8,34 "
Otros alimentos	7,53 "

Estos datos no permiten el cálculo de los nutrientes proporcionados, ya que no se especifica la composición de la "ración balanceada" ni en qué consisten los "otros alimentos". Sin embargo, la cantidad de heno de alfalfa que se da a las vacas es por sí sola teóricamente suficiente para su alimentación.

La vaca necesita una ración para su mantenimiento, un suplemento de gestación, ya que normalmente se superpone el período de lactancia al de gestación y por último una cantidad de nutrientes proporcional a la leche producida.

Según BORGIOLI ¹, estas necesidades son las que se resumen en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 1

Necesidades de SND, Pd, Ca, P y Caroteno

Exigencias nutritivas en gr.	Sustancias nutritivas digestibles	Proteínas digestibles	Calcio	Fósforo	Caroteno
Ración de mantenimiento de un animal de 500 Kg.	3270	341	11	11	0,065
Ración de gestación (equivalente a la producción de 2 litros de leche diarias)	640	90	4,4	3	0,070
Ración necesaria para la producción de 1 litro de leche con 4 % de grasa but.	320	45	2,2	1,5	0,035

Considerando una producción promedio de leche de 13 litros y sumando las raciones de mantenimiento, de gestación y la equivalente al citado rendimiento obtendríamos las siguientes necesidades diarias por vaca:

SND	=	8,070	gr.
P	=	33,5	"
Pd	=	1.016	"
Ca	=	44	"
Caroteno	=	590	"

Los análisis que hemos realizado del heno que se vende en Mendoza demuestran cierta variabilidad debida a diferencias en origen y calidad.

Promediando, podemos estimar como representativo un contenido de 51,8 % de sustancias nutritivas digestibles y 10,5 % de proteínas digestibles. Esto significa que los 14,7 Kg de heno de alfalfa que se dan en promedio a cada vaca en producción en Mendoza contienen en total 7.614,6 gr de SND y 1.543,5 gr de proteínas digestibles. Estos valores satisfacen ampliamente las necesidades protéicas del animal y casi alcanzan a cubrir la cantidad requerida de SND.

Si se piensa que los 8,34 Kg de ración balanceada con que se suplementa la cantidad de heno contienen porcentualmente cantidades de nutrientes muy superiores al heno y que todavía se agregan otros 7 Kg de alimentos varios, se llega a la conclusión de que la ración suministrada por los tambos de Mendoza a las vacas en producción es exagerada y debe conducir forzosamente a un incremento de los costos por litro de leche producida.

En síntesis, estimamos que una reducción de costos en la producción de leche puede obtenerse siguiendo dos caminos principales:

- 1) Produciendo forrajes "in loco" en tambos ubicados en zonas rurales e integrados con cultivos forrajeros bajo riego.
- 2) Racionalizando el suministro de alimentos a las vacas en las actuales explotaciones.

La primer solución ha sido muy discutida en Mendoza. Nadie duda que las condiciones ecológicas locales son aptas para la producción de los forrajes más comunes. La principal dificultad ha consistido en los elevados costos de oportunidad de la explotación tambera.

En otras palabras, la producción de leche puede ser remunerativa en nuestro medio pero, hasta hace pocos años, no ha tenido los beneficios de los cultivos vitícolas y frutícolas. La vid sobre todo se ha impuesto en Mendoza creciendo a un ritmo acelerado gracias a sus altos rendimientos, precios favorables y fácil colocación en el mercado. En los últimos años el espectro de la crisis vitivinícola, causada esencialmente por un incremento de la producción superior al

del consumo, ha inducido al Gobierno a tomar medidas restrictivas respecto a la expansión de los viñedos. Consecuentemente se ha acentuado el interés hacia otras explotaciones y ha disminuido la demanda de tierra para nuevas plantaciones, creando una nueva situación favorable para el tambo. El éxito de esta explotación depende de muchos factores y está, como ya explicamos, muy vinculado al futuro de la vitivinicultura. Sin embargo, pensamos al respecto que aún después de la esperada y necesaria solución de la actual crisis, muy difícilmente podría pensarse en una expansión del mercado interno y externo de vino tan rápida que permita seguir pensando en una agricultura cuyana predominantemente vitícola. La posibilidad de nuevas obras hidráulicas, de una mejor distribución del agua de los ríos y una mayor explotación de las napas subterráneas, abren perspectivas más amplias que las que presenta el mercado de la uva y del vino. Condicionar la evolución de la Provincia a las posibilidades de la vitivinicultura sería condenarla a un desarrollo demasiado lento. Debemos en consecuencia abrir otros caminos. Algunos, los principales, tenderían a la creación de nuevas industrias, ya que este campo, más que el puramente agrícola conduciría a Mendoza a la prosperidad. Entre estas posibles vías de desarrollo, merecería estudiarse la posibilidad de crear una industria lechera basada en ventajosas técnicas modernas.

La segunda solución, más modesta en sus alcances, es también de más fácil aplicación práctica a corto plazo. Una alimentación basada no en el empirismo sino en criterios racionales contribuiría fundamentalmente a mejorar la actual situación económica deficitaria de los tambos locales. En efecto, el porcentaje de los gastos en alimentos incide en aproximadamente un 60-65 % sobre el costo total de producción de leche.

El objeto de este primer ensayo es calcular una ración básica proporcional a la cantidad de leche producida por cada vaca y comparar este rendimiento con el que se logra al suministrar dosis de alimentos superiores a la básica. Posteriormente con los datos obtenidos se realiza un análisis económico, determinando la cantidad óptima de nutrientes que deben proporcionarse para minimizar el costo.

