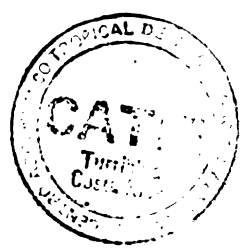


CENTRO INTERAMERICANO DE DOCUMENTACION
INFORMACION Y COMUNICACION AGRICOLA
24 JUL 1981
CIDIA — TURRIALBA COSTA RICA

**UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS Y AGROINDUSTRIALES
PARA LA ALIMENTACION DE RUMIANTES**

✓
Arnoldo Ruiz Valverde

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CATIE**



**Turrialba, Costa Rica
1981**

1. Introducción

Mientras que en el campo agrícola se han logrado grandes adelantos para aumentar la producción calórica de cultivos que conforman la dieta del hombre, lo mismo no ha sucedido en el campo de producción de proteínas, principalmente las proteínas de origen animal. De hecho, se ha llegado a cuestionar el papel que en el futuro desempeñará el rumiante, considerando su baja conversión de alimentos su posible competencia por recursos alimenticios y por la utilización de tierras que cultivadas producirían mayor cantidad de alimentos.

Si bien es cierto que el rumiante es un pobre convertidor de alimentos, es ilógico compararlo con otras especies en términos de cantidad de alimento requerido para producir una unidad de producto. Siendo la producción de proteína de alto valor biológico, la única justificación para la existencia de la industria animal, lo más lógico sería el comparar especies en términos de su conversión proteica. Desde este punto de vista, la situación es completamente opuesta a la que se presenta cuando se considera la tradicional conversión alimenticia, encontrándose que los rumiantes producen proteína (leche y carne) con una eficiencia aproximadamente el doble de la de los no rumiantes (8).

La ventaja del rumiante en la producción de proteína, radica en su habilidad de utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) para satisfacer más de las 2/3 partes de su requisito proteico. Otra ventaja del rumiante es su capacidad de utilizar energía derivada de las partes fibrosas de la planta (celulosa). Estas características intrínsecas del rumiante le permiten producir a base de recursos que no son utilizados por los monogástricos. En resumen se puede decir que en el futuro, la producción con rumiantes se caracterizará por la conversión de fuentes de proteína de baja calidad y de recursos no utilizables por el hombre en proteína de alto valor biológico y gran aceptación por los humanos.

Trabajo a ser presentado en la Primera Conferencia Nacional de Producción Animal. Asociación Costarricense de Zootecnistas. Heredia, Costa Rica. 18 y 19 de Julio, 1981.

2. Uso de la caña de azúcar como alimento de rumiantes

Mientras que en los países tropicales se envidia la capacidad de los países templados para producir excedentes de granos y cereales, que luego son utilizados en la alimentación animal, se olvida que el trópico cuenta con el capturador y almacenador de energía más eficiente del mundo. La caña de azúcar es el cultivo más eficiente en capturar radiación solar y convertirla en carbohidratos. Rendimientos superiores a las 100 TM/ha/año no son sorprendentes, llegándose a calcular que la caña puede soportar hasta 20 animales/ha. Los posibles usos de la caña de azúcar en la alimentación animal se pueden dividir en dos categorías: a) uso de residuos resultantes de la industria azucarera y, b) el uso de la caña integral.

2.1 Características

La composición química de la caña de azúcar se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de la caña de azúcar

	Entera ^{a/} 10 meses	Tallo ^{b/} 8 y 6 meses		Puntas ^{c/}
Materia seca, %	25.7	20.5	22.2	25.9
Proteína Cruda, %	2.3	4.3	2.9	3.8
Pared celular, %	52.7	61.1	54.1	72.0
Lignina, %	6.3	6.2	5.4	6.1
Sílice, %		2.0	1.1	2.3
E.L.N., %	64.0	61.4	67.8	54.2
Digestibilidad in vitro, %	56.6(MO)	57.5	70.5	62.0

^{a/} Pate y Coleman (25)

^{b/} Banda y Valdez (4)

^{c/} Johnson y Pezo (19)

Desde el punto de vista nutricional, la caña de azúcar presenta características diferenciales con respecto a las gramíneas. Estas características están principalmente relacionadas con el proceso de maduración, durante el cual, y en contraste con lo que sucede con los pastos tropicales, se produce una reducción en el contenido de fibra, un aumento en la cantidad de azúcares y un aumento en la digestibilidad de la materia seca (4). Esto implica que la caña de azúcar puede permanecer en pie durante mucho tiempo, sin que pierda su valor nutritivo, característica que identifica a la caña de azúcar como un forraje estratégico para la época seca.

No todo son puntos a favor de la caña de azúcar. Entre los factores nutricionales, que de acuerdo a su composición química (Cuadro 1), podrían limitar su uso como alimento de ganado se encuentra el bajo contenido de proteína (aproximadamente 3 por ciento), que no permitiría un consumo adecuado de alimentos y, por consiguiente, la respuesta animal sería baja.

2.2 Consumo voluntario de caña

Con el propósito de subsanar la deficiencia de proteína de la caña, se ha utilizado urea como fuente de proteína suplementaria en animales que consumían tallo de caña picado (11). Un resumen de los resultados obtenidos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Consumo voluntario y digestibilidad del tallo de caña suplementado con urea.

	Urea g/kg de caña fresca			
	0	10	13	16
Digestibilidad, % MS	66.5	68.9	67.8	71.6
Consumo, kg MS/100 kg PV	1.0	1.1	1.0	1.0

Fuente: Ferreiro, et al. (11).

Según los datos del Cuadro 2, la suplementación con urea tiene un efecto positivo (aunque no significativo) sobre la digestibilidad del tallo. Sin embargo, no se encontró ningún efecto sobre el consumo voluntario del mismo, indicando que además del bajo tenor proteico de la caña, existen otros factores que están afectando su consumo voluntario.

Como primera medida se pensó en que la presencia de una corteza dura y altamente lignificada podría estar limitando el consumo voluntario. Con el fin de comprobar esta hipótesis, en Barbados (26) se utilizó una descortezadora de caña, la cual molía la médula hasta dejarla semejante al aserrín húmedo. Esta caña descortezada (comfith) suplementada con proteína (60 por ciento proveniente de urea) y puntas molidas, fue utilizada con gran éxito, reportándose ganancias de peso de alrededor de 1 kg diario (18, 26). El efecto del descortezado también ha sido estudiado en México (22) y República Dominicana (27), encontrándose los resultados que se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Digestibilidad, °Brix y consumo voluntario de las diferentes fracciones de la caña de azúcar^{a/}

	Digest. %	°Brix	Consumo/100 kg PV
Corteza	59.6	40.3	1.9
Tallo descortezado	71.3	60.7	2.0
Puntas	61.5	37.4	2.8
Caña integral	60.3	48.1	2.3

^{a/} Todas las raciones incluían 50 ml de una solución de melaza y urea/kg de caña fresca.

Fuente: Preston (27).

Efectivamente, el descortezado del tallo produce un aumento en la digestibilidad del material obtenido; sin embargo, esto no se traduce en un mayor consumo de alimentos. Interesante es el hecho de que la corteza, a pesar de tener una digestibilidad similar a la de las puntas y a la de la caña integral, no permite consumos tan altos como las dos fracciones mencionadas, notándose también que los mayores consumos de alimento se obtuvieron cuando el material ofrecido incluía las puntas. Esto indica la necesidad de una fuente de fibras largas, que promueva el funcionamiento normal del rumen.

El efecto estimulante de las puntas sobre el consumo voluntario de caña, ha sido demostrado por Ferreiro y Preston (12), quienes encontraron que la adición de puntas en proporción de 25:75 (puntas:tallo) permite un aumento de 15 por ciento en el consumo total de caña, independientemente de si el tallo es picado o descortezado. En este mismo trabajo (12) se logró determinar que a pesar de que la adición de puntas reduce la digestibilidad de la ración total, el mayor consumo de MS que realiza el animal, más que compensa dicha disminución, dejando un saldo positivo en el consumo de materia seca digestible.

Otra forma en la que se ha tratado de promover el consumo del tallo de caña ha sido a través de el picado o molido del mismo. A este respecto se ha encontrado que el picar o moler la caña en partículas de 2 a 4 mm no provoca cambios en el consumo ni en la digestibilidad, cuando se compara con el picado a 20 mm (23). Ahora bien, en trabajos realizados en Turrialba^{1/}, utilizando rastrojo de maíz, el picado de dicho material hasta un tamaño de partícula de 2 cm provocó un aumento en el consumo de rastrojo del 15 por ciento en comparación con el picado a 10 cm. Como es de esperar que resultados similares se obtengan con la caña, se recomienda picarla en partículas de 2 cm.

^{1/} Danilo Pezo, comunicación personal.

2.3 Producción de carne a base de caña de azúcar

Un hallazgo importante relacionado con el uso de la caña de azúcar fue el efecto estimulante que ejerce la pulidura de arroz sobre el consumo de alimentos. Según se puede notar en el Cuadro 4, la adición de niveles crecientes de pulidura de arroz no solo mejora el consumo de alimentos, sino que también mejora la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia. (20).

Cuadro 4. Efecto de la pulidura de arroz sobre el comportamiento de animales alimentados con caña integral.

