

**NIVELES DE HENO Y DE SUSTITUCION DE AFRECHO DE RAPS POR  
UREA EN RACIONES PARA ENGORDA BASADAS EN COSETA  
HUMEDA DE REMOLACHA<sup>1</sup>**

**Levels of hay and of substitution of rapeseed meal by urea in steer rations  
based on wet sugar beet pulp**

**Germán Klee G.<sup>2</sup>, Ignacio Ruiz N.<sup>3</sup> y Nora Aedo M.<sup>4</sup>**

**S U M M A R Y**

The experiment was carried out at the Humán Research Station (INIA, Los Angeles). Seventy eight European Holstein steers (23-month-old; 420 kg inicial live weight—L.W.) were used during 104 winter days in 1977, to evaluate the effect of the addition of hay and urea to rations based on wet sugar beet pulp (*ad libitum*) + rapeseed meal. Five levels of red clover hay ( $X_1 = 0.00; 0.25; 0.50; 1.00$  and  $1.50$  kg/100 kg L.W.) and five levels of substitution of rapeseed meal by urea ( $X_2 = 0; 25; 50; 75$  and  $100\%$ ) were included; a central composite design, with 4 extra treatments to include the test, was employed, having 13 treatments with 6 animal—replications. Results were analyzed as surface responses. Adjusting equations for daily gain, protein conversion efficiency, and estimated energy conversion efficiency are given.

Wet beet pulp + 100% urea showed the lowest gain (0.10 kg/steer/day). Daily gain was 1.0 kg for 25% rapeseed meal substitution + 1.0 kg hay/100 kg L.W.

Considering only the level of hay, protein conversion efficiency was better with 0.50 and 1.00 kg hay/100 kg L.W. Independently to the hay level, the most efficient rations were with 25% urea. One kilogram of hay and 50% urea, showed the best protein conversion efficiency.

The highest estimated energy conversion efficiency was obtained with 1.00 kg hay/100 kg L.W./day + 50% urea.

Maximum output (1.044 kg L.W./animal/day) was reached with 1.03 kg of hay/100 kg L.W. + 41.7% rapeseed meal substitution. Maximum profit was given by 0.946 kg hay/100 kg L.W. + 36.1% rapeseed meal substitution, with a daily gain of 1.04 kg and a net income of \$45.03/steer/day.

A sensitivity analysis showed that a 23.89% increase in the price of beef allows a 1.48% and a 1.92% increase in the use of hay and urea, respectively.

**INTRODUCCION**

La engorda a corral de animales de término es una práctica bastante usada en nuestro país, comúnmente basada en subproductos de la agroindustria, como afrecho de raps (*Brassica* sp.) y coseta de remolacha azucarera (*Beta vulgaris* var. *saccharum*).

Trabajos preliminares de los autores han probado que raciones basadas en coseta húmeda, combinadas con heno y/o afrecho de raps proporcionan una buena alternativa. Más aún al reducir los costos, por sustitución parcial del afrecho de raps por urea.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 27 de abril de 1983.

Los autores desean expresar sus agradecimientos a los señores Gustavo Cubillos O., Fernando Silva F., Luis Barrales V. y Marcelino Avila por la colaboración en los análisis realizados en este trabajo.

<sup>2</sup> Subestación Experimental Humán (INIA), Casilla 567, Los Angeles, Chile.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 5427, Santiago, Chile.

<sup>4</sup> Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de la inclusión de heno de trébol rosado (*Trifolium pratense* L.) y urea en raciones basadas en coqueta húmeda *ad libitum* y afrecho de raps. Además, determinar biológica y económicamente las mejores combinaciones de sustitución del afrecho de raps por urea.

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Subestación Experimental Humán (INIA, Los Angeles), durante 104 días de la época invernal, utilizando 78 novillos Holando Europeo, de 420 kg, de peso vivo (P.V.) inicial y una edad promedio de 23 meses.

Se proporcionaron cinco niveles de heno (0,00; 0,25; 0,50; 1,00 y 1,50 kg/100 kg de peso vivo) y cinco de sustitución de afrecho de raps por urea (0; 25; 50; 75 y 100<sup>o</sup>/o). Cada una de las raciones se calculó de acuerdo a los requerimientos de novillos de 450 kg (NRC, 1970). En comederos de concreto, techados, se suministró en primer lugar el heno y, consumido éste, se mezcló la coqueta húmeda con el afrecho de raps y/o urea y suplementación mineral. La urea se suministró gradualmente, incrementándola en cantidades proporcionales a 0,025 kg/an., cada dos días, hasta alcanzar los niveles experimentales correspondientes. Como ración base se usó coqueta húmeda *ad libitum*; el afrecho de raps se suministró a razón de aproximadamente 0,30 kg/100 kg de P.V. y la suplementación mineral con 20 g de sal común y 100 g de harina de huesos.