Material utilizado

Para la realización de todos los estudios relacionados con las posibilidades económicas de producir leche en la provincia, se instaló un tambo experimental en la propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias, situada en Chacras de Coria (Mendoza). Parte de las instalaciones, maquinarias, animales, fueron financiados por el Gobierno

de la Provincia de Mendoza profundamente interesado en este estudio; el resto de los elementos (terreno, tractor, galpón de ordeño, algunos animales) fueron proveídos por la misma Facultad. Este también ha sido instalado con inversiones modestas ya que debe ser modelo imitable para los productores locales, pero con criterio moderno y racional.

En este primer ensayo se utilizaron cinco vacas lecheras seleccionadas para que formaran un grupo lo más homogéneo posible. Todas fueron vaquillonas de primera parición. La época de parición difirió en escasos días, el origen fue prácticamente el mismo ya que todas se adquirieron en una cabaña de Buenos Aires.

El promedio de producción por vaquillona osciló alrededor de 13 litros, aunque se presentaron algunas inevitables diferencias entre animales. Para poder controlar la ración diaria se construyeron pesebreras individuales que permitieron aislar los animales en las horas de distribución de los alimentos.

El ordeño se realizó en una sala provista de fosa y con disposición de los animales en espina de pescado, utilizando un equipo de ordeño mecánico. Para el control individual de producción se importaron medidores aptos para aplicarlos al equipo de ordeño instalado.

El ensilaje utilizado en el ensayo fue una mezcla de sorgo y maíz, producidos en la misma propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias. Los silos fueron semienterrados recubiertos con una manta plástica. Para corte y ensilado del forraje se utilizó una máquina cortapicadora.

El primer paso fue calcular la razón básica para cada animal, tratando de satisfacer sus necesidades con el mínimo costo posible.

Se trata de un problema de minimización de costos, solucionable aplicando Programación Lineal (método Simplex).

Sin embargo, como es nuestro propósito utilizar métodos que por su sencillez puedan ser aplicados a nivel de agricultor o técnico intermedio, hemos preferido utilizar el método gráfico-analítico (VI).

El cuadro siguiente proporciona los costos de diferentes productos utilizables en la alimentación de vacas lecheras. En algunos casos se trata de los precios de mercado, en otros, los que se pueden producir en la misma explotación, se basan en presupuestos realizados en nuestro Instituto de Economía Agraria. En efecto, la producción de granos y concentrados en general, sólo puede realizarse en extensiones grandes que justifiquen las altas inversiones en equipos.

CUADRO Nº 2

Cuadro base para la programación de alimentación de vacas
lecheras minimizando costos

FORRAJES VOLUMINOSOS	Costo de Prod. por Kg. a Precio de Mercado	Cant. de SND. en gramos por Kg.	Cant. de Pd. en gramos por Kg.	Cant. de Ca. en gramos por Kg.	Cant. de P. en gramos por Kg.	Cant. de SND obtenible con \$ 1.000 Kg.	Cant. de Pd. obtenible con \$ 1.000 Kg.
Sorgo y maíz ensilados	\$ 1,5 (C)	200,0 (A)	13,5 (A)	1,0 (M)	0,4 (M)	133,1	9,0 (1)
Maíz ensilado	\$ 1,5 (C)	150,2 (A)	9,2 (A)	—	—	100,1	6,13 (2)
Sorgo recién cortado .	\$ 1,5 (C)	141,4 (A)	10,5 (A)	—	—	94,2	7,0 (3)
Maíz recién cortado .	\$ 1,5 (C)	236,1 (A)	4,1 (A)	—	—	177,4	2,73 (4)
Heno alfalfa de Mendoza	\$ 11,0 (P)	518,0 (A)	105,3 (A)	11,3 (M)	1,8 (M)	47,0	9,5 (5)
<i>Forrajes concentrados</i>							
Afrechillo de trigo . .	\$ 16,0 (P)	559,9 (A)	61,6 (A)	—	—	34,9	3,8 (6)
Afrecho de maíz	\$ 16,0 (P)	650,0 (A)	94,6 (A)	—	—	40,6	5,9 (7)
Semitín	\$ 20,0 (P)	630,0 (A)	59,8 (A)	—	—	34,0	3,0 (8)
Purina (alimento balanceado	\$ 25,0	615,0 (A)	295,7 (A)	—	—	24,6	1,2 (9)
Mezcla de Carnarina 10 % harina maíz 90 %	\$ 18,9	727,0 (A)	99,0 (A)	0,6 (M)	0,4 (M)	38,4	5,2 (10)
Harina huesos	\$ 30,0	179,0	179,0	230,5 (M)	102,2 (M)	5,9	5,9 (11)

A = Análisis realizados en la Cátedra de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNC).
M = Datos de Morrison.
C = Costos realizados en el Instituto de Economía Agraria.
P = Precios de mercado.

En el cuadro se consigna también el contenido de SND (Sustancias nutritivas digestibles) y Pd (Proteína digestible) de cada producto obtenido mediante análisis realizados en el laboratorio de Química Agrícola de nuestra Facultad y la cantidad de SND y Pd que pueden comprarse o producirse, con una suma arbitraria de \$ 1.000.

El objeto de este último cálculo es comparar el costo de los nutrientes contenidos en cada forraje, ya que el valor por Kg no es un índice suficientemente válido, puesto que es grande la diferencia en valor nutritivo de los distintos forrajes. (Ver Cuadro N^o 2).