	Pulidura de arroz, g/día				
	400	600	800	1000	1200
Peso inicial, kg	289	283	292	291	291
Consumo, kg/día					
caña fresca	13.4	13.6	14.2	14.9	15.0
MS/100 kg PV	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2
Ganancia, g/día	90	230	366	585.0	645.0
Conversión, kg MS/kg peso	55.9	63.4	42.1	14.8	14.2

Todos los tratamientos recibieron a discreción una solución de melaza y urea al 10%

Fuente: López et al (20).

La explicación a estos resultados radica en los requisitos de glucosa y proteína sobrepasante del rumiante. Antiguamente se creía que el rumiante tenía requisitos muy bajos de glucosa y proteína sobrepasante, los cuales eran fácilmente suplidos con los productos finales de fermentación. Sin embargo, de acuerdo con trabajos recientes realizados por Orskov, citado por Preston (27), el requisito de proteína de los rumiantes varía grandemente dependiendo del nivel de producción en que se encuentren, y que en comparación con el potencial

de síntesis del rumen, únicamente se podrían cubrir los requisitos para mantenimiento, crecimiento lento, última etapa de la lactancia y primeros estadios de preñez. Aunque no se cuenta con información precisa acerca de la salida de glucosa o sus precursores del rumen, es de esperarse que también exista una deficiencia de glucosa para satisfacer los requisitos de una alta producción (27).

Esta situación no sería problema si la dieta del rumiante estuviese constituida por ingredientes ricos en proteína verdadera y almidón, los cuales podrían estar escapando a la fermentación ruminal, siendo más eficientemente utilizados a nivel intestinal. La situación no es así en el caso de dietas a base de caña de azúcar y urea, en las que la cantidad de proteína verdadera que puede escapar a la fermentación ruminal es mínima, y el almidón completamente ausente. Bajo estas condiciones, la respuesta de los animales va a estar dictada en gran medida por la naturaleza de los suplementos utilizados, y es por ello que la pulidura de arroz mejora el comportamiento de los animales. La pulidura no sólo está promoviendo un mayor consumo de alimentos, sino que también constituye una fuente de proteína y almidón sobrepasantes, todo lo cual redundando en una mejor respuesta animal.

A pesar del mayor consumo y la mejor ganancia de peso logrados a través de la suplementación con pulidura de arroz, la conversión de alimentos a carne es poco eficiente. Con el fin de determinar el papel que la urea puede jugar en dietas basadas en caña integral picada, se realizó un trabajo (2) en el que se ofreció diferentes cantidades de urea suplementaria (Cuadro 5).

Los resultados de este trabajo claramente muestran que la pulidura de arroz por si sola no es capaz de sostener una producción adecuada, y a la vez, resaltan el papel fundamental que juega la urea en promover una mayor ganancia diaria de peso y en mejorar la conversión de alimentos.

Cuadro 5. Efecto de la cantidad de urea suplementaria sobre el comportamiento de animales alimentados con caña integral^{a/}

	Urea, g/kg de caña fresca				
	0	3.75	7.50	11.25	15.0
Peso inicial, kg	195	189	195	191	188
Consumo, kg/día					
caña fresca	9.05	11.8	14.5	14.6	15.0
melaza	0.35	0.46	0.55	0.56	0.58
urea	-	0.05	0.11	0.17	0.23
MS/100 kg PV	2.00	2.3	2.5	2.5	2.7
Ganancia, g/día	9	365	479	558	586
Conversión, kg MS/kg peso	429	13.1	11.8	10.4	10.3

^{a/} Todos los animales recibieron 1 kg de pulidura de arroz.

Fuente: Alvarez y Preston (2).

3. Uso de la punta de caña como alimentos de rumiantes.

La punta de caña, a pesar de su abundancia (30 por ciento de la planta cosechada), es un material que tradicionalmente se pierde en el campo, a excepción de una pequeña proporción que es utilizada en la alimentación de bueyes y otros animales de trabajo.

3.1 Aprovechamiento por el animal

Son pocos los trabajos que se han realizado utilizando punta de caña como base de la alimentación del rumiante. Sin embargo, se ha logrado determinar que cuando este material se utiliza como único alimento, solamente permite mantener peso y, en el mejor de los casos, produce ganancias cercanas a los 250 g/día

(6, 24). La razón de este comportamiento radica en el bajo contenido de proteína del material, lo que ha sido comprobado en varios trabajos (6, 7, 14 y 15), en los que consistentemente se ha encontrado una respuesta favorable a la suplementación con proteína.

El uso de la punta de caña en la producción de carne ha sido estudiado en detalle por Armendariz (3). Este investigador comparó el efecto de diferentes cantidades de melaza suplementaria sobre el comportamiento de novillos alimentados con dietas a base de punta de caña, en las cuales el consumo de proteína se mantuvo constante (350 g PC/100 kg PV). Los resultados de este trabajo indican que el animal, en presencia de una fuente de proteína suplementaria, acepta sin problemas la punta de caña (Figura 1), realizando consumos de aproximadamente 2.3 kg de MS/100 kg PV. La melaza por su parte, tiene un efecto negativo sobre el consumo de punta, el cual tiende a disminuir conforme aumenta la cantidad de melaza ofrecida al animal (Figura 1), indicando la presencia de un efecto sustitutivo entre estos dos alimentos.

Considerando el consumo total de alimentos (Figura 2), se notó que éste tiende a disminuir con niveles bajos de melaza, para luego aumentar rápidamente con niveles mayores de suplementación. Dado que estos resultados no se podían explicar por un mero efecto de sustitución, se realizó una prueba de digestibilidad in vivo (30), aplicando los mismos tratamientos utilizados por Armendariz (3), obteniéndose los resultados que se presentan en el Cuadro 6.

Al igual que en el trabajo de Armendariz (3), se encontró que el consumo de punta de caña tiende a disminuir conforme aumenta la cantidad de melaza que se suplementa (Cuadro 6), y que el mayor consumo del suplemento compensa la disminución en el consumo de puntas, lográndose así, mayores consumos de MS. Este comportamiento fue asociado con la digestibilidad de la ración total, notándose que la digestibilidad del alimento consumido tiende a disminuir con

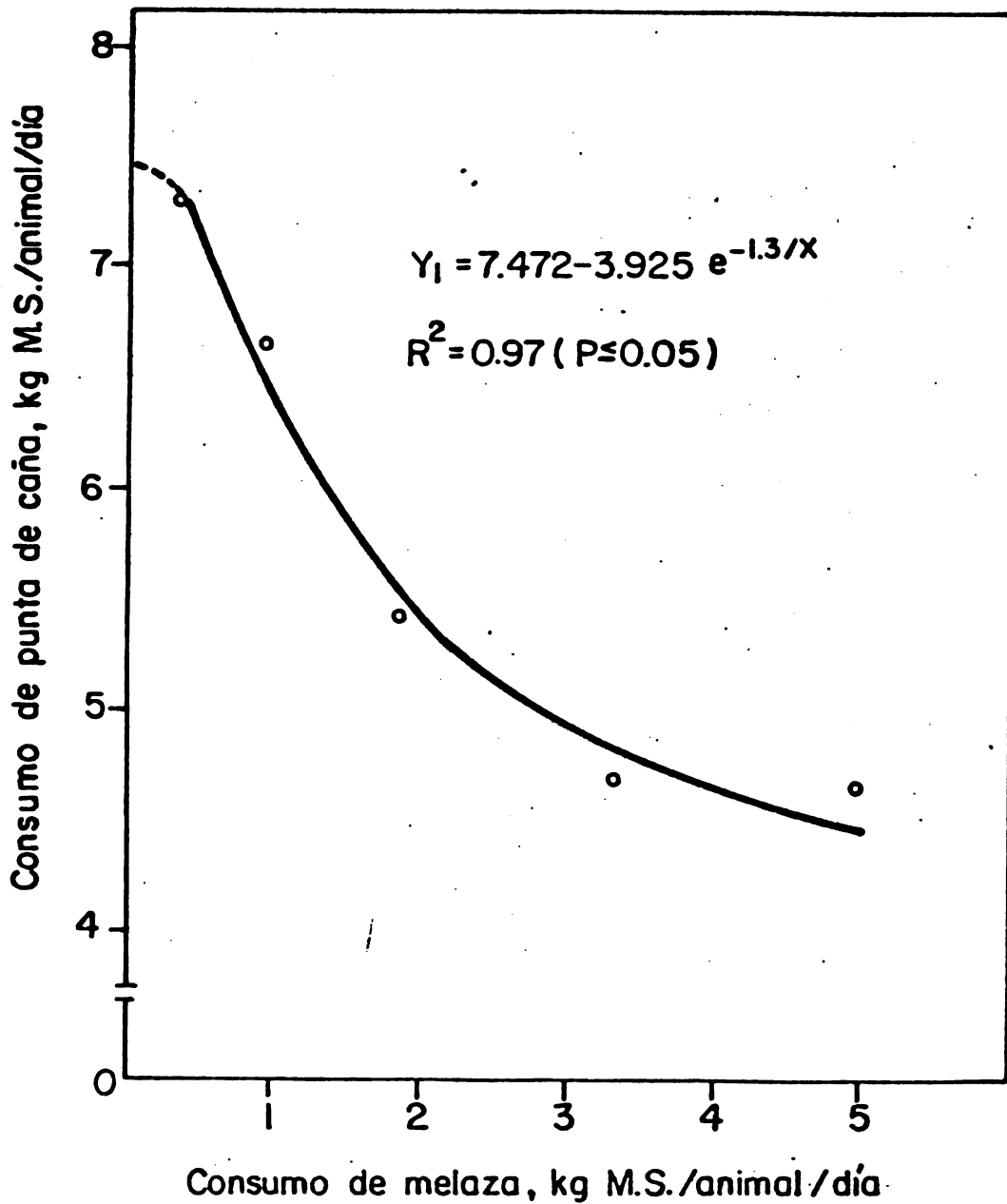


FIG.1 EFECTO DEL NIVEL DE MELAZA (X) SOBRE EL CONSUMO DE PUNTA DE CAÑA (Y_t)
FUENTE : Armendariz (3)