Los animales fueron dosificados dos semanas antes del inicio del ensayo con 9 cc de vitamina A–D intramuscular (equivalente a 10.000 U.I./día) y tratados contra parásitos gastrointestinales y distoma hepático.

Se controló el P.V. de los novillos cada 4 semanas, previo destare de 14 horas, y el consumo diario de alimentos, los cuales se muestrearon semanalmente para determinar su composición química, a través de muestras compuestas.

Se empleó un diseño central compuesto con cuatro tratamientos extras (Anderson y Dillon, 1969) para incluir el testigo (coqueta húmeda sola); en total 13 tratamientos, con 6 animales como repetición. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y de regresión, por diferentes modelos. Las funciones de respuesta se calcularon sobre los promedios de los datos individuales de cada tratamiento, para: incrementos de P.V. (kg P.V./an./día); eficiencia de conversión de la proteína (kg proteína total consumida/kg incremento

P.V.); y eficiencia de conversión de la energía estimada (Mcal energía metabolizable consumida/kg incremento P.V.). Los resultados basados en energía metabolizable se discutieron utilizando los antecedentes de la Tabla NRC (1970).

Para los incrementos de P.V. se realizó un análisis de varianza de las variables  $X_1$  (nivel de heno, kg/100 kg P.V.),  $X_2$  (nivel de sustitución de afrecho de raps por urea, <sup>o</sup>/o) y su interacción.

Mediante la maximización de la función que representa los incrementos de P.V. ( $Y_1$ ), respecto a dichas dos variables, se determinó la combinación de  $X_1$  y  $X_2$  que especifica las condiciones óptimas de operación o producción física máxima. Paralelamente, se utilizó la misma función de respuesta y el costo unitario de los insumos ( $X_1$  y  $X_2$ ) y del producto carne ( $Y_1$ ), en septiembre de 1983, para obtener las condiciones óptimas económicas de operación o beneficio máximo.

Para dichas condiciones se requiere que tanto las ganancias como los insumos se midan en unidades comparables, mediante un factor de conversión apropiado (Dillon, 1967). Transformando los valores porcentuales de  $X_2$  por cifras enteras (kg de urea), se pudo calcular los costos de insumos, para la posterior optimización económica. Esta última no incluye las pérdidas correspondientes a los insumos fijos, que como tales, no cumplen ningún papel en la determinación de las mejores condiciones de operación, debido a que el análisis no considera el tiempo (Dillon, 1967).

Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad a la variación de precios de la carne en los últimos 5 años, considerando un precio superior (\$70,00/kg P.V., en 1980), uno inferior (\$40,00/kg P.V., en 1982) y uno base (\$56,50/kg P.V. en septiembre de 1983); todos expresados en moneda de septiembre de 1983.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Variaciones de peso vivo

Las variaciones de P.V. se vieron afectadas positivamente con la inclusión de heno y la sustitución de afrecho de raps por urea (Cuadro 1). El testigo (sólo coqueta húmeda) ganó 0,58 kg/an./día, frente al promedio de los 13 tratamientos, de 0,75 kg/an./día. Dichas variaciones, que fueron sometidas a análisis de regresión por diferentes modelos, tuvieron una respuesta cuadrática, con respecto a las variables  $X_1$  y  $X_2$  (Figura 1).

Considerando el heno suministrado, las ganancias promedio de P.V. fueron mayores a medida que se incrementó su nivel hasta 1,0 kg/100 kg P.V. ( $\bar{Y}_1 = 0,96$ )