Con los datos del cuadro se confeccionó un gráfico. En las ordenadas se colocaron las cantidades de SND y en las abscisas las cantidades de Pd obtenibles con \$ 1.000 para cada uno de los alimentos. Los puntos representan los diferentes forrajes, siendo evidente la conveniencia de elegir aquellos más alejados del origen en el sentido Nor-este, o sea aquellos que permiten obtener a igualdad de costos mayor cantidad de SND y Pd.

Existe sin embargo un factor limitante; ya se ha visto que una vaca de 13,1 de producción diaria necesita 8070 gr de SND y 1016 de Pd, debiendo respetarse esta relación fija en una ración balanceada. En el gráfico Nro. 1 la recta que pasa por el origen representa la

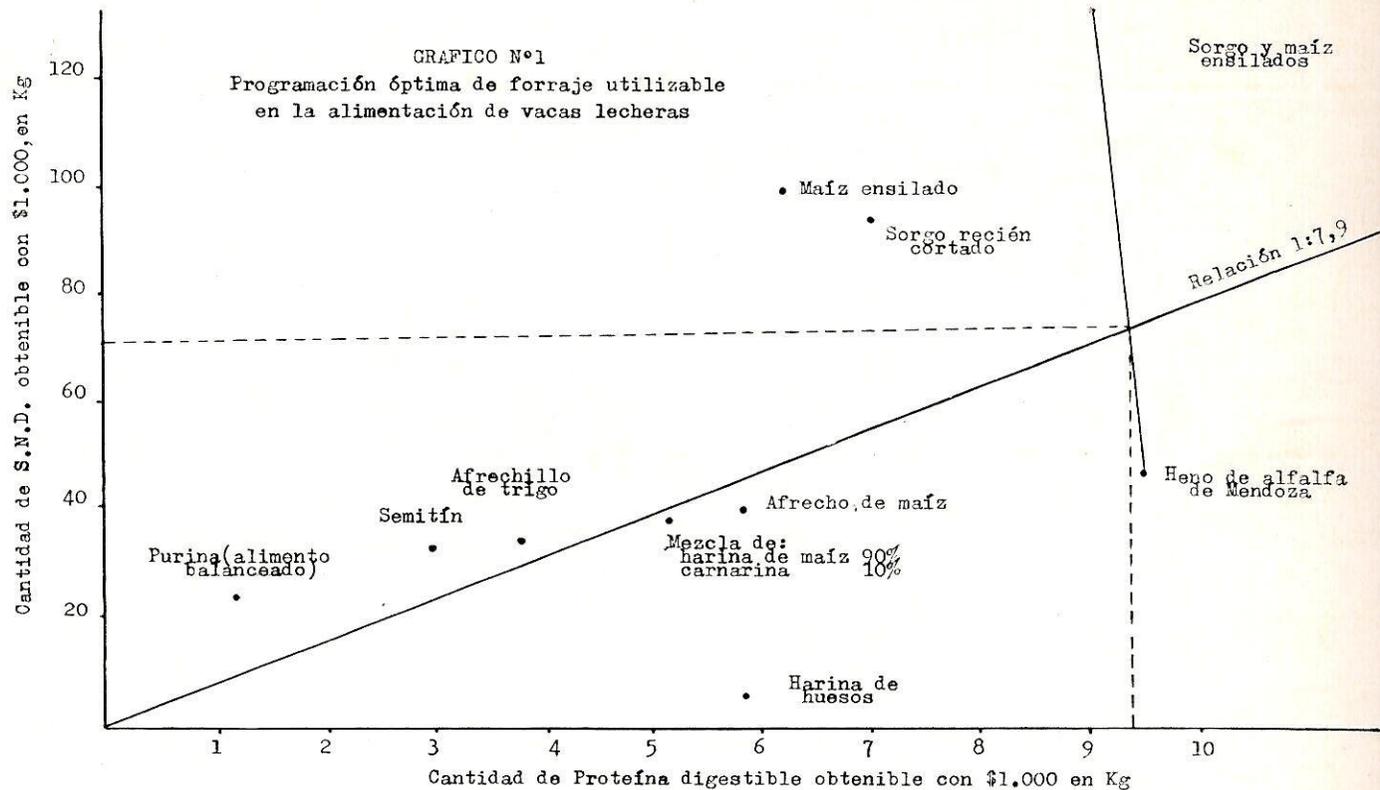
$$\frac{8070}{1016}$$

relación entre SND y Proteínas digestibles (— = 7,9), o sea que

las vacas necesitan un gramo de proteínas por cada 7,9 gr de sustancias nutritivas digestibles totales.

Analizando el gráfico Nro. 1 se observa que el ensilado de sorgo y maíz y el heno de alfalfa son los forrajes que más se desplazan hacia el Nor-Este. Esto confirma el principio, ya ampliamente conocido en todos los países productores de leche, que los alimentos concentrados: granos, harinas, etc., resultan más caros que los voluminosos. En efecto, a igualdad de gasto se compra o produce en general mayor cantidad de elementos nutritivos, si se prefieren los forrajes voluminosos a los alimentos concentrados. La mezcla carnarina 10 % y harina de maíz 90% se encuentra casi sobre la recta que pasa por el origen y mantiene la relación necesaria para la alimentación balanceada del ganado lechero. No así los otros forrajes. En consecuencia es necesaria una mezcla de por lo menos dos de los elementos considerados para conseguir la proporción deseada. Para tal fin se eligieron forrajes ubicados en campos distintos, o sea uno por arriba y el otro por debajo de la recta divisoria. Uniéndolos con una línea se corta a la ya citada recta, en un punto.