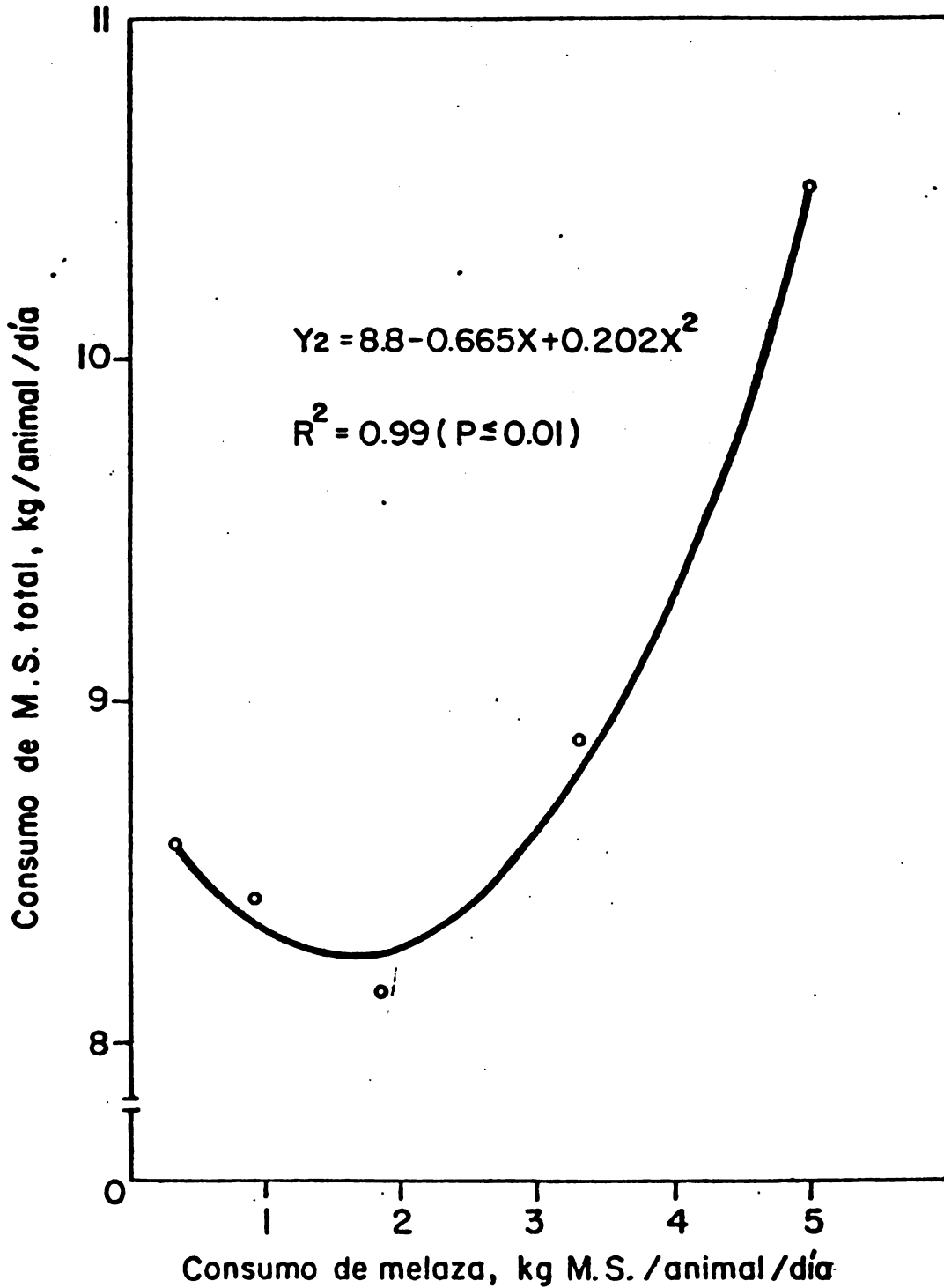


FIG.2 EFECTO DEL NIVEL DE MELAZA (X) SOBRE EL CONSUMO TOTAL DE MATERIA SECA (Y2)
FUENTE: Armendariz(3)

aumentos en el nivel de melaza, y que los cambios más drásticos suceden con los niveles más bajos de suplementación. Considerando la digestibilidad de los otros ingredientes constante en todos los tratamientos (Cuadro 6), se encontró que la disminución en la digestibilidad de la MS total es consecuencia, principalmente, de una menor digestión de la punta de caña, lo cual fue directamente correlacionado con el consumo de la misma (30).

Cuadro 6. Consumo y digestibilidad de dietas a base de punta de caña suplementada con melaza.

Tratamiento ^{a/}	Consumo, kg MS/100 kg		Digestibilidad, % MS	
	Total	Puntas	Ración	Puntas ^{b/}
0.05	3.01	2.83	70.9	69.3
0.15	3.09	2.87	67.4	65.7
0.44	3.21	2.87	64.2	60.4
0.84	3.24	2.47	63.7	57.7
1.40	3.48	2.38	63.7	50.0
2.14	3.55	1.93	63.7	40.4

^{a/} kg de melaza fresca/100 kg PV

^{b/} Calculada por diferencia, suponiendo digestibilidades de 91, 100 y 81% para melaza, urea y harina de carne respectivamente.

Fuente: Ruiz y Aragón (30).

La explicación a estos resultados se basa en el conocimiento de que la digestibilidad de la fibra en la ración es afectada negativamente por el consumo de alimentos ricos en almidones y/o azúcares (21). Esta disminución en la digestibilidad de la fibra es consecuencia de cambios en la composición de la población microbiana del rumen, haciéndola menos eficiente en su actividad celulolítica. En el caso particular de la punta de caña, esto implicaría que su velocidad de paso a través del rumen sería afectada, aumentando

su tiempo de retención y disminuyendo su consumo.

Asociado al mayor consumo de alimentos se encontró que, según se puede apreciar en la Figura 3, la ganancia de peso de los animales alimentados con punta de caña aumenta conforme aumenta la cantidad de melaza que se ofrece al animal (3), registrándose ganancias superiores a 1.0 kg/animal/día. Dado que el consumo de proteína se mantuvo constante en todos los tratamientos, la mejor ganancia de peso es resultado de un mayor consumo de energía metabolizable.

3.2 Determinación del sistema óptimo para la engorda de novillos con punta de caña.

La importancia práctica de establecer funciones matemáticas que describan las relaciones insumo/insumo e insumo/producto, radica no solamente en su valor predictivo, sino también en su utilidad para determinar el sistema de alimentación que ante cualquier precio produce el máximo beneficio económico.

Para el presente caso, el proceso es sumamente sencillo, pues todas las relaciones se establecen en función de una sola variable (melaza), y fácilmente se puede introducir el factor precios en cada una de ellas (Figura 4). Así, el consumo de melaza (Y_2 en Figura 4) es resultado directo de la cantidad de melaza que se ofrece al animal, y matemáticamente se describe según la siguiente función: $Y_2 = -0.34 + 3.62x$. Similarmente, el consumo de los otros ingredientes puede relacionarse con el consumo de melaza. Si a todas estas relaciones se introduce el precio de cada insumo, la sumatoria de todas ellas permitiría calcular los costos de alimentación, que en un sistema de alimentación en confinamiento son los únicos costos que varían (costos variables). Todos los otros costos, que aunque variables en su naturaleza, permanecen constantes en todos los tratamientos, se agrupan con los costos fijos y se les ha denominado K_0 . Por otro lado, la única fuente de ingreso en este tipo de actividad es la ganancia de peso que realizan los animales, la cual, estimada a través de la función respectiva (Y_1 en Figura 4) y multiplicada por el precio de la carne en pie, representa la función de ingreso bruto.