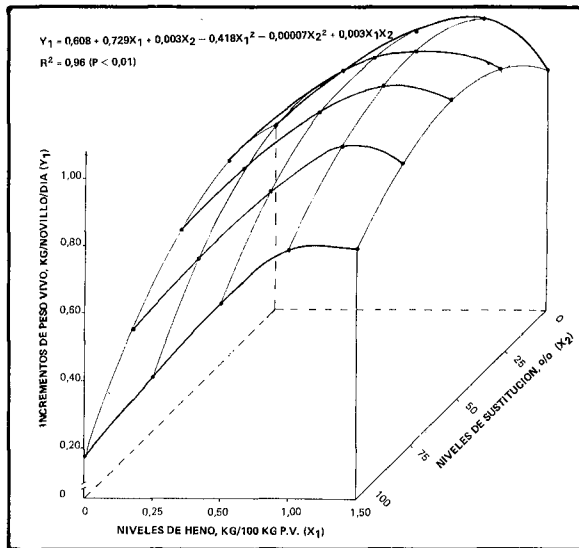


FIGURA 1. Efecto de los diferentes niveles de heno y sustitución de afrecho de raps por urea sobre el incremento de peso vivo.

FIGURE 1. Effect of different levels of hay and substitution of rapeseed meal by urea, on live weight gain.

Al comparar este promedio con la ganancia al usar 1,5 kg de heno/100 kg P.V., ésta fue menor en un 12,50% (Cuadro 1).

El 25% de sustitución de afrecho de raps por urea ( $X_2$ ), independientemente del nivel de heno, produjo el más alto incremento (0,95 kg P.V./animal/día).

La mejor combinación se produjo, teóricamente, al proporcionar 1,0 kg de heno/100 kg P.V. + 50% de sustitución de afrecho de raps por urea, con incrementos de 1,00 kg P.V./animal/día (Figura 1). Los resultados reales (Cuadro 1) señalan como la mejor ración aquella que combina 1,0 kg de heno/100 kg P.V. con 25% de sustitución de afrecho de raps por urea y como la peor, la constituida sólo por coqueta húmeda y urea, que prácticamente, sólo mantuvo el peso de los novillos.

En cambio, se destaca la factibilidad de sustituir totalmente el afrecho de raps por urea, al usar niveles de heno entre 1,0 – 1,5 kg/100 kg P.V., obteniendo ganancias superiores a los 0,80 kg/animal/día.

El análisis de varianza de los resultados en P.V., mediante la prueba de t, presenta diferencias significativas para la variable  $X_1$  (nivel de heno) ( $P < 0,01$ ) y para la interacción  $X_1X_2$  ( $P < 0,05$ ).

En general, la Figura 1 muestra que las mejores ganancias de P.V. corresponden a suministros de heno mayores de 0,5 kg/100 kg P.V., con cualquier nivel de

CUADRO 1. Incremento de peso a distintos niveles de heno y urea (kg P.V./novillo/día)

TABLE 1. Live weight gain for different levels of hay and urea (kg L.W./steer/day)

Nivel Sustitución $X_2$	NIVELES DE HENO $X_1$					$\bar{Y}$
	0	0,25	0,50	1,0	1,5	
0	0,58		0,82		0,81	0,74
25		0,88		1,02		0,95
50	0,61		0,92		0,90	0,81
75		0,61		0,91		0,76
100	0,10		0,63		0,82	0,52
$\bar{Y}$	0,43	0,74	0,79	0,96	0,84	0,75

$X_1$  = Heno, kg/100 kg P.V.

$X_2$  = Nivel urea, %

Y = Incrementos de peso, kg/novillo/día

sustitución. Sin embargo, a partir de 1 kg de heno/100 kg P.V., se observa la tendencia a disminuir estos incrementos.

#### Consumo de alimentos

La ración que presentó los mayores incrementos de P.V. incluye 1,0 kg de heno/100 kg de P.V. + 25% de urea; contiene, en el total de materia seca (m.s.), un 13,2% de proteína total ( $N \times 6,25$ ), cifra que supera a la descrita por Bórquez (1977). Este autor sostiene que raciones suplementadas con urea, con valores superiores a 12% de proteína total (altos), no tienen ningún beneficio en términos de síntesis proteica y sólo aumentan los costos de alimentación. Además, indica que la inclusión de urea tendrá utilidad en dietas con bajo aporte proteico, donde la urea se utilizaría con alta eficiencia. Lo anterior indicaría que dicha ración estaría levemente excedida en proteína total, al incluir un 25% de urea.

Por otra parte, Chalupa (1968) sostiene que los niveles máximos de urea en la dieta no pueden superar el 1–2% ni 1/3 del equivalente proteico de la ración total. Los resultados presentes indican que los tratamientos se encontraban incluidos en los rangos descritos anteriormente, exceptuando las raciones con 100% de urea y 0,0 y 0,5 kg de heno/100 kg P.V., respectivamente. Los animales, aparentemente, no presentaron síntomas de toxicidad con los niveles de urea utilizados.

