

UTILIZACION Y MEJORA DE SUBPRODUCTOS

AGRICOLAS URUGUAYOS PARA

LA ALIMENTACION DE RUMIANTES

Roberto Kremer ¹
Silvia Lionza ²

RESUMEN

Se aplicó un modelo matemático que relaciona el consumo - voluntario de los rumiantes con la digestibilidad del forraje. Se encontró que para lograr consumos que satisfagan los requerimientos de mantenimiento se necesitaba una digestibilidad mínima del 50% en bovinos y 55% en ovinos. Diversos subproductos cereales fueron tratados mediante aspersión con 0, 2, 4, 6 y 8% de NaOH. Los rangos de digestibilidad in vitro para 0 y 8% fueron: paja de trigo - 46-63%; paja de sorgo, 42-69%; chala, 51-65%, marlo, ---- 37-72% y cáscara de avena 36-79%. Se discute la conveniencia de la utilización del tratamiento químico de algunos de los subproductos ensayados.

INTRODUCCION

La utilización eficiente de los recursos disponibles es una premisa importante - en toda producción, de ella puede depender la viabilidad económica de la misma. - Avances en la tecnología han posibilitado mejorar la producción de granos por há sin embargo se da la paradoja de que es mayor la energía desperdiciada que la utilizada. Si consideramos que por ejemplo el grano de trigo tiene una energía -- bruta de 4.44 Mcal/kg y la paja de trigo 4.23 Mcal/kg y que por cada kilo de gra no de trigo se producen 1.36 a 1.81 kg de paja (Arora, 1976), resulta que por ca da Mcal utilizada se desperdician de 1.29 a 1.72 Mcal de energía bruta. Ante es- te enorme desperdicio no es difícil de explicarse el interés de los científicos en utilizar los subproductos agrícolas que hoy en día se queman o entierran. En- general los subproductos son de baja digestibilidad ya sea por los altos conteni dos de lignina o sílice y de bajo contenido proteico, la mayor parte es pared ce lular por lo que son potencialmente utilizables por rumiantes.

¹DMV, BSc, MSc

²Eng. IV

Unidad de Producción Ovina y Lanar. Facultad de Veterinaria.
Las Plazas 1620. Montevideo. Uruguay

Kellner y Kohler en el año 1900 lograron mejorar la utilización de la paja de --trigo mediante el cocido a presión en una solución diluída de soda cáustica ---- (NaOH) y su posterior lavado para la remoción del exceso de álcali. Desde entonces y especialmente en los últimos 25 años se han buscado métodos para mejorar - el valor alimenticio de los subproductos.

Se han utilizado métodos físicos tales como la molienda, el peletizado, la com--pactación en cubos, el vapor, sólo o en combinación con tratamientos químicos.- Para los tratamientos químicos se han ensayado diversos álcalis con o sin su pos--terior neutralización: hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, hidróxido de po--tasio, hidróxido de amonio, amoníaco y urea. Los tres primeros mejoran la diges--tibilidad pero fundamentalmente aumentan el nivel de nitrógeno.

Los tratamientos químicos se han aplicado con distintos porcentajes de agua, cla--sificándose en húmedos (Beckman) que utilizan de 8 a 20 lt/kg de paja; semihúme--do (2 a 4 lt/kg); aspersión (0.15 a 1.0 lt/kg) y mediante gasificación. Hay nume--rosas revisiones al respecto por lo que por más detalles se recomienda su consul--ta (Rexen, et al. 1976; Broeksma, 1977; Jackson, 1977; Klopfenstein, 1978; Rexen, 1979; Gómez-Cabrera, 1979; O'Donovan, 1983).

La conveniencia de utilizar subproductos tratados o sin tratar y que tipo y méto--do de tratamiento aplicar depende de varios factores: (a) uso del subproducto, - si el mismo va a ser sólo una porción de la dieta de animales en producción o co--mo único alimento en períodos críticos; (b) valor alimenticio del producto sin - tratar, si es para el mantenimiento de animales no se justificaría tratar un sub--producto cuya digestibilidad sea suficientemente alta como para lograr consumos y aprovechamientos adecuados; (c) necesidad de la suplementación de los mismos, particularmente de nitrógeno y (d) factores económicos, en éstos se incluyen los costos de recolección, picado, enfardado, almacenamiento, a los que se le agre--gan los del tratamiento que aumenta cuanto se incrementan los niveles de álcalis. El transporte es un factor limitante ya que por la baja densidad de la paja se - hace antieconómico su procesamiento en lugares distantes de la producción y uti--lización. La ecuación económica varía permanentemente y siempre debe confrontar--se con otras alternativas (praderas, ensilaje, heno, granos).