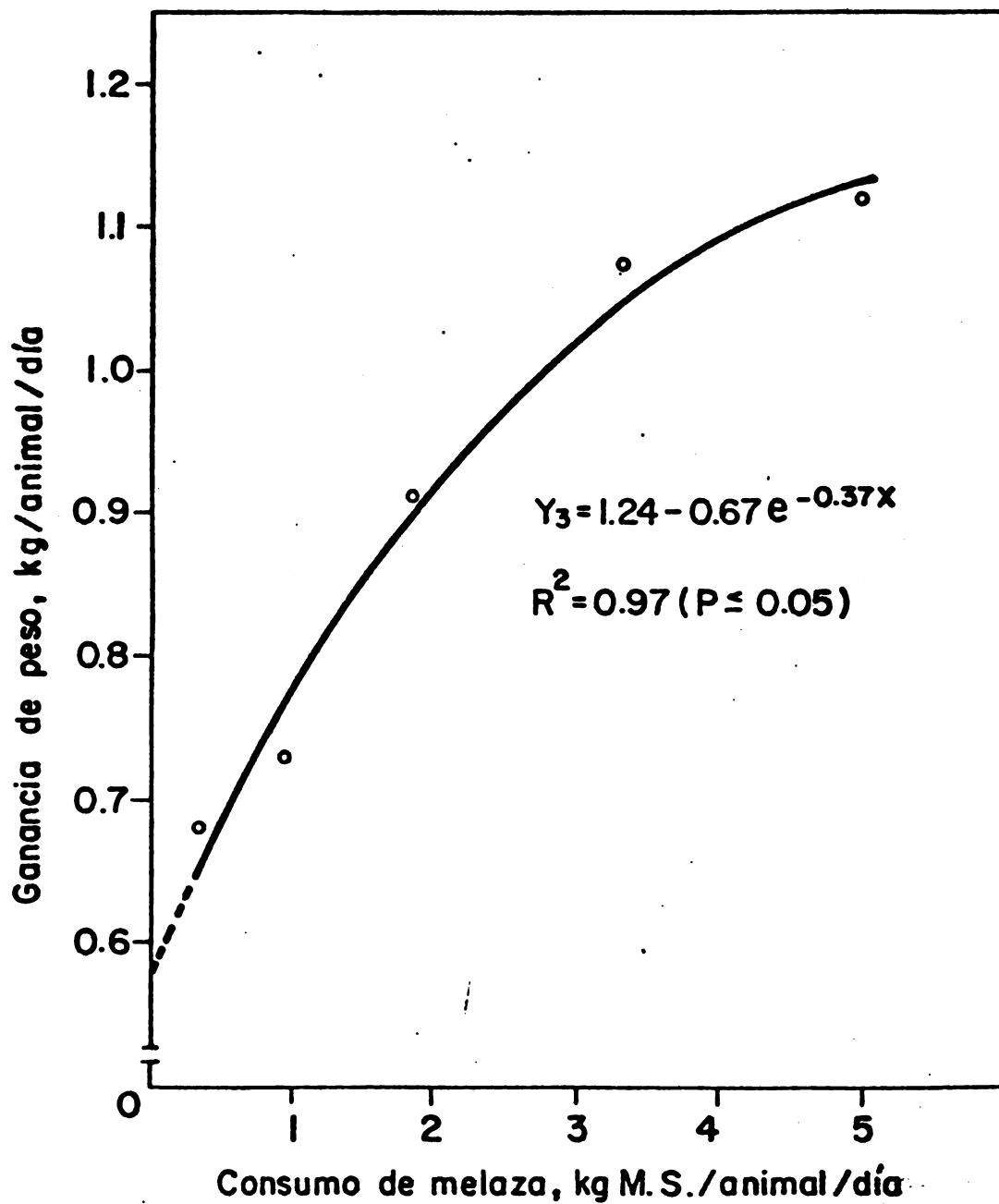


FIG.3 EFECTO DEL NIVEL DE MELAZA (X) SOBRE LA GANANCIA DE PESO (Y₃)

FUENTE : Armendariz (3)

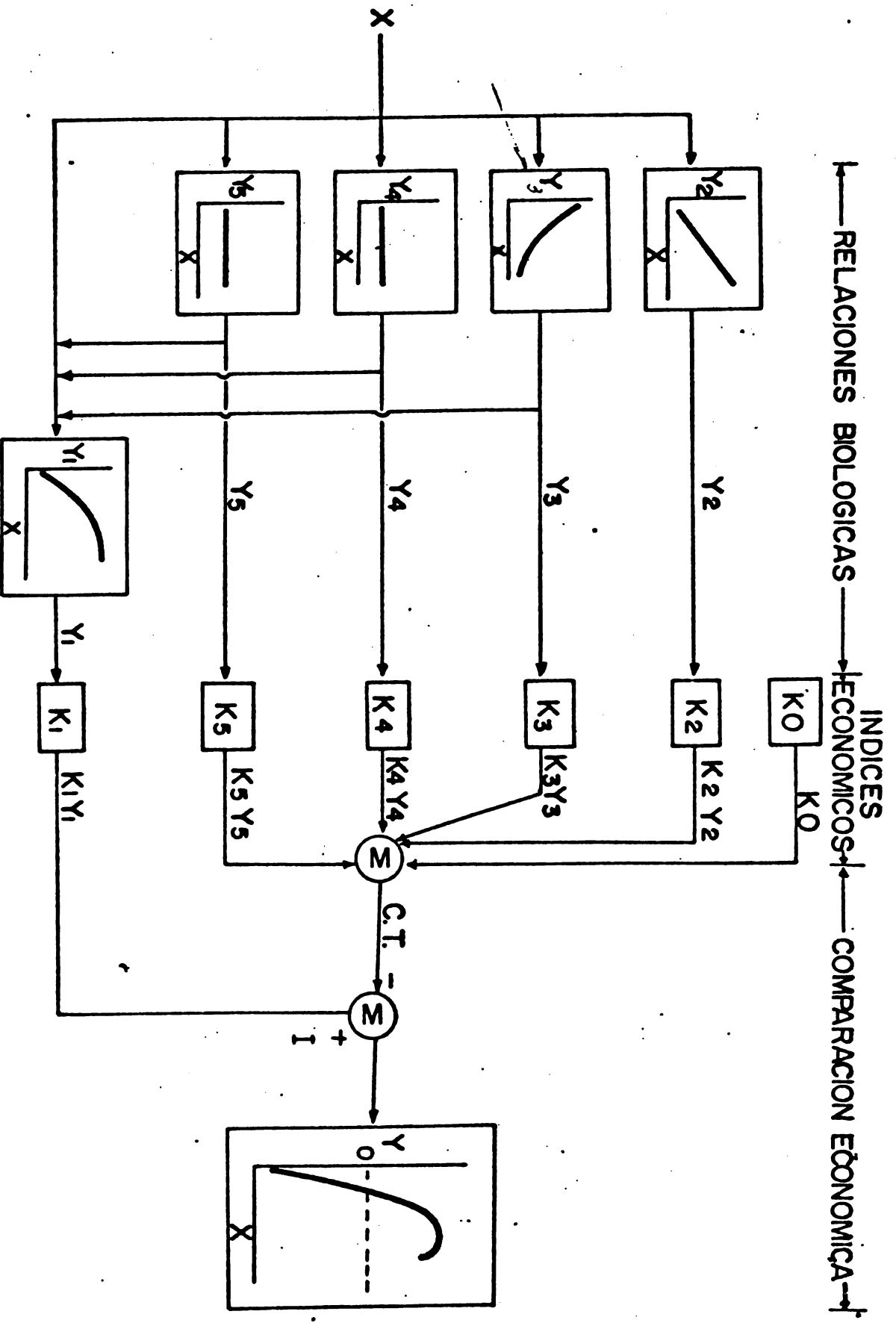


FIG.4 DIAGRAMA REPRESENTANDO LAS CAUSAS Y EFECTOS BIOLÓGICOS Y ECONÓMICOS EN UN SISTEMA DE ALIMENTACION DEPENDIENTE DEL NIVEL DE MELAZA EN CONDICIONES DE CONSUMO AD LIBITUM DE PUNTA DE CAÑA

Sustituyendo los valores obtenidos en la función de ingreso neto, según la cual se sustraen del ingreso bruto todos los costos, la función de ingreso neto para el presente caso estaría representada por la siguiente ecuación:

$$IN = K_1 Y_1 - K_0 - K_2 Y_2 - K_3 Y_3 - K_4 Y_4 - K_5 Y_5$$

donde:

IN = ingreso neto

K_1 = precio de la carne en pie = $\text{¢}010.00/\text{kg}$

Y_1 = ganancia diaria, g/an/día = $0.58 + 0.71x - 0.26x^2$

K_0 = costos fijos/animal/día = $\text{¢}1.02$

K_2 = precio de la melaza = $\text{¢}0.94/\text{kg MS}$

Y_2 = consumo de melaza/kg MS/an/día = $-0.34 + 3.62x$

K_3 = precio de la punta de caña = $\text{¢}0.43/\text{kg MS}$

Y_3 = consumo de punta de caña kg MS/an/día = $7.95 - 5.82x + 2.48x^2$

K_4 = precio de la harina de carne = $\text{¢}5.48/\text{kg MS}$

Y_4 = consumo de harina de carne = 0.647kg MS/an/día

K_5 = precio de la urea = $\text{¢}5.68/\text{kg MS}$

Y_5 = consumo de urea, kg MS/an/día = 0.215

x = cantidad de melaza suplementada, kg MS/an/día

Al obtener la primer derivada de la función de ingreso neto, para luego despejar x , se obtiene una ecuación con la cual se puede calcular el nivel de melaza (x) que produce el máximo ingreso neto. Dicha función, que a continuación se presenta, tiene la particularidad de ser aplicable a precios cambiantes en el mercado, con sólo dar a cada K_n su valor actual.

$$x = \frac{K_1 (0.75) - K_2 (3.62) + K_3 (5.82)}{2 [K_1 (0.26) + K_3 (2.48)]}$$

Con los índices de precios vigentes en Costa Rica y de acuerdo con la función anterior, el nivel de melaza a utilizarse sería de $0.900 \text{ kg de MS/} 100 \text{ kg PV}$, según lo cual el sistema óptimo de alimentación sería el que se

presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Sistema óptimo de alimentación con punta de caña^{a/}

Ingredientes ^{b/}	kg/animal/día	
	Base seca	Al natural
Melaza	2.910	3.880
Punta de caña	4.961	20.671
Harina de carne	0.647	0.710
Urea	0.215	0.215
Sal común	0.029	0.029
Vitaminas y minerales	Según NRC	

^{a/} Peso inicial = 300 kg; Peso final = 450 kg; edad inicial = 2 años.