Interesa que este punto esté lo más alejado posible del origen para obtener con la mezcla de los dos forrajes elegidos, a paridad de costo, el máximo de proteína y sustancia nutritivas digestibles, y en la relación deseada. Es fácil ver en el gráfico, que en nuestro caso esto



Sorgo y maiz ensilados

Relación 1:7,9

Heno de alfalfa de Mendoza

se consiguió uniendo el ensilado de sorgo y maíz con el heno de alfalfa. El cruce de las dos rectas se produce en un punto cuyas coordenadas nos indican que con \$ 1.000 pueden obtenerse 74 Kg. de sustancias nutritivas digestibles y 9,4 Kg de proteínas digestibles. Debe entonces calcularse la proporción de ensilado de sorgo-maíz y heno que cumple con los requisitos ya establecidos. Analíticamente el problema puede resolverse con un simple sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} 0,2 x_1 + 0,518 x_2 &= 74 \text{ Kg SND} \\ 0,013 x_1 + 0,105 x_2 &= 9,4 \text{ Kg Pd} \end{aligned}$$

x_1 es la cantidad de ensilado de maíz y sorgo que formaría la mezcla balanceada. x_2 es la cantidad de heno a utilizarse en la mezcla balanceada.

En otras palabras el significado de las ecuaciones es el siguiente: el porcentaje de SND que contiene el ensilado de sorgo y maíz multiplicado por la cantidad incógnita de ensilado a utilizarse en la mezcla, más el porcentaje de SND contenido en el heno por la cantidad incógnita de heno, deben dar como resultado el total de SND que, de acuerdo al gráfico, puede obtenerse con \$ 1.000 mezclando ensilado de sorgo y maíz y heno. El resultado $x_1 = 203,4$; $x_2 = 64,3$ expresa en Kg la cantidad de ambos forrajes que deben intervenir en la ración para lograr este resultado, o sea que las proporciones serán: 75,9% de ensilado de sorgo-maíz y 24,1 de heno.

En resumen se ha logrado establecer qué forrajes deben integrar la mezcla económicamente más conveniente y el porcentaje con el cual interviene cada uno de ellos en la ración. Por el cuadro N° 1 sabemos que una vaca que produce en promedio 13 litros diarios de leche necesita 8070 gr diarios de SND y 1016 gr de Pd. El cuadro siguiente indica el contenido de 1 Kg de mezcla balanceada.

CUADRO N° 3

Contenido de un Kg de mezcla balanceada

FORRAJES	Cont. en gr.	Cont. en SND gr.	Cont. en Pd gr.	Cont. en Ca gr.	Cont. en P gr.
Ensilado sorgo y maíz	759	151,8	10,2	0,7	0,3
Heno	241	124,8	25,3	2,7	0,4
TOTAL	1.000	276,6	35,5	3,4	0,7

Si un Kg de mezcla contiene 276,6 gr de SND y una vaca necesita por día 8070 gr, la cantidad de ración básica será de 29 Kg, de los cuales, como ya sabemos el 75,9 % o sea 22 Kg serán de ensilado de sorgo y maíz y 7 Kg de heno de alfalfa. Falta ahora calcular si esta ración básica que satisface las necesidades de SND y proteínas contiene también suficiente calcio y fósforo.

CUADRO Nº 4

Balance de Ca y P

Cant. en Ca de 22 kg. de silaje y 7 kg. de heno gr.	Cant. en P 22 kg. de silaje y 7 kg. de heno gr.	Necesidades diarias de Ca de una vaca de 13 litros de leche gr.	Necesidades diarias de P de una vaca de 13 litros de leche gr.	Diferencias en + o -	
				Ca	P
98,6	20,3	44	33,5	+ 54,6	- 13,2

Se ve entonces que la cantidad de calcio suministrada supera las necesidades de las vacas, mientras que se presenta una pequeña deficiencia en P. Esta puede solucionarse sin modificar la programación inicial con un pequeño agregado de 100 gr por día y por vaca de harina de hueso.

Ejecución del Ensayo

Terminada la programación teórica, se inició un ensayo para confirmar prácticamente la validez de los cálculos realizados y aplicar los conocimientos de teoría de la producción para determinar desde el punto de vista económico la cantidad óptima de alimentos. La programación permite determinar la ración de costo mínimo para vacas lecheras, correspondiente a una determinada producción. Con el análisis de las relaciones factor-producto, se logra estudiar cómo se incrementa la producción de leche con el aumento de alimentación y cuál es el punto más conveniente.

Se decidió aplicar 5 tratamientos alimenticios diferentes. El primero correspondía aproximadamente a la ración básica calculada, en los otros se adicionó a la ración básica, dosis crecientes de una ración de concentrados balanceada, compuesta por 85 % de harina de maíz, 10% de carnarina y 5% de harina de hueso. Cabe hacer notar que después de un período inicial se decidió agregar en el tratamiento I un Kg de concentrados. Esto se debió a la observación que la mayor parte de los animales no comía la totalidad de los forrajes voluminosos, desvirtuando parcialmente los cálculos iniciales.

CUADRO Nº 5
Ración diaria por vaca en Kg

	Ensilado	Heno	Ración
I) Trat.	22 Kg	7 Kg	1 Kg
II) Trat.	22 "	7 "	2 "
III) Trat.	22 "	7 "	4 "
IV) Trat.	22 "	7 "	6 "
V) Trat.	22 "	7 "	8 "

Para el ensayo se eligió el método estadístico del cuadrado latino, utilizando cinco vacas para los cinco tratamientos con cinco repeticiones.