Este estudio consta de dos partes, en la primera mediante un modelo matemático - se intenta determinar la digestibilidad que debe tener un forraje para que el --consumo voluntario sea suficiente para el mantenimiento de ovinos y bovinos. Es--to se fundamenta en que el consumo de los rumiantes está en relación a la diges--tibilidad del alimento, en forrajes a menor digestibilidad menor consumo, con lo que además de que los subproductos tienen un bajo aprovechamiento, los rumiantes no consumen lo suficiente como para compensar esta carencia. En la segunda parte se trataron diversos subproductos cerealeros uruguayos con 0, 2, 4, 6 y 8% de --NaOH para determinar la mejora en la digestibilidad que es posible esperar y la cantidad de NaOH que es necesario agregar para lograr las digestibilidades calcu--ladas en la primera parte.

Con esta información sería posible determinar la viabilidad económica del uso de subproductos para la alimentación de ovinos y bovinos.

MATERIALES Y METODOS

Experimento 1. Consumo voluntario esperado

Para calcular el consumo voluntario de ovinos y bovinos se utilizó el método y - las ecuaciones desarrolladas por el Agricultural Research Council, 1980. Allí se analizaron datos de diversos experimentos en los cuales los rumiantes fueron ali--mentados ad libitum, luego por regresión múltiple se vio qué variables integra--ban la ecuación de predicción del consumo voluntario. Las ecuaciones halladas pa--ra alimentos vastos fueron:

$$\text{Consumo de ovinos (g/kg}^{0.75}\text{/d)} = 104.7 (q) + 0.307(PV) - 15;$$

$$\text{Consumo de bovinos (g/kg}^{0.75}\text{/d)} = 106.5 (q) = 37(C) + 24.1.:$$

q es el cociente entre la energía metabolizable (EM) y la bruta (EB) del alimen-

to (la cual es transformada en digestibilidad de materia orgánica (DMO) in vitro de acuerdo a:

$$DMO = \frac{q \times 18.4}{0.15}; \text{ PV es el peso vivo del animal y C es la proporción}$$

de concentrado en la dieta de bovinos. Se estudiaron diversos valores de la DMO, de 20 a 70%, calculándose luego la EM de la dieta ($EM=q \times 4.397$), el consumo esperado de ovinos de 40 kg y de bovinos de 350 kg en g/kg 0.75/d y en materia seca (MS) total, en este cálculo se asumió que el contenido en proteína bruta (PB) no era limitante (i.e. mayor del 7%). Estos consumos máximos esperados para cada valor de DMO fueron graficados con los requerimientos de energía para el mantenimiento de ovinos y bovinos, el punto en que se cruzan estas dos líneas es la digestibilidad necesaria del alimento para que los rumiantes consuman lo suficiente para cubrir sus necesidades de mantenimiento.

Experimento 2. Efectos del NaOH sobre la digestibilidad.

Los subproductos estudiados fueron paja de trigo, chal y marlo de maíz paja de sorgo y cáscara de avena. Una vez cosechados fueron picados (excepto la cáscara de avena) en picadora de forrajes con zaranda de 3 cm. A cada uno se le agregó agua por aspersión en proporción del 20% con respecto a la materia seca, en el agua se había disuelto previamente NaOH en escamas a los efectos de obtener un 0, 2, 4, 6 u 8% en relación a la materia seca. Los alimentos así tratados fueron guardados en bolsa de nylon cerrada por 48 h a temperatura ambiente. Una vez cumplido este período se secaron estufa con aire forzado a 40°C, se les molió en molinillo de laboratorio y se les dejó equilibrar a humedad ambiente. Se realizaron luego los siguientes análisis: materia seca, cenizas, proteína bruta (Kjeldahl), pared celular (NDF - Van Soest, 1963), digestibilidad in vitro (Tilley y Terry, 1966). El contenido en EM se estimó por: $EM \text{ (Mcal/kg)} = DMO \times 0.15 / 4.184$ (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1975).

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1. Consumo voluntario esperado.

El modelo matemático utilizado tiene la limitante de que no fue desarrollado específicamente para alimentos de muy baja digestibilidad, sin embargo el rango de mayor interés de este estudio (DMO 50-60%) quedaría incluido dentro del rango de mayor precisión. Los valores hallados se aplican cuando el nivel de PB no es inferior al 7% ya que de otro modo habría una disminución del consumo por carencia proteica, en el caso de los subproductos aquí estudiados para lograr los consumos calculados habría que elevar el contenido de PB a ese nivel.

En la Tabla 1 se dan valores calculados de consumo de alimento de diversas digestibilidades.