El consumo de coqueta húmeda (Cuadro 2) decreció en un 9,8%, con respecto al promedio de los 13 tratamientos, al incluir en la ración niveles de 1,0 a 1,5 kg de heno/100 kg P.V., independientemente del porcentaje de sustitución nitrogenada utilizado. Al mismo tiempo, cuando la ración estuvo formada por urea y

**CUADRO 2. Consumo de coseta húmeda con cinco niveles de heno y urea (kg m.s./novillo/día)**

**TABLE 2. Wet sugar beet pulp consumption at five levels of hay and urea (kg D.M./steer/day)**

Nivel Sustitución X <sub>2</sub>	NIVELES DE HENO X <sub>1</sub>					ȳ
	0	0,25	0,50	1,0	1,5	
0	5,82		5,80		4,54	5,39
25		5,96		5,14		5,55
50	5,72		5,76		4,66	5,38
75		6,02		4,76		5,39
100	4,92		5,14		4,80	4,95
ȳ	5,49	6,00	5,57	4,95	4,67	5,33

X<sub>1</sub> = Heno, kg/100 kg peso vivo

X<sub>2</sub> = Nivel urea, 0/0

ȳ = Coseta húmeda, kg m.s./novillo/día

coseta húmeda en combinación con cualquier volumen de heno, el consumo más bajo en coseta llegó a 4,95 kg de m.s./an./día, cifra que no difiere significativamente del promedio general.

Los valores de consumo de coseta húmeda presentan una variación de sólo 24,60%. En cambio, en un ensayo realizado por Bonilla, Klee y Ruiz (1983), con vacas en lactancia, encontraron que al incrementarse el suministro de heno en la ración, el consumo de coseta húmeda, para los extremos de los tratamientos con y sin raps, alcanzó un 65,80% de variación.

El consumo de m.s. total (Cuadro 3), a diferencia de lo que ocurrió con el consumo de coseta húmeda, fue afectado por el nivel de heno y urea en la dieta. El promedio se incrementó de 6,17 a 12,09 kg m.s./an./día, con niveles de 0 y 1,5 kg de heno/100 kg P.V., respectivamente, sin considerar el porcentaje de sustitución nitrogenada. En cambio, bajo diferentes niveles de sustitución de afrecho de raps por urea, el consumo total de m.s. disminuyó notablemente, alcanzando el promedio de 8,1 kg/an./día, cuando la dieta incluía un 100% de urea.

El consumo total de materia seca del tratamiento que incluía sólo coseta húmeda y urea, no superó el 1,20% del P.V., cantidad que estaría aportando un 64% de la proteína y un 40% de la energía requerida por un animal de 450 kg, para ganancias de 1,4 kg P.V./an./día.

En general, los tratamientos que incluían 100% de urea no produjeron bajas considerables en el consumo total de m.s., como se esperaba, excepto el que no incluía heno. Los animales llegaron a consumir 0,14 kg de urea/an./día, cifra que corresponde al reemplazo total del afrecho de raps y, aproximadamente, a un 46,80% de la proteína total consumida. Ruiloba y

**CUADRO 3. Consumo de materia seca en cinco niveles de heno y urea (kg m.s./novillo/día)**

**TABLE 3. Dry matter intake at five levels of hay and urea (kg D.M./steer/day)**

Nivel Sustitución X <sub>2</sub>	NIVELES DE HENO X <sub>1</sub>					ȳ
	0	0,25	0,50	1,0	1,5	
0	7,04		9,24		12,48	9,59
25		8,01		10,61		9,31
50	6,40		8,64		12,05	9,03
75		7,54		9,68		8,61
100	5,06		7,49		11,75	8,10
ȳ	6,17	7,77	8,46	10,14	12,09	8,93

X<sub>1</sub> = Heno, kg/100 kg P.V.

X<sub>2</sub> = Nivel urea, 0/0

ȳ = Materia seca total, kg m.s./novillo/día

Ruiz (1978), con animales Cebú, lograron consumos de hasta 0,27 kg/an./día, al sustituir un 53,70% de la proteína total por urea.

El análisis de regresión entre los incrementos de P.V. (Cuadro 1) y el consumo total de m.s. (Cuadro 3), indica que existe una dependencia altamente significativa ( $P < 0,01$ ), lo que se traduce en ganancias de 0,93 kg P.V./animal/día, cuando el consumo fue de 10 kg m.s./an./día.