De esta forma cada vaca pasó por todos los tratamientos. La duración de cada tratamiento se estableció en diez días, dejando entre un tratamiento y otro un tiempo de descanso de cinco días, en el cual se alimentaban las vacas en forma uniforme. Para evitar interferencias entre tratamientos se tomaron en cuenta en los cálculos finales los últimos cinco días de producción. Un mayor lapso para cada tratamiento hubiera sido a primera vista más conveniente. Sin embargo considerando el ciclo normal de lactancia se llegó a la conclusión que no convenía prolongar el ensayo más de 70 días, ya que es en los primeros dos meses después del parto que se logra el máximo de producción de leche, produciéndose a partir de ese momento una disminución natural de la misma. Para poder comparar entre sí los distintos tratamientos fue entonces necesario elegir vacas en la primera fase de lactancia y no prolongar el período total del ensayo más allá de los 70 días. Cinco tratamientos de 10 días cada uno, más 4 períodos de descanso intercalado suman 70 días justos.

Resultados obtenidos

Al iniciar el ensayo se notó en primer lugar que las vacas no comían toda la ración calculada. En consecuencia se pesaron los restos y por diferencia se calculó lo realmente comido por las vacas. En general se notó desde el principio que las vacas de mejor apetito también eran las más productoras. Algunas vacas mantuvieron un promedio de 20,20 litros diarios de producción, aún en el tratamiento I, o sea con una ración calculada para 13 litros de producción, pero comieron la casi totalidad de la ración (21,3 kg de ensilado y 3,6 kg

de heno). Otras, en cambio, con el tratamiento I bajaron la producción a 8,02 litros por día y comieron 15,2 kg de silaje y 2,5 kg de heno.

Esto demuestra que cada individuo reacciona de manera diferente y que los programas de alimentación deben adaptarse en ensayos futuros al apetito, capacidad digestiva y de asimilación de las diferentes vacas.

Todos los animales apetecieron más los concentrados que los forrajes voluminosos. En todos los tratamientos, hasta en el de 8 kg diarios de suplemento concentrado, las vacas comieron siempre la ración balanceada completa, dejando restos de forrajes voluminosos.

Del cuadro Nro. 8 puede concluirse que el aumento de Th. consumidos por las vacas en los sucesivos tratamientos, se debe al incremento de la cantidad de concentrados, y que la reducción en el consumo de ensilado y heno provocada por una mayor preferencia hacia los concentrados, es pequeña comparada con el mencionado aumento de concentrados.

T) Thenmia = Unidad energética establecida por ARMSBY (ARMSBY M. P. "The nutrition of farm. animals" Mac Millan Co, New York 1922). Corresponde aproximadamente a 1.000 calorías; 1 Therm = 0,605 unidades forrajeras; 1 Therm = 0,423 unidades almidón.

CUADRO N: 6

Promedio diario de proteínas digestibles y sustancias nutritivas digestibles totales consumidas en cada tratamiento por animal

ALIMENTOS	T R A T A M I E N T O S									
	I		II		III		IV		V	
	Pd.	SND	Pd.	SND	Pd.	SND	Pd.	SND	Pd.	SND
Ensilado ...	192,76	3.030,44	203,00	3.191,55	207,76	3.266,35	208,62	3.279,78	197,64	3.107,16
Heno	524,39	2.579,64	603,36	2.968,14	565,46	2.781,66	529,65	2.695,54	507,54	2.496,76
Concentrado	74,82	637,88	159,20	1.357,20	318,40	2.714,40	468,04	3.990,16	632,02	5.388,08
TOTAL .	791,97	6.247,96	965,56	7.516,89	1.091,62	8.762,41	1.206,31	9.875,48	1.337,20	10.992,00

CUADRO N° 7

Promedio diario de thermias consumidas en cada tratamiento por animal

ALIMENTOS	T R A T A M I E N T O S				
	I	II	III	IV	V
Ensilado	6,71	7,06	7,23	7,25	6,87
Heno	6,09	7,02	6,59	6,17	5,91
Concentrado	1,46	3,16	6,33	9,29	12,55
TOTAL	14,26	17,24	20,15	22,71	25,33

CUADRO N° 8

*Promedio de producción (Kg/día) y costo diario de la ración
en cada tratamiento y por animal*

C O N C E P T O	T R A T A M I E N T O S				
	I	II	III	IV	V
Producción (kg/día) .	12,32	13,10	13,62	14,29	14,34
Costo de la ración . .	93,80	123,02	157,72	189,88	225,37

CUADRO N° 9

*Cantidades de ensilado de sorgo-maíz, heno de alfalfa y ración de concentrados
consumidos en cada tratamiento y por animal*

ALIMENTOS	T R A T A M I E N T O S				
	I	II	III	IV	V
Ensilado	15,80	16,64	17,03	17,10	16,20
Heno	4,98	5,73	5,37	5,03	4,82
Ración	0,94	2,00	4,00	5,88	7,94

Análisis económico

Uno de los principios básicos de la teoría de la producción, afirma que el punto óptimo en el empleo de un factor productivo se obtiene cuando el ingreso de la productividad marginal iguala al costo marginal. Por ejemplo, al incrementar en una unidad la cantidad de alimentos proporcionados a una vaca, sube el costo de la alimentación y es de esperar un aumento en la producción de leche. Desde el punto de vista económico, esta operación será conveniente si el valor de la producción de leche adicional supera al incremento de los costos de alimentación.

El gráfico N^o 2 indica la relación entre producción de leche y thermias consumidas (ver cuadros Nros. 8 y 9). Realizado el ajuste de los puntos por el método de los mínimos cuadrados, la función resultante es la parábola $PT = 0,056 + 1,20 x - 0,025 x^2$. PT = Producto total en kg de leche diarios.