Al ser graficados en conjunto con las necesidades de mantenimiento de animales del mismo peso, se evidencia que en ovinos se necesita una digestibilidad mínima del 55% para que consuman voluntariamente lo indispensable para el mantenimiento (Figura 1); en bovino este valor sería del 50% (Figura 2). Por debajo de estos valores habría una pérdida de peso de los animales que es mayor cuanto menor sea la DMO. Hay que resaltar la diferencia entre especies que hacen pensar que se requerirán menores tratamientos de los alimentos cuando son dados a bovinos que a ovinos.

TABLA 1. Consumo voluntario esperado de alimentos vastos de distintas digestibilidades en ovinos y bovinos.

DMO (%)	EM (Mcal/kg)	CONSUMO			
		Ovinos 40 kg.		Bovinos 350 kg	
		0.75 g/kg	/d g/d	0.75 g/kg	/d g/d
20	0.717	14.35	228	41.46	3.36
25	0.893	18.53	295	45.72	3.70
30	1.077	22.93	365	50.19	4.06
35	1.253	27.12	431	54.45	4.41
40	1.433	31.41	500	58.82	4.76
45	1.614	35.70	568	63.19	5.11
50	1.794	40.00	636	67.55	5.47
55	1.970	44.19	703	71.68	5.81
60	2.150	48.48	771	76.18	6.16
65	2.330	52.77	839	80.55	6.52
70	2.511	57.06	908	84.91	6.87

Experimento 2. Efecto del NaOH sobre la digestibilidad

De los subproductos muestreados, la chala tuvo una digestibilidad mayor al 50%, la paja de trigo y de sorgo entre 40 y 50%, el marlo y la cáscara de avena menor del 40% (Tabla 2). Los niveles de proteína bruta fueron inferiores al 7% -- por lo que se haría imprescindible la suplementación proteica para evitar una disminución del consumo.

Al agregar NaOH aumentó la digestibilidad y la energía metabolizable, hubo además una reducción en la pared celular debido probablemente a una mayor solubilización de la hemicelulosa. Los incrementos de las digestibilidades en relación al nivel de NaOH agregado, fueron diferentes para cada subproducto. Graficando los datos (Figuras 3 a 7) se observa que en la paja de trigo y de sorgo el aumento -- dentro de los rangos considerados fue lineal, en la primera hubo un incremento de 2.21 puntos de digestibilidad por cada 1% de NaOH agregado ($DMO=45.61+2.21(NaOH)$; $r=0.96$). Para el marlo el aumento no fue lineal pero puede utilizarse esa función sin incurrir en error, el aumento sería entonces de 3.92 unidades de digestibilidad por cada 1% de NaOH agregado ($DMO=41.20+3.92(NaOH)$; $r=0.97$). La chala se comportó en forma diferente ya que tuvo un gran aumento (10.71 unidades) con 2% de NaOH, mayores niveles aumentaron poco la digestibilidad. Por el contrario, la cáscara necesitó niveles relativamente altos para aumentar la digestibilidad ----- (6% de NaOH) pero con un 8% llegó a 80% de DMO. Existe abundante bibliografía con resultados de aumentos en la digestibilidad al agregar NaOH, especialmente para paja de trigo, paja de sorgo y marlo, estos resultados son comparables a los obtenidos en esos experimentos (Mahendra and Jackson, 1971; Suresh and Jackson, 1971; Vosloo and Burguer, 1977; Kellaway et al, 1978; Kategile and Frederiksen, 1979; -- Kremer et al, 1983.).

De acuerdo a estos resultados y si la proteína no fuera limitante (i.e. con suplemento nitrogenado) para lograr el mantenimiento de bovinos (DMO=50%) y de ovinos (DMO=55%) se requerirían aproximadamente los siguientes niveles de NaOH: chala, 0 y 1%; marlo, 2.8 y 4.1%; paja de sorgo, 2.2. y 4.2; cáscara de avena, 6 y 7% y paja de trigo, 1.7 y 4% respectivamente.

CONCLUSIONES

Habiéndose comprobado, en coincidencia con la bibliografía, que es posible mejorar y hasta qué nivel la digestibilidad de los subproductos agrícolas producidos en nuestro medio mediante el tratamiento con NaOH, resta determinar la viabilidad económica del mismo.

Para esto debe considerarse no sólo el precio del NaOH sino además el costo del tratamiento en sí. Si el costo del NaOH es comparativamente ventajoso contra otras alternativas, deberán buscarse los métodos menos onerosos de tratamiento que impliquen el mínimo procesamiento (recolección, enfardado, picado, etc.) y que pueda realizarse a nivel de establecimiento evitando el transporte.