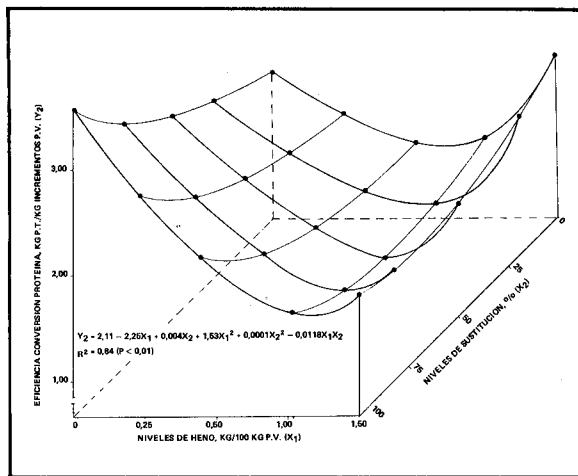
Interesante es mencionar que a pesar del mayor consumo de m.s. total, teóricamente, a partir de 10 kg de m.s./an./día los incrementos de peso decayeron hasta 0,74 kg/an./día. Esta disminución en la relación de ambas variables se atribuye, principalmente, a que niveles de sustitución nitrogenada mayores de 250% produjeron menores ganancias/an. y una tendencia a aumentar el consumo total de m.s. y, por ende, un efecto negativo en la curva. La relación descrita anteriormente fue altamente significativa ( $R^2 = 0,90$ ;  $P < 0,01$ ) y estuvo representada por la ecuación:

$$Y_1 = -2,162 + 0,598 X - 0,029 X^2$$

#### **Eficiencia de utilización de los alimentos**

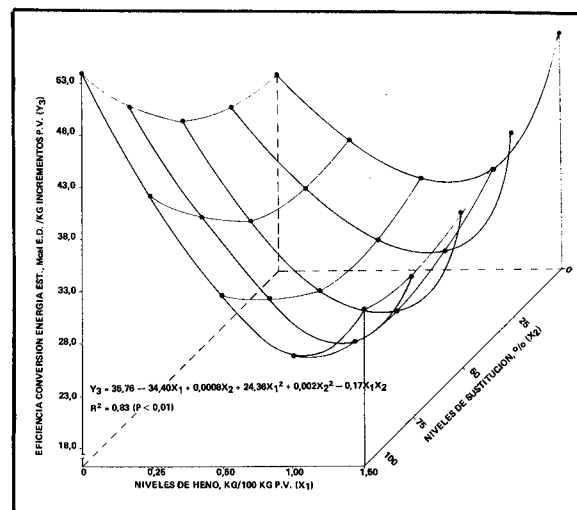
Los resultados promedios del análisis químico de los alimentos para proteína total fueron 9,21; 11,22 y 33,960/0, para coseta húmeda, heno de trébol rosado y afrecho de raps, respectivamente, con variaciones de 1,3; 39,7 y 20,90/0, en cada uno de los alimentos mencionados.

En la Figura 2 se presenta la superficie respuesta cuadrática de la eficiencia de conversión de la proteína total, con respecto a los niveles de heno y urea ( $P < 0,01$ ). Se observa que la eficiencia proteica presentó



**FIGURA 2.** Efecto de los diferentes niveles de heno y sustitución de afrecho de raps por urea, sobre la eficiencia de conversión de proteína total.

**FIGURE 2.** Effect of different levels of hay and substitution of rapeseed meal by urea, on the conversion efficiency of total protein.



**FIGURA 3.** Efecto de los diferentes niveles de heno y sustitución de afrecho de raps por urea, sobre la eficiencia de conversión de energía.

**FIGURE 3.** Effect of different levels of hay and substitution of rapeseed meal by urea, on the conversion efficiency of energy.

valores óptimos entre 0 y 25% de urea, cuando se suministró hasta 0,50 kg de heno/100 kg P.V., y entre 25 y 50% de urea, cuando el nivel de heno fue 1,00 y 1,5 kg/100 kg P.V.

Considerando sólo el nivel de urea en la ración, la eficiencia mejoró al utilizar 0,5 y 1,0 kg heno/100 kg P.V., hasta 50% de urea y 1,00 – 1,50 kg de heno/100 kg P.V. cuando la sustitución de afrecho de raps por urea fue de 75 y 100%. La mejor combinación de las variables  $X_1$  y  $X_2$ , utilizando la ecuación de eficiencia de conversión de la proteína total, se produjo en la ración formada por 50% de urea y 1,0 kg de heno/100 kg de P.V.