En el gráfico N^o 3 se expresó la relación entre el costo de la ración diaria en cada ensayo (ver cuadros Nros. 8 y 9) y las thermias consumidas. Esta función costo es también parabólica, ya que al no consumir las vacas la totalidad de la ración calculada, sino una parte, la relación entre los elementos constituyentes es diferente en los distintos tratamientos y en consecuencia distinto el costo por Thermia consumida. Ajustando los puntos se obtiene la función costo total de la ración en pesos.

$$CT = 13,57 + 2,05 x + 0,25 x^2$$

CT = costo total de la ración.

Análisis económico de los resultados

Económicamente, el punto de óptima aplicación de un factor productivo es aquel en el cual el ingreso de la productividad marginal iguala al costo. En nuestro caso, al incrementar la cantidad de nutrientes en las raciones de las vacas, se esperará un incremento en la producción. Desde el punto de vista económico es conveniente seguir aumentando los nutrientes siempre que el valor del incremento de leche producida supere el del costo del incremento de la alimentación. Cuando ambos valores se igualan se llega al punto óptimo, puesto que un aumento ulterior significaría un costo marginal superior al valor de la producción marginal obtenida.

Si multiplicamos la función $PT = 0,056 + 1,20 x - 0,025 x^2$ por el precio de la leche (\$ 34,- el litro), obtenemos la función ingreso de la productividad total.

GRAFICO N°2

Relación Producción de
Leche-Thermias consumidas

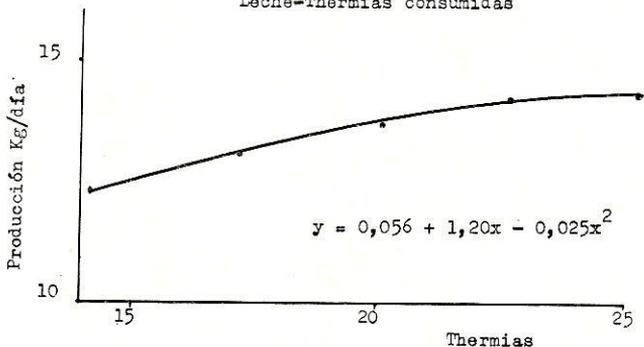
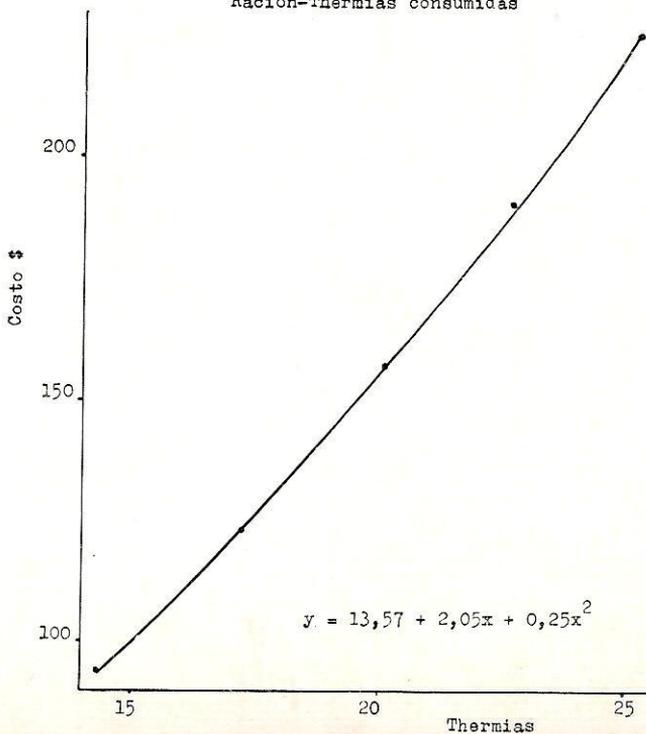


GRAFICO N°3

Relación Costo de la
Ración-Thermias consumidas



$$I.P.T. = 1,90 + 40,8 x - 0,850 x^2$$

I.P.T. = ingreso del producto total expresado en \$.

Derivando la función I.P.T. se obtiene la función ingreso de la productividad marginal: I.P.M.

$$I.P.M. = 40,8 - 1,75 x$$

A su vez, si derivamos la función costo total $CT = 13,57 + 2,5x + 0,25 x^2$, se logra la función costo marginal de la ración, $CM = 2,05 + 0,50 x$. Si se igualan las funciones ingreso de la productividad marginal y costo marginal se obtiene el punto óptimo deseado.

$$40,8 - 1,75 x = 2,05 + 0,50 x$$

$$x = 17,61$$

Se llega así a la conclusión que económicamente conviene suministrar a los animales 17,61 thermias diarias. Este resultado obtenido analíticamente puede verificarse en forma gráfica. (Gráfico N° 4). Se puede observar que la cantidad óptima de 17,61 thermias a suministrar es apenas un poco superior a las 17,24 thermias diarias del tratamiento N° II.