Debe considerarse que para lograr consumos acordes a los calculados, es necesaria la suplementación nitrogenada. Por último, el otro inconveniente surge del daño que puede realizarse a la maquinaria con los álcalis y la necesidad de trabajar cuidadosamente para evitar quemaduras.

SUMMARY

A mathematical model relating intake of ruminants and digestibility was studied. To obtain intakes to satisfy requirements of maintenance, 50% digestibility was needed in cattle and 55% in sheep. Several fibrous byproducts were treated by spray with 0, 2, 4, 6 and 8% NaOH. The ranges of digestible organic matter were: wheat straw, 46-63%; maize cobs, 37-72%; sorghum straw, 42-69%; maize straw, 51-65% and oat husks, 37-79%. The convenience of the use of NaOH treatment is discussed.

BIBLIOGRAFIA

1. Agricultural Research Council. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agriculture Bureaux, Slough. 1980. 351p.
2. Arora, S.P. The role of treated roughages in animal production systems in developing countries. In 'New feed resources'. Procc. Tech. Consultation. FAO. Rome. 22-24 nov 1976. 51-59.
3. Broeksma, j.r. The treatment of low quality roughages with alkali. Stellenbosch, Seminar. 1977. 30p.
4. Gómez-Cabrera, A. Mejora del valor alimenticio de subproductos agrícolas. Comunicaciones, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 1979. 63p.
5. Jackson, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. Anim. Feed Sci. Tech. 1977. 2:105-130.
6. Kategile, J.A. and Frederiksen, J.H. Effect of level of sodium hydroxide treatment and volume of solution on the nutritive value of maize cobs. Anim. Feed Sci. Tech. 1979, 4:1-15.
7. Kategile, J.A.; Urio, N.A.; Sundstol, F. and Mzihirwa, Y.G. Simplified method for alkali treatment of low quality roughages for use by small-holders in developing countries. Anim. Feed Sci. Tech. 1981. 6:133-143.
8. Kellaway, R.C.; Crofts, F.C.; Thiago, L.R.L.; Redman, R.G. and Leibholz J.M.L. A new technique for upgrading the nutritive value of roughages under field conditions. Anim. Feed Sci. Tech. 1978, 3:201-210.
9. Klopfenstein, T.J. Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci. 1976, 46:841-848.
10. Kremer, R., García, A. y Guerrero, J. Tratamiento Alcalino de la paja de trigo. las. J. Tec. Fac. Vet. 1983:117-118.
11. Mahendra S. and Jackson, M.G. The effect of different levels of sodium hydroxide spray treatment of wheat straw on consumption and digestibility. J. Agric. Sci., Cambridge. 1971. 77:5-10.
12. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Energy allowances and feeding Systems for ruminants. Technical Bulletin 33, London. 1975. 79p.

13. O'Donovan, P.B. Untreated straw as a livestock feed. Nutr. Abstr. Rev. 1983, 53: 442-445.
14. Rexen, F.; Stigsen, P. and Friis Kristensen, V. The effect of a 'Feed energy sources for livestock'. Ed. Swan, H. and Dewis, D. 1976, 65-82.
15. Rexen, F.P. Low quality forage improves with alkali treatment. Feedstuffs. - 1979, 51:33-34.
16. Suresh, C. and Jackson, M.G. A study of various chemical treatments to remove lignin from coarse roughages and increase their digestibility. J. Agric. Sci. Cambridge. 1971, 77: 11-17.
17. Tilley, J.M.A. and Terry, R.A.A. two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassland Soc. 1963, 18: 104-111.
18. Van Soest, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. L.A.O.A.C. 1963, 46:----- 325-835.
19. Vosloo, L.P. and Burger, W. J. Investigation into a dry process for alkali - treatment of roughages. The utilization of dry treated grain straw supplemented with urea or fish meal by lambs. Elsenburg J. 1977, 1:5-13.

Tabla 2. Análisis de diversos subproductos con o sin el agregado de NaOH. Resultados expresados en base a materia seca.