^{b/} Contenido de MS = melaza = 75%; puntas = 24%, harina de carne = 91%

Ganancia esperada = 1.04 kg/día.

Ingreso neto - ϕ -0.26/animal/día.

4. Uso del banano de desecho como alimento de rumiantes

En Centroamérica, la producción comercial de banano generalmente se realiza con fines de exportación. Como resultado de esta actividad, del 10 al 20 por ciento de la producción de frutos se desecha por no tener la calidad requerida para exportación o por saturación del mercado (5). Esto implica que en el Istmo Centroamericano se desechan entre 428.000 y 857.000 TM de fruto verde (9).

4.1 Composición química del banano de rechazo

El banano verde de rechazo se caracteriza por un alto contenido de humedad y un bajo contenido de proteína cruda (Cuadro 8). Esto indica dos limitantes

para su uso como alimento de ganado; una de ellas, consecuencia del alto contenido de humedad, es la restricción de usar el banano en aquellas áreas cercanas a las empacadoras o en fincas que lo produzcan, pues su transporte a largas distancias resulta caro; la otra es resultado del bajo contenido de PC, que no permitiría una adecuada utilización del banano por parte del rumiante, a menos que se suplemente con alguna fuente de nitrógeno.

Cuadro 8. Composición química del banano verde

Fracción	Rango
Materia seca, %	20,2 - 21,6
Proteína cruda, %	4,5 - 5,8
Azúcares solubles en alcohol (80°), %	1,80
Almidón, %	63,8 - 65,8
Ceniza, %	4,6 - 6,1
Energía metabolizable, Mcal/kg MS	2,96
Fibra cruda, %	3,90

Fuente: (1), (4), (5).

Con base también en su composición química (Cuadro 8), se puede concluir que el potencial del banano, dada su alta concentración calórica y la cantidad de almidón que contiene, radica principalmente como fuente de energía.

4.2 Banano como sustituto del pasto

Con los primeros trabajos se hizo evidente que el banano de desecho no necesita ser picado para que el animal lo consuma.

Utilizando el banano como base de la alimentación, se trabajó con 104 novillos de 166 kg de peso y 15 meses de edad (17), los cuales recibían diferentes niveles de PC y de forraje suplementarios, lográndose los consumos

(kg MS/100 kg PV) que se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Consumo de banano verde.

		Forraje suplementario, g/100 kg PV/día					Promedio
		0	103	350	595	700	
	150			4,63			4,63
PC	231		4,43		4,21		4,32
Suplementaria	425	4,07		3,23		4,56	3,95
g/100 kg PV/día	619		4,45		4,15		4,30
	700			4,23			4,23
Promedios		4,07	4,44	4,03	4,18	4,56	4,22

Fuente: Isidor (17).

Se encontró que los animales aceptan el banano sin problema, llegando a realizar consumos de MS de banano superiores al 4 por ciento de su peso vivo. No se encontró ningún efecto del nivel de PC ni del forraje sobre el consumo de banano, concluyéndose que el contenido de fibra de este material es suficiente para evitar problemas de timpanismo (17).

En contraste a lo sucedido con el consumo, la ganancia diaria de peso sí es afectada por la cantidad de PC que se suplementa, tal cual se presenta en la Figura 5. La suplementación con 150 g de PC/100 kg PV/día permite ganancias de aproximadamente 675 g diarios. Al incrementar la cantidad de proteína suplementaria hasta 600 g/100 kg PV/día, la ganancia diaria de peso sobrepasa los 950 g, con muy poca variación a niveles superiores de suplementación. Cabe destacar en este punto que el forraje no tuvo ningún efecto sobre la ganancia de peso de los animales.

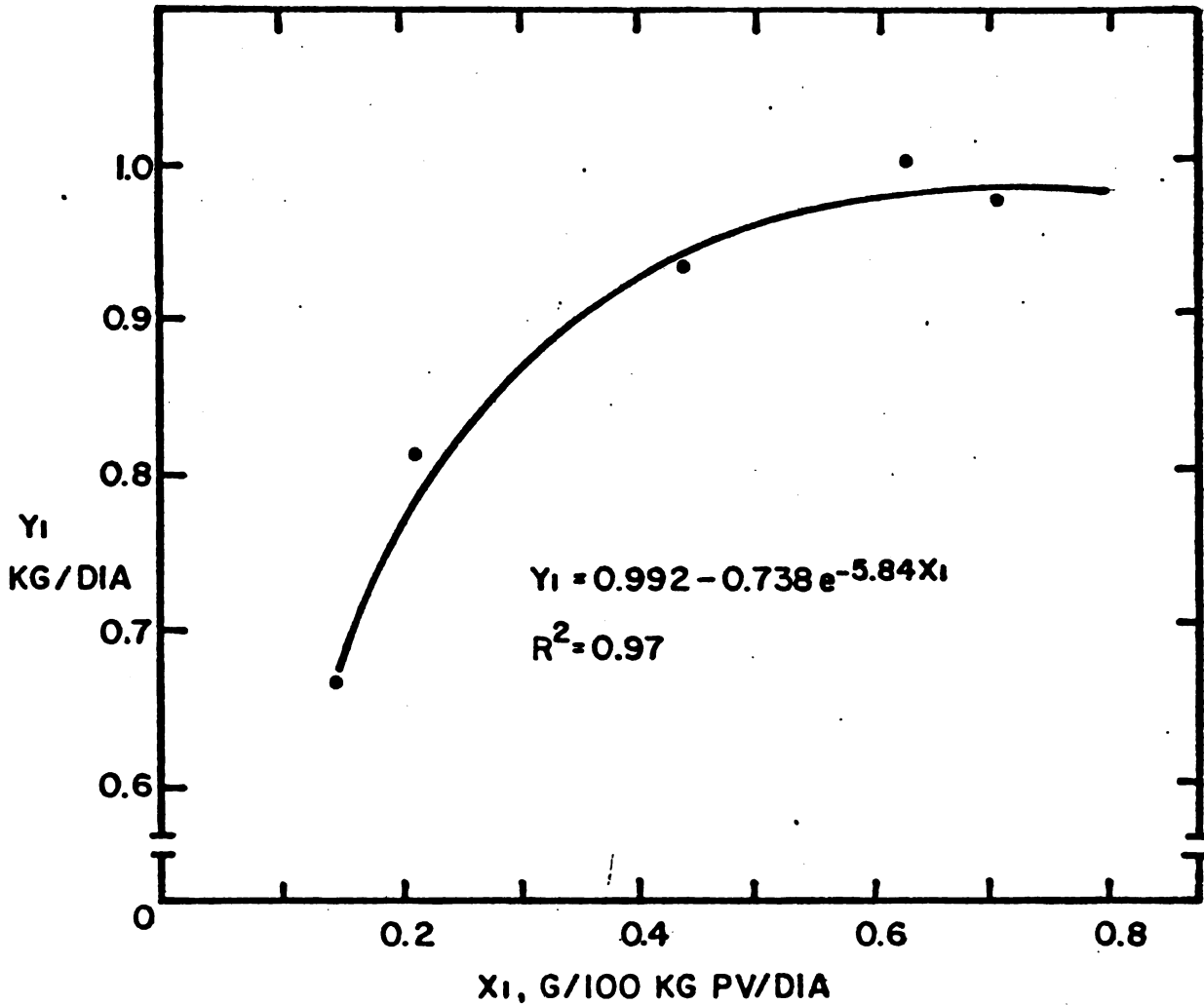


Fig.5 INCREMENTO DIARIO DE PESO(Y_i) EN FUNCION DEL CONSUMO DE PROTEINA CRUDA(X_i)
FUENTE: Isidor (17)

El uso de banano de desecho en combinación con otros subproductos agroindustriales ha sido estudiado por varios investigadores (16, 28, 29). Así, trabajando con gallinaza como fuente de proteína en sustitución de la harina de carne y hueso, y con banano de desecho en sustitución de la melaza, en raciones isoproteicas e isoenergéticas (29), se encontró que la inclusión de banano en la ración mejora la ganancia de peso de los animales según se describe en la Figura 6. Para el caso en que la gallinaza no aporta ninguna cantidad de PC ($X_1 = 0$), el punto donde se obtiene la máxima respuesta al banano (una mejora de 9.16% en la ganancia de peso), corresponde a un nivel en que el banano aporta 23,8 por ciento de la energía metabolizable de la ración. Considerando lo ocurrido con los otros niveles de gallinaza (una fuente de nitrógeno no proteico), se puede observar que tanto la magnitud de la máxima respuesta, como el nivel de banano correspondiente varían en función de la cantidad de nitrógeno que aporta la gallinaza.