En el gráfico N° 5 se ha determinado a cuantos kg de proteínas digestibles y sustancias nutritivas digestibles totales diarias corresponde la ración óptima calculada. Los puntos representan las cantidades de Pd y SND en gramos y las thermias consumidas en cada tratamiento (ver cuadros Nros. 7 y 8). Por ejemplo, en el primer tratamiento consumieron realmente 14,27 thermias diarias y su ración diaria contenía 791 g de proteínas digestibles y 6.247 g de SND. Uniendo entre sí los puntos que representan las cantidades de Pd y los de SND se obtienen dos rectas, una de las cuales muestra el crecimiento de las proteínas digestibles y la otra el de las SND al incrementarse las thermias consumidas. Sabiendo que la ración óptima económica corresponde a 17,61 thermias diarias, podemos proyectándonos en el eje de las ordenadas, observar que con ella proveemos a las vacas 1000 g de Pd y 7750 g de SND. Si comparamos estas cifras con las del cuadro N° 1, se llega a la conclusión que la cantidad de proteínas digestibles suministradas con la ración económicamente óptima, es muy similar a los requerimientos que teóricamente se calcularon para alcanzar una producción de 13 litros diarios, mientras la cantidad de SND es algo inferior a la calculada con anterioridad (8.070 g). Considerando que la producción obtenible con la ración de 17,61 thermias diarias es de 13,16 kg/día, se nota una extraordinaria coincidencia entre los cálculos teóricos y los logrados en el ensayo. En la práctica se ha obtenido una producción algo superior con una cantidad levemente inferior de principios nutritivos.

En base a los datos del cuadro N° 9, se confeccionó el gráfico N° 6, el que permite determinar la cantidad de ensilado de sorgo-maíz, heno de alfalfa y ración de concentrados que componen la ración óptima calculada.

GRAFICO N°4

Obtención gráfica
del punto óptimo

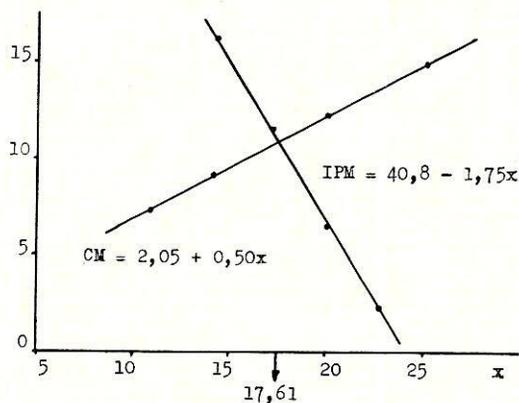
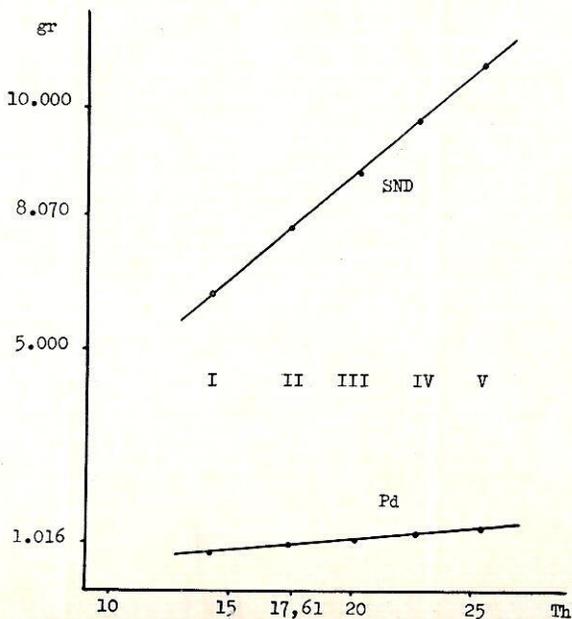


GRAFICO N°5

Relación entre Thertrias y gramos de
SND y Pd consumidos en cada ensayo



Nota: los números romanos indican tratamientos

La línea más baja del gráfico une los puntos que corresponden a la cantidad de kg de ración de concentrados consumidos en cada tratamiento. La del medio, la cantidad de heno y la alta, la de ensilado de sorgo y maíz. La ración de 17,61 thermias debería entonces contener 2,2 kg de concentrados, 5,7 kg de heno y 16,7 kg de ensilado de sorgo y maíz.

El costo de esta ración es de \$ 129 diarios y el valor de la producción es de \$ 447. La relación entre el valor de la alimentación sobre el de la producción es de aproximadamente el 29%. De acuerdo a las estadísticas del I.E.T., la misma relación en los tambos locales es actualmente del 65%. La principal finalidad de este trabajo es la de ensayar una nueva metodología económicamente útil.

CONCLUSIONES

El ensayo realizado ha convalidado la utilidad del método de programación utilizado. De acuerdo al cálculo teórico, la vaca necesita una ración de 17,61 thermias diarias para producir 13 litros de leche. En el tratamiento N° 2 del ensayo, los animales consumieron 17,24 thermias diarias, produciendo en promedio 13,16 litros de leche por día. Poco varió, también, la relación entre SND y Pd; la calculada en la programación previa fue 1:7,9, y la del tratamiento N° 2 fue de 1:7,6.

Se ve, entonces, que los animales han demostrado una capacidad de transformación de los alimentos levemente superior a la prevista. El control de peso asegura, por otra parte, que este superior rendimiento no se haya obtenido a expensas de reservas de las vacas.