ALIMENTO	NaOH (%)	Cenizas (%)	PB (%)	Pared celular (%)	EMS (%)	DMO (%)	EM (Kcal/kg)
Chala	0	5.81	5.82	72.25	52.52	51.97	1.86
	2	7.15	-----	69.45	63.76	62.68	2.25
	4	9.68	-----	64.00	65.18	63.42	2.27
	6	12.17	-----	64.88	69.26	66.68	2.39
	8	13.02	-----	64.96	68.30	65.18	2.34
Marlo	0	2.03	3.80	83.48	58.93	57.82	1.36
	2	4.44	-----	82.41	54.40	52.27	1.87
	4	7.62	-----	75.17	63.70	60.45	2.17
	6	10.46	-----	70.23	65.23	61.46	2.20
	8	11.55	-----	62.96	75.87	72.43	2.60
Paja de sorgo	0	10.16	2.60	79.70	43.43	42.45	1.52
	2	11.24	-----	77.71	50.58	50.53	1.81
	4	13.02	-----	73.24	54.20	53.40	1.91
	6	12.42	-----	66.35	57.67	56.11	2.01
	8	14.86	-----	64.11	68.70	69.57	2.49
Cáscara de avena	0	9.48	6.33	68.89	38.31	36.37	1.30
	2	9.95	-----	63.46	39.37	37.11	1.33
	4	10.01	-----	62.97	40.79	38.66	1.39
	6	11.13	-----	63.28	52.62	50.54	1.81
	8	13.91	-----	46.95	80.47	79.56	2.65
Paja de trigo	0	8.35	2.96	79.45	46.95	46.14	1.65
	2	9.92	-----	75.35	51.03	47.98	1.72
	4	11.84	-----	71.09	59.16	56.81	2.04
	6	11.32	-----	67.68	60.46	58.19	2.09
	8	13.90	-----	62.79	66.35	63.14	2.25