El comportamiento de estos animalés puede ser explicado no sólo por una mayor eficiencia de utilización de la energía del banano, sino también por el hecho de que el banano (almidón) promueve una mayor eficiencia de utilización de la proteína de la ración (16), probablemente debido a un aumento en la síntesis de proteína microbiana a partir del nitrógeno de la gallinaza (NNP). A este respecto se ha encontrado que (28) la inclusión de banano en raciones en que la gallinaza aporta 40 por ciento de la PC, causa un aumento en la retención absoluta de nitrógeno, tal y como se presenta en la Figura 7. El efecto benéfico del banano sobre la retención de nitrógeno llegó a un máximo, cuando este representa el 37.5 por ciento de la energía metabolizable total de la ración. Conociendo de que existe una estrecha relación entre la cantidad de nitrógeno retenido y la ganancia de peso, los resultados obtenidos en el trabajo anterior (29) se explican casi totalmente, por el efecto del banano sobre la retención de nitrógeno (28).

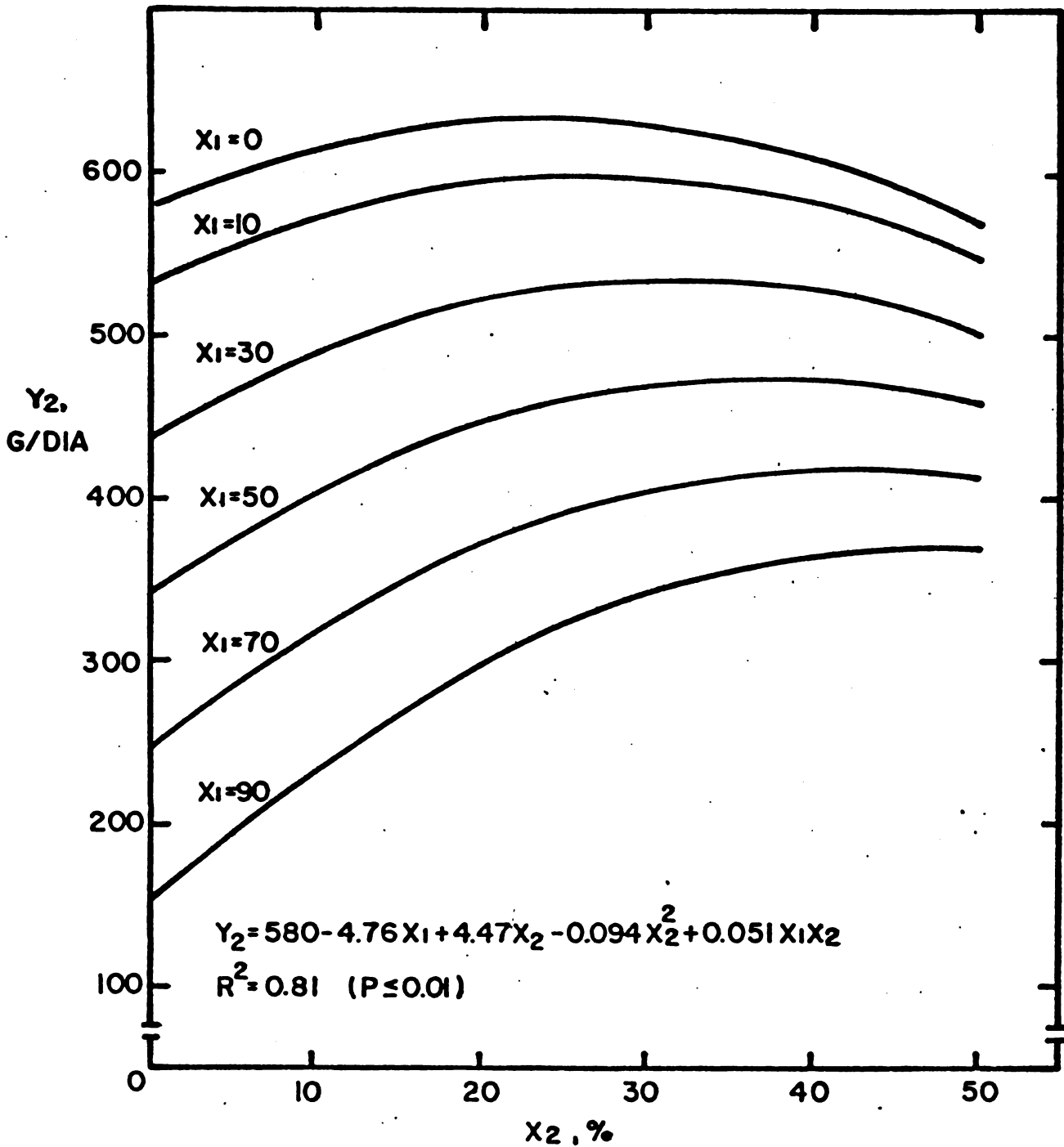


Fig. 6 GANANCIA DE PESO (Y₂) EN FUNCION DE PROPORCION DE LA ENERGIA METABOLIZABLE APORTADA POR EL BANANO (X₂) Y LA PROPORCION DE PROTEINA CRUDA APORTADA POR LA GALLINAZA (X₁)
FUENTE: Ruiz y Ruiz (29)

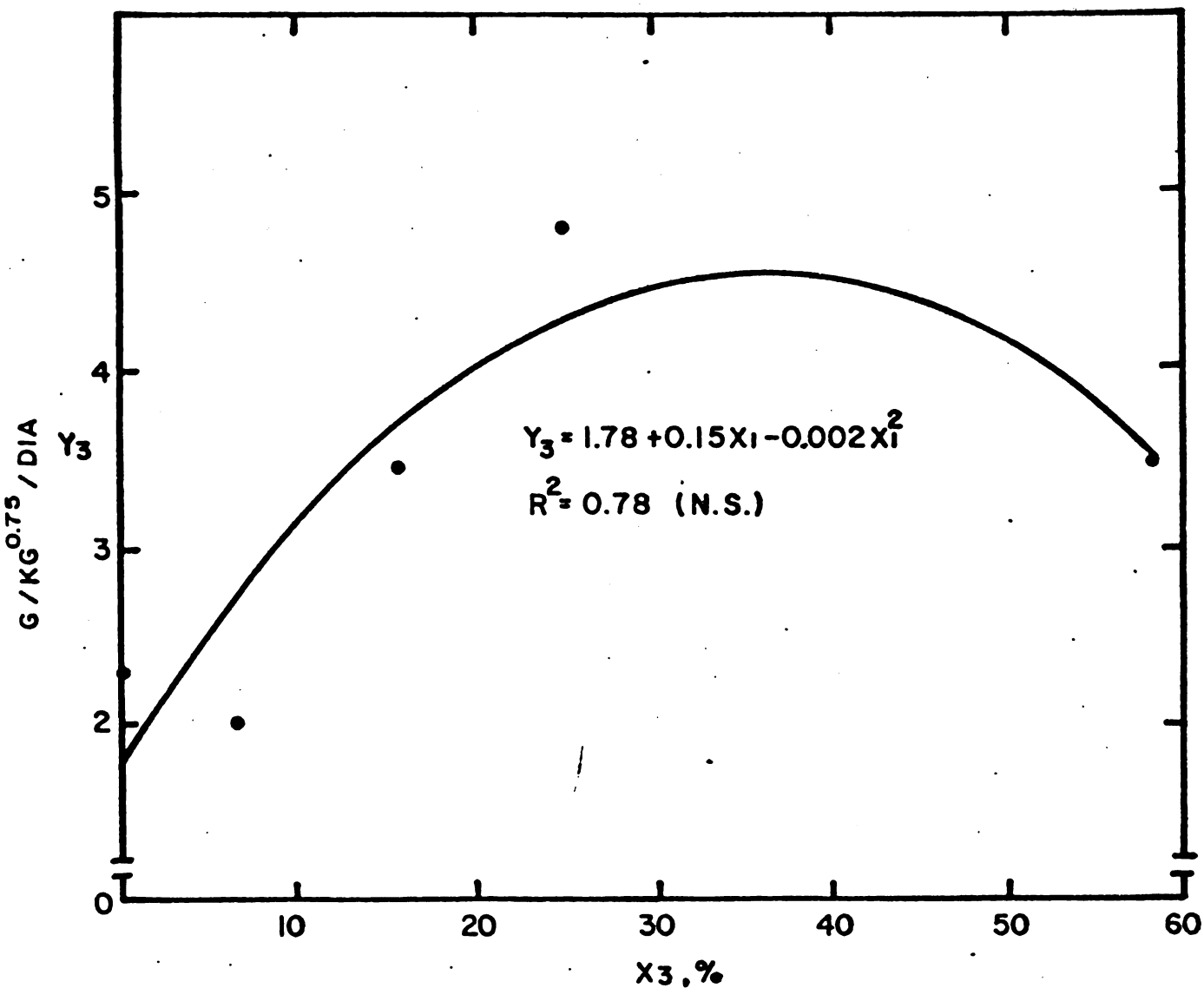


Fig.7 RELACION ENTRE LA RETENCION DE NITROGENO (Y₃) Y LA PROPORCION DE LA ENERGIA METABOLIZABLE APORTADA POR EL BANANO (X₁)
FUENTE: Ruiz y Ruiz (28)