Oltjen (1969) indica que niveles de hasta un 30% de sustitución por urea en la proteína total, producen la mejor eficiencia de proteína, debido a que la utilización de nitrógeno no proteico es similar a la del nitrógeno proteico.

Los resultados de la presente investigación concuerdan con los descritos por Ruiloba y Ruiz (1978), con respecto al rango de eficiencia proteica, excepto para el tratamiento compuesto por 100% de urea y coqueta húmeda; ellos encontraron valores que fluctuaban de 1,3 a 3,2 kg de proteína total consumida/kg de incremento de peso vivo. Además, los valores de mayor eficiencia también coincidieron cuando el consumo de proteína total fue aproximadamente 0,30 kg/100 kg de P.V./día.

Los valores de eficiencia de conversión de la energía estimada (Figura 3) para los diferentes tratamientos

fueron altamente significativos ( $P < 0,01$ ). Se observa que tanto el nivel de heno como de urea en la ración provocan un efecto curvilíneo sobre la eficiencia estimada de conversión de la energía. En forma independiente al volumen de heno utilizado en cada una de las dietas alimenticias, las mejores eficiencias las presentaron las raciones que contenían un 0% de urea, cuando se incluía 0,00 y 0,50 kg de heno/100 kg P.V. En cambio, en las raciones con 25; 50 y 75% de reemplazo, el valor óptimo de eficiencia de conversión de la energía lo presentaron los tratamientos con 0,50; 1,00 y 1,50 kg heno/100 kg P.V., respectivamente. La mejor combinación correspondió a 50% de urea y 1,00 kg de heno.

Al considerar el efecto del nivel de heno, independiente al de urea, la eficiencia presentó las mejores cifras cuando se incluyó 1,0 kg de heno/100 kg P.V. Dichos valores son coincidentes con los datos de incrementos de P.V. (Cuadro 1), donde la mayor ganancia se presentó en la ración con 25% de sustitución por urea y 1,0 kg de heno/100 kg P.V. Con niveles de heno menores o mayores, la eficiencia de conversión de la energía metabolizable estimada disminuye, como resultado de la baja significativa en la tasa de incremento de peso, (Figura 3).

Ruiloba y Ruiz (1978) encontraron la mejor eficiencia de conversión de energía cuando los animales consumían de 0,4 a 0,5 kg de proteína total/100 kg P.V./día, valores superiores a los que proporcionó la presente investigación, cuando los novillos consumieron

1,0 kg de heno/100 kg P.V. y 25 a 50% de urea (0,3 kg P.T./100 kg P.V./día).

### Producción física máxima

La función de respuesta, utilizando la transformación de las cifras porcentuales de sustitución de afrecho de raps por urea en kg de urea, proporcionó la siguiente ecuación:

$$Y_a = 0,609 + 0,731X_1 + 1,969X_2 - 0,419X_1^2 - 35,496X_2^2 + 2,204X_1X_2$$

La maximización de  $Y_a$  consideró la solución simultánea de las ecuaciones que presentan el producto marginal de cada insumo ( $PMgX_1$  y  $PMgX_2$ ):

$$dY_a/dX_1 = 0,731 - 0,838X_1 + 2,204X_2$$

$$dY_a/dX_2 = 1,969 - 70,992X_2 + 2,204X_1$$

y que, mediante un sistema de ecuaciones, determinan la combinación óptima de  $X_1$ ,  $X_2$  e, indirectamente,  $X$  (afrecho de raps). La ración compuesta por 1,03 kg de heno/100 kg P.V., 0,06 kg de urea/an./día (41,7% de sustitución de afrecho de raps por urea) y 0,79 kg afrecho de raps/animal/día (58,3% de afrecho de raps), resultó con una producción física máxima del orden de 1,044 kg P.V./an./día.