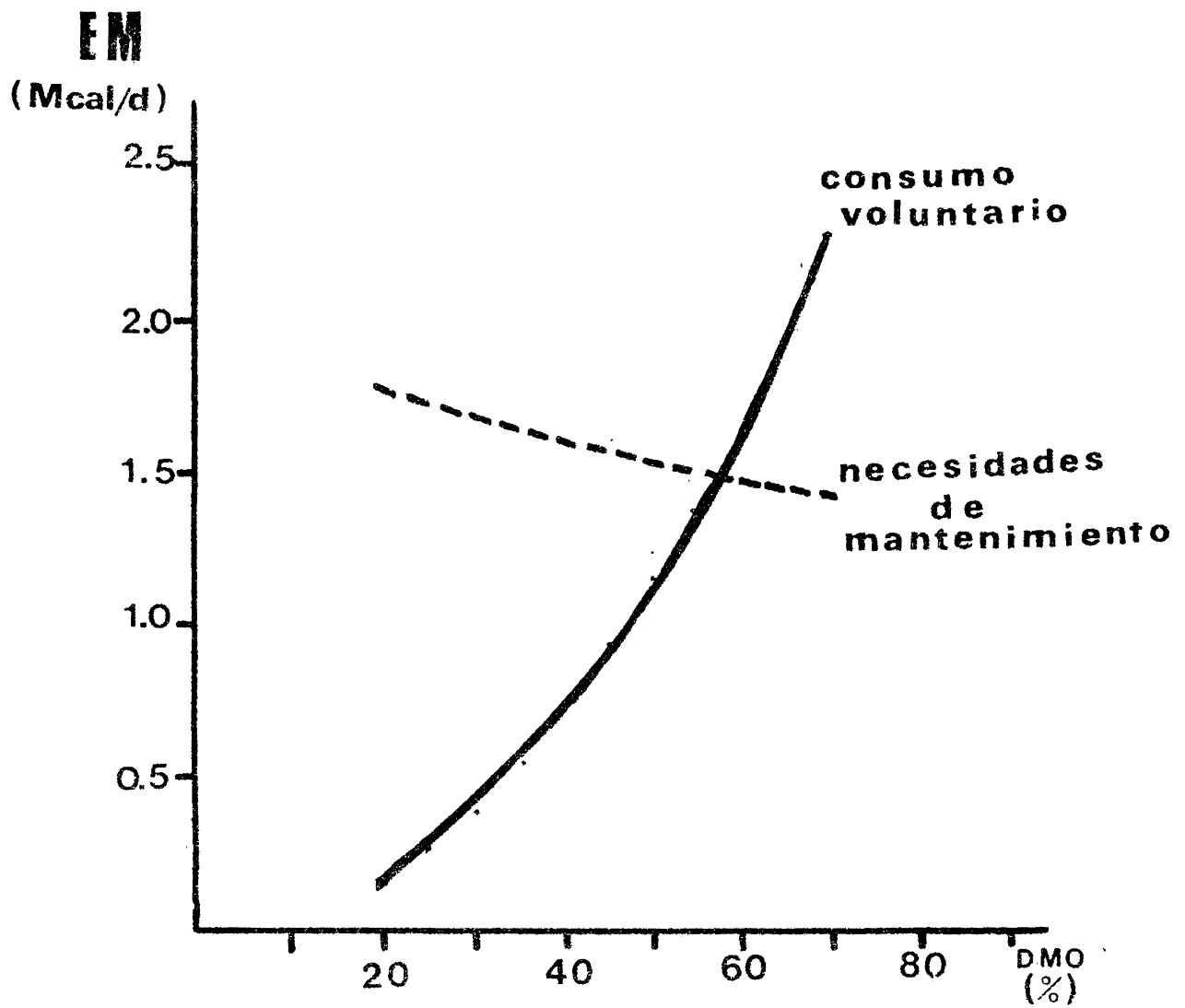


Figura 1. Relación entre el consumo voluntario de ovinos de 40 kg en Mcal/d y la digestibilidad (DMO) del forraje y las necesidades de mantenimiento del mismo animal.

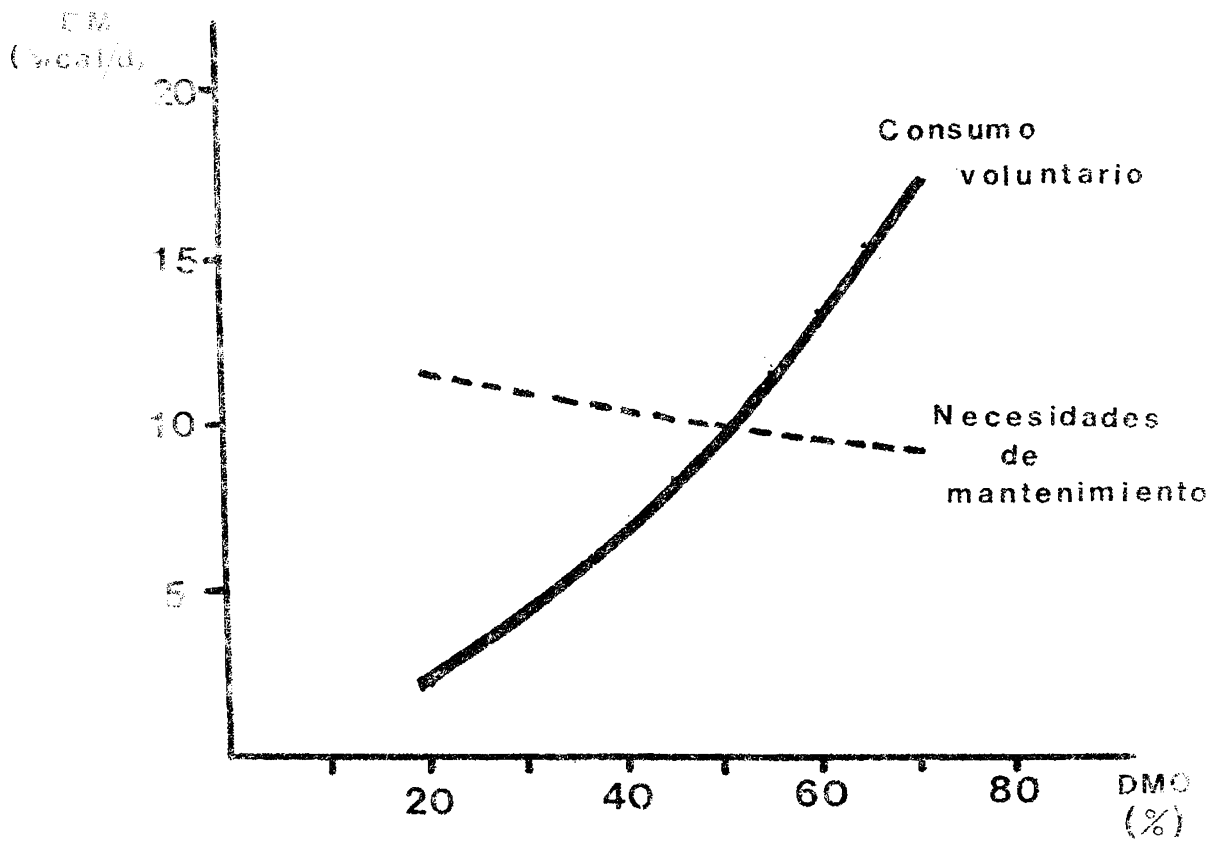


Fig. 2. Relación entre el consumo voluntario de bovinos de 350 kg/d y la digestibilidad (DMG) del forraje y las necesidades de mantenimiento del mismo animal.