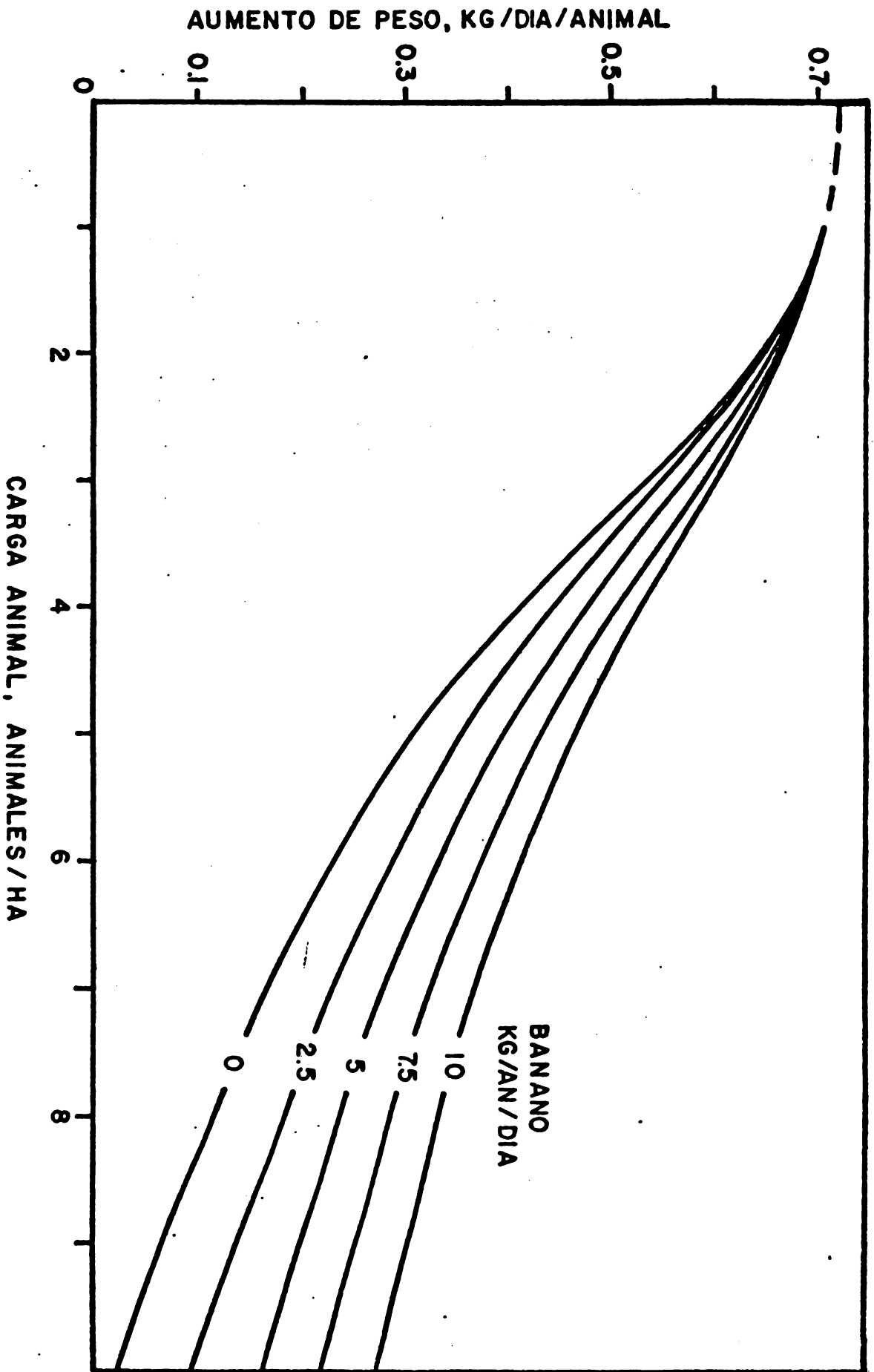
4.3 Banano como suplemento del pasto.

Para la utilización eficiente del banano de desecho en pastoreo, es necesario conocer el efecto que causa sobre la utilización del pasto disponible en el potrero. Con este fin se diseñó un trabajo (32), en el que novillas de 250 kg fueron sometidas a diferentes cargas y a diferentes niveles de suplementación con banano, encontrándose las relaciones que se presentan en la Figura 8.

Como se puede observar, a cargas bajas la suplementación con banano no tiene ningún efecto sobre la ganancia de peso. Esto es debido a que bajo esta situación el animal tiene una amplia disponibilidad de forraje, lo que le permite ejercer selectividad, siendo únicamente el potencial genético del animal el factor que dicta la respuesta obtenida. Al suplementar banano bajo estas condiciones, el animal deja de consumir pasto para consumir banano, lo que se conoce como efecto sustitutivo.

Considerando únicamente la respuesta de los animales que no recibieron banano, se nota que, conforme aumenta la carga la ganancia de peso disminuye. Esto es consecuencia de una progresiva menor disponibilidad de pasto que impide que el animal ejerza su selectividad, y lo obliga a consumir un pasto de menor calidad. Es bajo estas circunstancias en que la suplementación con banano ejerce un efecto positivo sobre la ganancia de peso. La magnitud de este aumento está en función directa de la carga, o sea que, a un nivel dado de suplementación con banano, la respuesta a la suplementación es mayor cuanto mayor sea la carga. Bajo esta situación, la suplementación con banano aporta al animal nutrientes que no puede obtener del pasto que consume, y por consiguiente se dice que el suplemento tiene un efecto aditivo.

La producción de una empresa ganadera, basada en el uso de pasto, no debe medirse en términos de producción por animal, sino en términos de producción por unidad de área. En la Figura 9, se muestra el efecto de la su-



**Fig. 8 EFECTO DE LA CARGA ANIMAL SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE NOVILLAS
CON DIFERENTES NIVELES DE SUPLEMENTACION DE BANANO
FUENTE: Vohnout y Jiménez (32)**