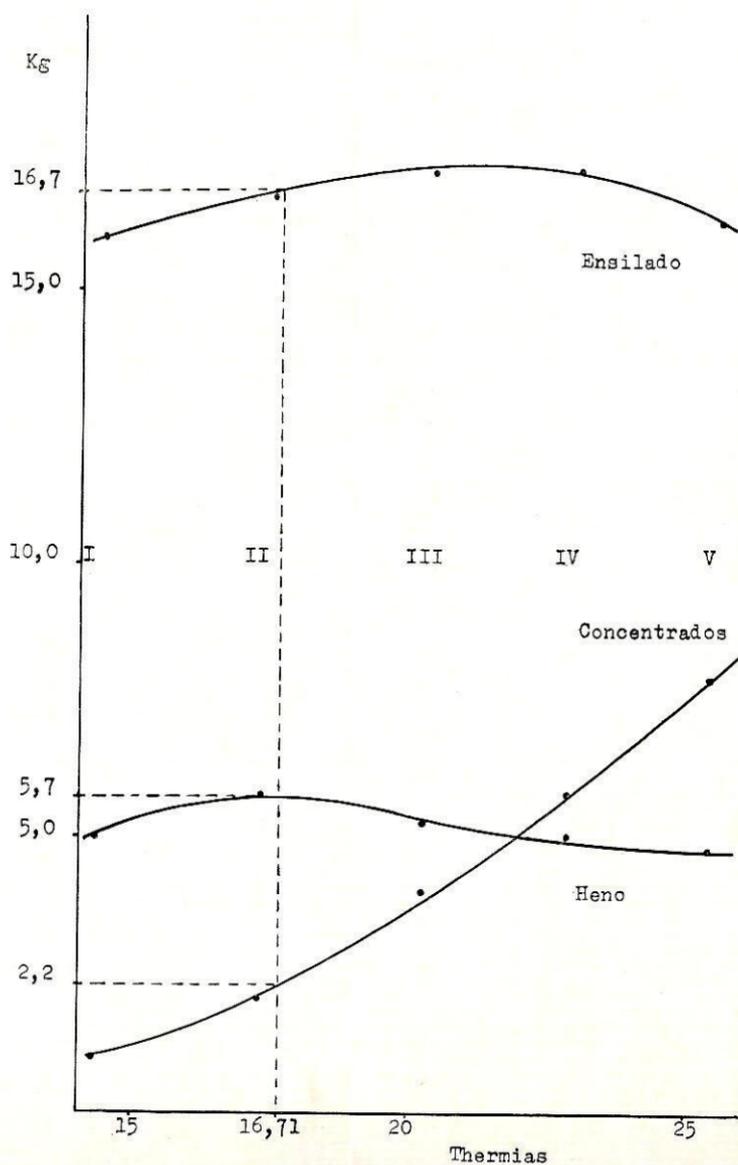
Existe sin embargo una diferencia entre la ración programada y la resultante del ensayo. Las vacas demostraron apetecer, sobre todo los forrajes concentrados, y redujeron el consumo de forrajes voluminosos. Mientras la ración programada fue de 22 kg de silaje de sorgo y maíz y de 7 kg de heno, la óptima resultante del ensayo fue de 16,7 kg de silaje de sorgo y maíz, 5,7 kg de heno de alfalfa y 2,2 kg de mezcla concentrada. Si bien los principios nutritivos de las dos raciones son casi equivalentes el costo de la segunda es algo superior: \$ 129 contra \$ 110 de la primera.

A pesar de esta pequeña diferencia creada por las mismas vacas que impusieron en este aspecto sus gustos, puede considerarse el resultado obtenido como excelente desde el punto de vista económico. Es en efecto notable la reducción lograda de la incidencia del rubro alimentación en el costo.

Por otra parte, el estudio de las relaciones insumo-producto, ha demostrado la inconveniencia de una excesiva alimentación que se traduce en un incremento no compensatorio de la producción de

GRAFICO N°6

Determinación de
la ración óptima



Nota: los números romanos indican tratamientos

leche. Su valor es, en efecto, inferior al del incremento del costo de alimentación. En este aspecto sólo un aumento del precio de la leche o una reducción del costo del forraje, pueden hacer variar el resultado.

Este trabajo demuestra la posibilidad de utilizar métodos de programación relativamente simples, contribuyendo a la lucha contra el empirismo reinante en nuestro agro, principal causa de sus escasos rendimientos y altos costos.

RESUMEN

Mediante la aplicación de un método simple gráfico-analítico de programación se calculó una ración que cubriera las necesidades de nutrientes de una vaca con 13 ls de producción. A continuación se realizó un ensayo en el cual uno de los tratamientos fue esta ración básica y los otros fueron la ración básica más dosis crecientes de una ración balanceada de concentrados. En base a los resultados obtenidos se analizaron las relaciones insumo-producto determinando el punto óptimo de aplicación del factor alimentación. De esta forma quedó determinada una ración diaria compuesta por 22 kg de ensilado de sorgo-maíz, 7 kg de heno de alfalfa y 2,2 kg de una mezcla de 85% de harina de maíz, 10% de carnarina y 5% de harina de hueso. Esta ración nos permite reducir la incidencia del rubro alimentación en el costo de explotación para tambos de Mendoza¹ de 65% a 29%, lo que representa una evidente ventaja económica.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BORGIOLI ELVIO - "*Alimentazione del bestiame*". Ed. Agricole. Bologna 1952.
- (2) DORFMAN, R. - "*Programación lineal*". Aguilar. Madrid, 1962.
- (3) MILLS, C. F. - "*Métodos estadísticos aplicados a la economía y los negocios*". Aguilar. Madrid, 1950.
- (4) MORRISON, F. B. - "*Alimentos y alimentación del ganado*". U. T. E. H. A. México, 1951.
- (5) O. C. D. E. - "Documentation dans l'agriculture et l'alimentation "*Le Programme Planning*". Nro. 45. Febrero 1962.
- (6) TACCHINI, J. - "*Método gráfico-analítico di programmazione aziendale*". Italia agrícola. Anno 105. Enero 1968.
- (7) TELLECHEA, H. - "*La explotación tampera en Nueva Zelandia*". IDIA. N° 198. Junio de 1964.
- (8) WARREN H. VINCENT - "*Agricultura. Normas sobre economía y administración*". Limusa-Wiley S. A., México, 1964.
- (9) YANG, W. Y. - "*Metodología de las investigaciones sobre Administración Rural*". F. A. O., Roma, 1959.