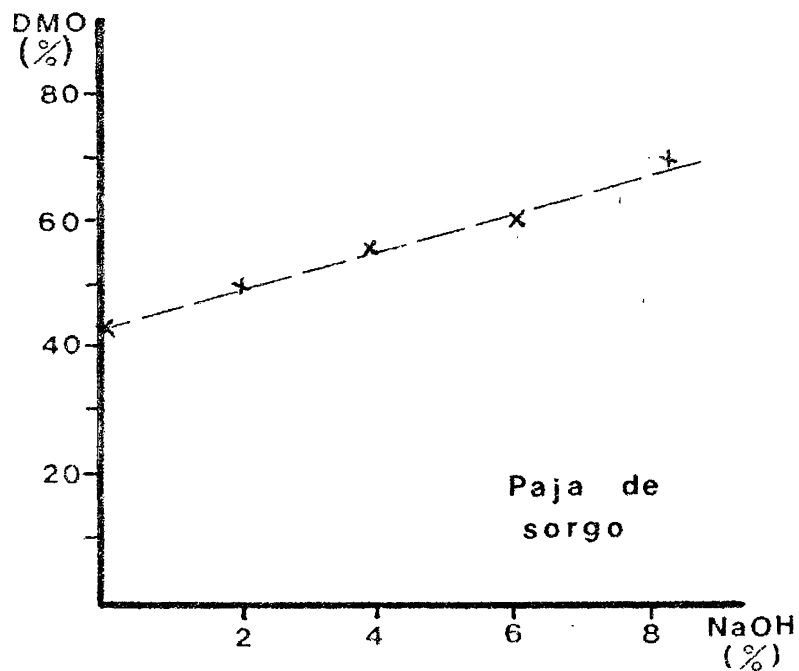


Figura 3. Variación de la digestibilidad de la materia orgánica de la paja de sorgo con el agregado de NaOH.

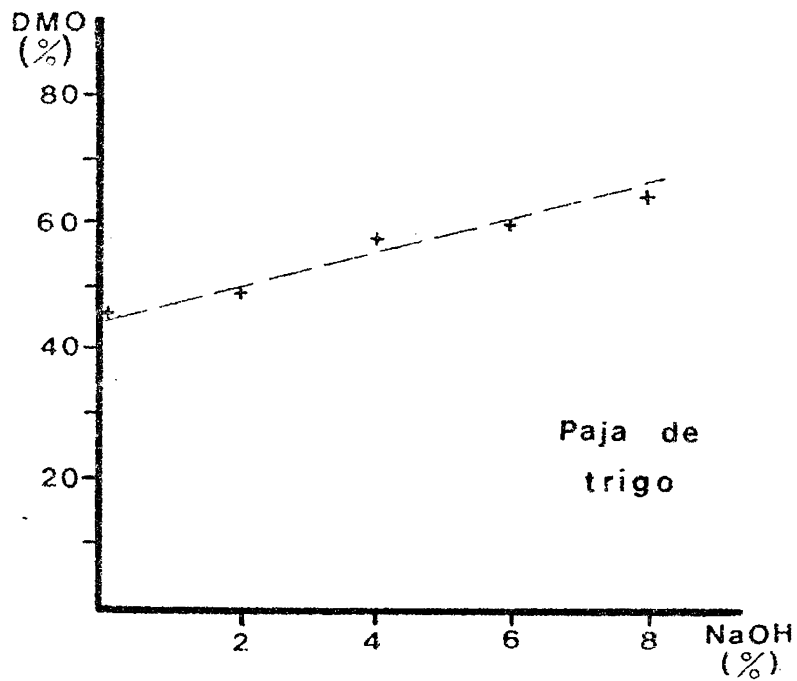


Figura 4. Variación de la digestibilidad de la materia orgánica de la paja de trigo con el agregado de NaOH.