AUMENTO DE PESO, KG/DIA/HA

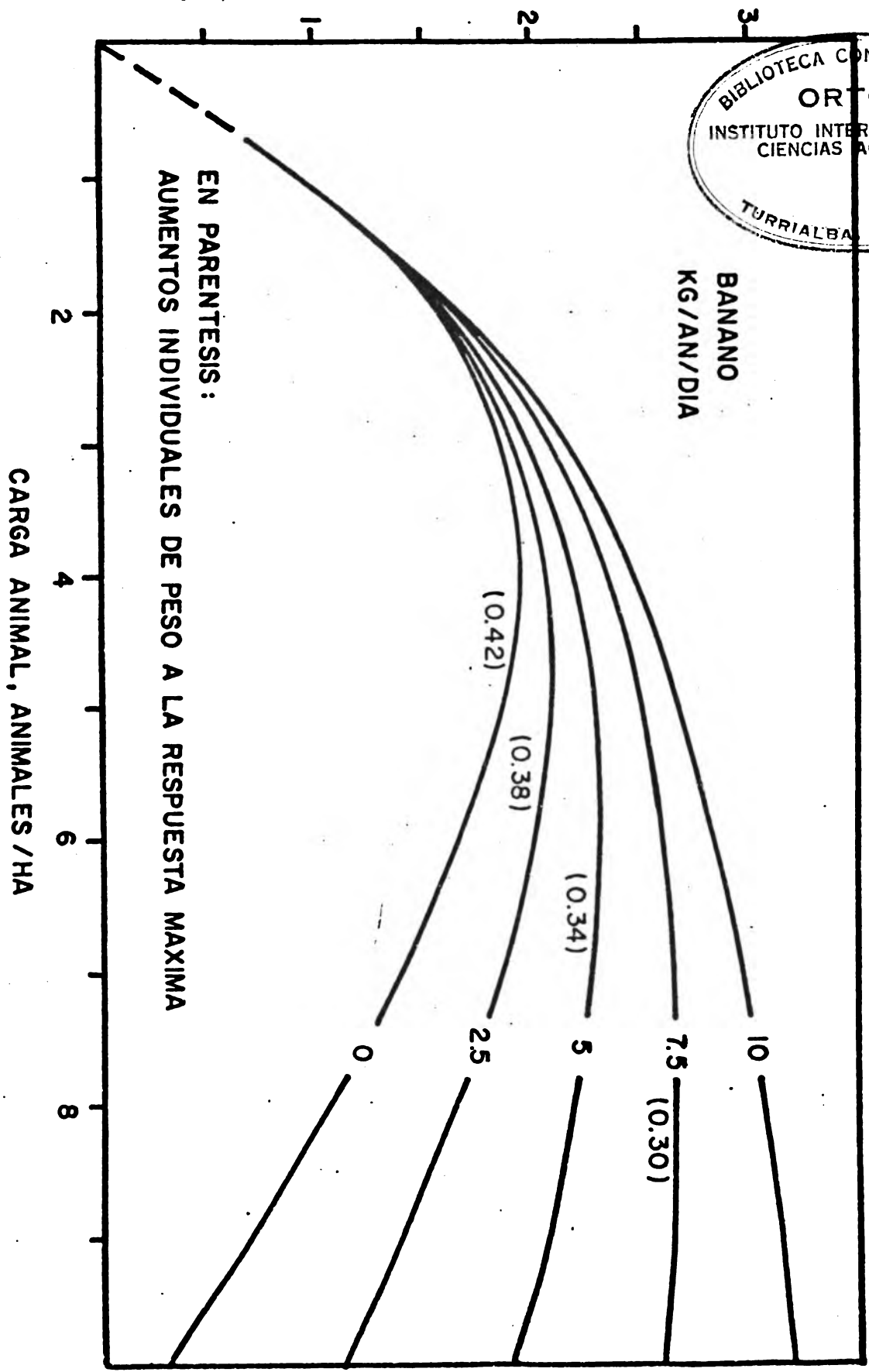


Fig. 9 EFECTO DE LA CARGA ANIMAL Y SUPLEMENTACION CON BANANO EN LA PRODUCCION DE CARNE EN PASTO GUINEA
FUENTE: Vohnout y Jiménez (32)

plementación con banano sobre la producción de carne por hectárea (32). Es claro, que a cargas bajas, la suplementación con banano no tiene ningún efecto sobre la producción por hectárea. Conforme aumenta la carga, la producción por hectárea aumenta hasta un máximo para luego comenzar a decaer. El punto donde se obtiene la máxima producción por hectárea no coincide con la máxima producción por animal, y es modificado por el nivel de banano suplementado. Así cuando no se suplementa, la máxima producción se obtiene con una carga de 4 animales que ganan 420 g diarios; al suplementar con 7,5 kg de banano, la carga que produce la máxima respuesta aumenta a casi 8 animales, los cuales realizan una ganancia de 300 g diarios.

Son pocos los trabajos que se han realizado con banano como suplemento a vacas lecheras en pastoreo. En un trabajo realizado con vacas de mediano potencial lechero (11) se encontró que el suplementar 200 g de MS de banano/100 kg PV/días, aumenta la producción de leche en un 12 por ciento.

5. Comentarios finales

El utilizar residuos y subproductos agroindustriales en la alimentación animal, deriva su razón del hecho que significa el rescate de recursos que no son de utilidad directa para el hombre, convirtiéndolos en alimentos de gran valor. Dadas las condiciones de precios actualmente vigentes en Costa Rica, el basar la producción de carne en el uso exclusivo de estos recursos no es económicamente rentable, siendo el pasto la forma más barata de producir. Sin embargo, la calidad y disponibilidad del pasto a lo largo del año no es constante, y como consecuencia de ello la producción bovina presenta fluctuaciones que concuerdan con la disponibilidad del pasto. Es únicamente durante estas situaciones, en que el pasto limita la producción bovina, que los subproductos y residuos juegan un papel importante.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBA, J. DE. Alimentación del Ganado en América Latina. México D.F., Prensa Médica Mexicana. 1971, 313 p.
2. ALVAREZ, F. J. y PRESTON, T. R. Utilización de la urea en dietas de caña de azúcar: Efecto del nivel. Prod. Anim. Trop. 1(3):210-213. 1976.
3. ARMENDARIZ, V. R. Efecto del nivel de melaza sobre el consumo voluntario y la ganancia de peso en novillos de carne. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 76 p. 1976.
4. BANDA, M. y VALDEZ, R. E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. Trop. Anim. Prod. 1(2):94-97. 1976.
5. CASTRO, A. Investigación sobre la utilización de los rechazos bananeros. 1. Disponibilidad de materia prima y uso actual. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 1974. 66 p.
6. COLMENARES, S. Ceba intensiva de novillos con cogollo de caña y concentrados. Acta Agronómica (Colombia) 10(2):153-168. 1960.
7. DIAZ, H. B., LAGOMARSINO, D., PRETTE, I. R. y GRANEROS, I. E. Ensayo de alimentación de novillos para engorda, a base de caña de azúcar, heno de alfalfa y urea. Revista Agronómica, N. O. (Argentina) 8:295-315. 1971.
8. DONOFER, E. Comfith as an animal feed. Paper presented at the CIDA Seminar on Sugar Cane as a Livestock Feed. Barbados, January 30-31. 1973. 6 p.
9. FAO. Production Yearbook. y. 31. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 1977.
10. FERREIRA, M. y PRESTON, T. R. Effect of different concentrations of urea in final molasses given as a supplement to chopped sugar cane for fattening cattle. Trop. Anim. Prod. 1(2):66-71. 1976.
11. FERREIRO, H. M. et al. Limitaciones dietéticas y raciones basadas en caña de azúcar. Prod. Anim. Trop. 2(1):58-63. 1977.
12. FERREIRO, H. M. y PRESTON, T. R. Digestibilidad y consumo voluntario en tallo de caña descortezado con y sin la adición de puntas. Prod. Anim. Trop. 2(1):93-103. 1977.
13. FERREIRO, H. M. et al. Digestibilidad de tallos y puntas de caña de azúcar madura y tierna. Prod. Anim. Trop. 2(1):104-108. 1977.

14. FRONTERA, A. R., VIÑAS, R. C. y MASCARO, P. M. Alimentación de novillos con despuntes de caña de azúcar. I. Comparación de distintas suplementaciones nitrogenadas. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia (Argentina) 43:1-10. 1971.
15. FRONTERA, A. R. y MASCARA, P. M. Alimentación de novillos con despuntes de caña de azúcar. II. Comparación de distintos niveles de urea. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia (Argentina) 46:1-10. 1972.
16. HERRERA, E. Engorde de vacas de desecho con sub-productos de la caña y diversos niveles de almidón de banano. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 46 p.
17. ISIDOR, M. Efecto de diferentes niveles de proteína, pasto y raquis de banano sobre el crecimiento de novillos con consumo ad libitum de banano. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA 1973. 50 p.
18. JAMES, L. A. Comfith in rations for livestock. Paper presented at the CIDA Seminar on Sugarcane as a Livestock Feed. Barbados, January 30-31, 19-73. 29 p.
19. JOHNSON, W. L. y PEZO D. Cell-wall fractions and in vitro digestibility of peruvian feedstuffs. Journal of Animal Science 41(1):185-197. 1975.
20. LOPEZ, S. M. et al. Pulidura de arroz como suplemento de la caña de azúcar: Efecto del nivel de pulidura de arroz en condiciones de lluvias y sequía. Prod. Anim. Trop. 1(3):170-179. 1976.
21. MEDINA, R. I. Tasa de digestión y digestibilidad potencial ruminal de materiales fibrosos en función de niveles de almidón suplementario. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1980. 69 p.
22. MONTPELLIER, F. A. y PRESTON, T. R. Digestibilidad de punta, corteza, tallo y caña de azúcar integral. Prod. Anim. Trop. 2(1):13-17. 1977.
23. _____ y _____. Digestibilidad y consumo voluntario de dietas basadas en caña de azúcar: Efecto de picar el tallo en partículas de diferente tamaño. Prod. Anim. Trop. 2(1):40-44. 1977.
24. O'DONOVAN, P. B. Posibilidades para la alimentación del ganado con sub-productos en zonas tropicales. Revista Mundial de Zootecnia 13:32-37. 1975.

25. PATE, F. M. y COLEMAN, S. W. Evaluation of sugar cane varieties as cattle feed. Belle Glade Agricultural Research and Education Center. Research and Education Center. Research Report E.V. 1975. 8 p.
26. PIGDEN, W. J. Derived sugar cane as an animal feed a major breakthrough. World Animal Review 11:1-5. 1974.
27. PRESTON, T. R. El valor de la caña de azúcar para el rumiante. Prod. Anim. Trop. 2(2):129-145. 1977.
28. RUIZ, A. y RUIZ, M. E. Utilización de la gallinaza en la alimentación de bovinos. II. Utilización del nitrógeno de la ración en función de diversos niveles de gallinaza y almidón. Turrialba, 28(2):143-149. 1978.
29. RUIZ, A. y RUIZ, M. E. Utilización de la gallinaza en la alimentación de bovinos. III. Producción de carne en función de diversos niveles de gallinaza y almidón. Turrialba 28(3):215-223. 1978.
30. RUIZ, M. E. y ARAGON, M. A. Digestibilidad de la punta de caña (Saccharum officinarum) en bovinos. Memoria ALPA 15: En Prensa. 1980.
31. VILLEGAS, L. Suplementación con banano verde a vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 1979. 58 p.
32. VOHNOUT, K. y JIMENEZ, C. Supplemental by-product feeds in pasture-livestock feeding systems in the tropics. Symposium on Tropical Forages in Livestock Production Systems. American Society of Agronomy. Special Publication 24:71-82. 1975.