### Beneficio máximo

Para el análisis económico se consideraron los siguientes precios: heno de trébol rosado, \$3/kg; urea, \$20,34/kg; afrecho de raps, \$11,41/kg; y carne \$56,5/kg P.V. El máximo beneficio se obtuvo mediante la igualdad del producto marginal de cada insumo y la razón inversa de precios:

$$a) 0,731 - 0,838X_1 + 2,204X_2 = PX_1/PY_a$$

$$b) 1,969 - 70,992X_2 + 2,204X_1 = PX_2/PY_a$$

Los niveles de heno, urea y afrecho de raps que produjeron el máximo beneficio económico corresponden a 0,946 kg de heno/100 kg P.V., 0,052 kg de urea (36,1% de sustitución) y 0,86 kg de afrecho de raps; dicha combinación originó un incremento de 1,040 kg P.V./an./día (Cuadro 4).

El beneficio máximo económico se desarrolló en términos de ingreso neto (IN), ecuación conocida como función objetiva, puesto que especifica a  $Y_a$ , que es la variable cuyo máximo se trata de obtener:

$$IN = pY_a \times Y_a - (\sum pX_n \times X_n)$$

La solución simultánea de las ecuaciones a y b, más la función objetiva, permite establecer las combinaciones óptimas de  $X_1$ ,  $X_2$  e indirectamente, de afrecho

**CUADRO 4. Variación de las condiciones óptimas de operación y del ingreso neto en la función respuesta, al variar el precio de la carne**

**TABLE 4. Changes in the optimum conditions and net income in the surface response, when varying meat price**

PRECIO CARNE	X kg	X <sub>1</sub> kg	X <sub>2</sub> kg	pX/pY <sub>a</sub> \$	pX <sub>1</sub> /pY <sub>a</sub> \$	pX <sub>2</sub> /pY <sub>a</sub> \$	Y <sub>a</sub> kg	IN \$/animal/día	IN <sup>1</sup>
Superior <sup>2</sup>	0,853	0,960	0,053	0,16	0,04	0,29	1,041	59,24	56,71
Base	0,862	0,946	0,052	0,20	0,05	0,36	1,040	45,03	42,41
Inferior <sup>2</sup>	0,860	0,922	0,052	0,28	0,07	0,50	1,039	28,96	25,97

pX = precio afrecho de raps, \$/kg; pX<sub>1</sub> = precio heno, \$/kg; pX<sub>2</sub> = precio urea, \$/kg; pY<sub>a</sub> = precio carne, \$/kg.

<sup>1</sup> IN = ingreso neto; considera el alza de los alimentos 1982-1983, en los meses del ensayo, expresado en moneda de septiembre de 1983.

<sup>2</sup> el precio superior corresponde a \$70,00/kg P.V. (23,89% sobre el precio base) y el inferior, a \$41,00/kg P.V. (27,43% bajo el precio base).

raps, para distintas razones de precios y los correspondientes niveles de producto y beneficio (Cuadro 4).

Se observa que, en condiciones óptimas de operación, se requiere de un alza en los precios de la carne superior al precio base utilizado, para obtener la producción física máxima ( $Y_a$ ) con máximo beneficio (IN), tanto para el precio base de los alimentos, como de

éstos con un alza de 19,6; 22,9 y 15,9%, para heno, urea y afrecho de raps, respectivamente. Se requiere incrementar el nivel de heno y sustitución nitrogenada en la ración, y una mayor producción, cuando los precios de dichos ingredientes bajan en relación al precio de la carne. Es necesario, además, un mayor uso de un insumo (heno o urea) cuando su precio decrece, en relación a los precios de la carne. También

se requiere un mayor beneficio (IN) cuando los precios de los alimentos declinan en relación al precio producto.

Comparando las condiciones óptimas de operación biológica y económica, ellas no coinciden en las cantidades de insumos ni producto. Para cualquier nivel de precio utilizado, los incrementos de peso son inferiores (Cuadro 4) a los obtenidos en la evaluación biológica (producción física máxima). En general, las condiciones óptimas dependen de las razones de precios de insumos y producto, y no del nivel absoluto de los precios individuales (Dillon, 1967).

El análisis de sensibilidad indicó que una variación de 23,89% en el precio de la carne, permite un 1,48; 1,92 y -1,04% de incremento en el uso de heno, urea y afrecho de raps, respectivamente (Cuadro 5).

Una comparación del costo de la proteína total (P. T.) que proporcionan los alimentos, indica que la adquisición de 1,0 kg de P.T., en la forma de urea, es 6,64 veces inferior al costo de adquirirla como afrecho de raps.