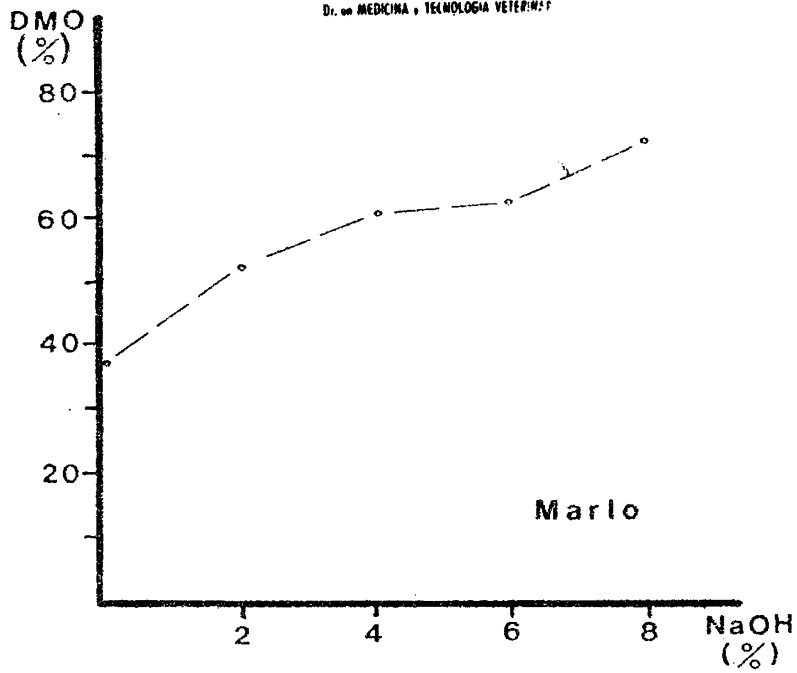


Figura 5. Variación de la digestibilidad de la materia orgánica(DMO) del marlo con el agregado de NaOH.

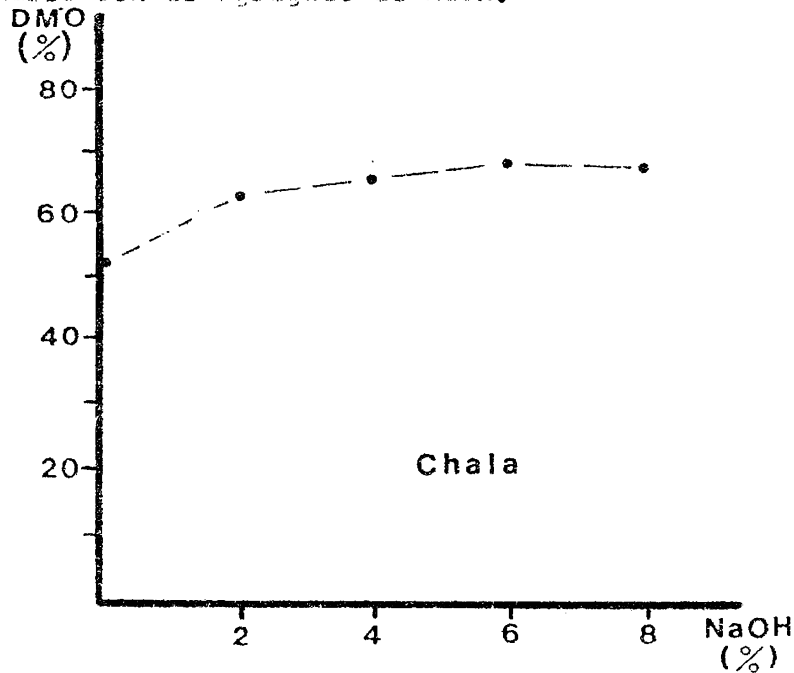


Figura 6. Variación de la digestibilidad de la materia orgánica(DMO) de la chala con el agregado de NaOH.

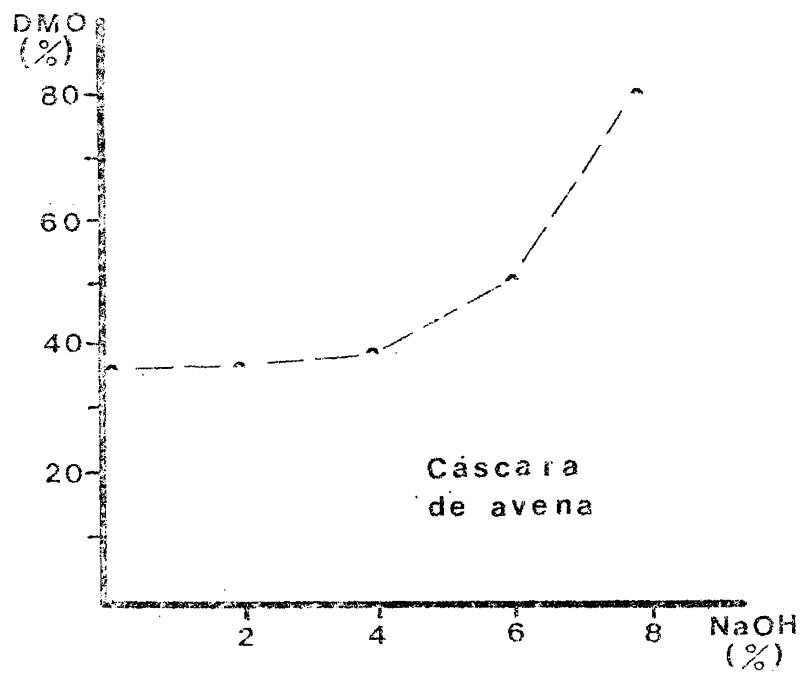


Figura 7. Variación de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) con el agregado de NaOH.