### CUADRO 5. Análisis de sensibilidad a la variación del precio de la carne

TABLE 5. A sensibility analysis to changes in meat price

	Precio superior de la carne, \$70,00/kg: 23,89%	Precio inferior de la carne, \$41,00/kg: -27,43%
Aumentos:		
heno, %	1,48	- 2,54
afrecho de raps, %	- 1,04	- 0,23
urea, %	1,92	0,00
Sensibilidad:		
heno	0,06 (0,82)	0,09 (- 0,71)
afrecho de raps	- 0,04 (0,66)	0,01 (- 0,58)
urea	0,08 (0,96)	0,00 (- 0,83)

( ) = considera el alza de alimentos 1982-1983 de los meses de ensayo, expresada en moneda de septiembre de 1983.

## RESUMEN

Durante 104 días de la época invernal, en la Subestación Experimental Humán (INIA), se efectuó un ensayo con 78 novillos Holando Europeo, de 420 kg de peso vivo inicial y 23 meses de edad, para evaluar el efecto de la inclusión de heno y urea en raciones basadas en coseta húmeda *ad libitum* y afrecho de raps. Se incluyeron 5 niveles de heno de trébol rosado ( $X_1 = 0,00; 0,25; 0,50; 1,00$  y  $1,50$  kg/100 kg P.V.) y cinco niveles de sustitución de afrecho de raps por urea ( $X_2 = 0; 25; 50; 75$  y  $100\%$ ). Se empleó un diseño central compuesto, con 4 tratamientos extras para incluir el testigo, lo que dio origen a 13 tratamientos con 6 repeticiones animales. Los resultados se analizaron como funciones de producción, calculándose las respectivas ecuaciones.

El tratamiento coseta húmeda y 100% de urea proporcionó las menores ganancias de peso (0,10 kg/novillo/día); en cambio, el nivel de 25% de sustitución de afrecho de raps y 1,0 kg de heno/100 kg P.V./día, produjo 1,0 kg/an./día. Considerando sólo el nivel de heno, la eficiencia de conversión de la proteína fue superior en los tratamientos con 0,50 y 1,00 kg de

heno/100 kg P.V.; independientemente al nivel de heno, las raciones más eficientes fueron las que incluyeron 25% de urea. La ración que incluía 1,00 kg de heno y 50% de urea, mostró el mejor valor en eficiencia de conversión proteica. La mayor eficiencia estimada de conversión de la energía la presentó la ración 1,00 kg de heno/100 kg P.V./día, combinada con 50% de urea.

La producción física máxima fue de 1,044 kg P.V./an./día, cuando la ración estuvo formada por 1,03 kg de heno/100 kg P.V. y un 41,7% de sustitución de afrecho de raps por urea. En cambio, el beneficio económico máximo se presentó con 0,946 kg de heno/100 kg P.V. y 36,1% de sustitución nitrogenada, con incrementos de peso de 1,040 kg P.V./an./día y un ingreso neto de \$45,03/an./día.

Un análisis de sensibilidad indicó que un alza en el precio de la carne del orden de 23,89% permite un 1,48% de incremento en el uso de heno y un 1,92% en el uso de urea.

## LITERATURA CITADA

- 
- ANDERSON, J.R. and DILLON, J.L. 1969. A comparison of response surface and factorial designs in agricultural research: comment. *Rev. Mktg. Agric. Econ.*, Sydney 37: 130–133.
- BONILLA, W.; KLEE, G. y RUIZ, I. 1983. Niveles de heno y coseta húmeda en la alimentación invernal de vacas en lactancia. *Agricultura Técnica (Chile)* 43(3): 217–221.
- BORQUEZ, F. 1977. Factores que afectan la utilización de la urea y formas de proporcionarla. *Avances en Producción Animal, Chile*, 2(2): 59–69.
- CHALUPA, W. 1968. Problems in feeding urea to ruminants. *J. Ani. Sci.* 27: 207–219.
- DILLON, J. 1967. Análisis Económico de Respuesta en Cultivos y Pecuarios. Ed. del Pacífico, Santiago, Chile. p:43–74.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1970. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 4 ed. rev. Washington, D.C., National Academy of Sciences. Nº 4. 55 p.
- OLTJEN, R. 1969. Effects of feeding ruminants non-protein nitrogen as the only nitrogen source. *J. Ani. Sci.* 28: 673.
- RUILOBA, M. y RUIZ, M. 1978. Producción de carne durante la época seca a base de subproductos. I. Niveles de proteína suplementaria y melaza. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP). *Ciencia Agropecuaria*. Número 1: 59–76.