

DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LA PLANTA DE MAÍZ FORRAJERO EN DIFERENTES EDADES DE CRECIMIENTO ¹

Carlos Boschini², Ana Lorena Amador²

RESUMEN

Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de conocer la degradabilidad ruminal de la materia seca del forraje de maíz criollo, cultivado en las zonas altas de Costa Rica. El cultivo fue sembrado con 50 kg/ha de semilla, en surcos distanciados 70 cm y 50 cm entre plantas, con tres semillas en cada golpe de siembra. Se fertilizó con 244 kg de la fórmula 10-30-10 (N₂, P₂O₅, K₂O) y a las seis semanas se aplicaron 45,5 kg/ha de nitrógeno. El primer muestreo se realizó a los 37 días de edad y los siguientes cada 14 días hasta los 149 días. Se determinó la degradabilidad potencial de la materia seca de las hojas, tallos, flores y mazorca del maíz. La degradabilidad potencial de la planta entera fue disminuyendo de 93 a 74% conforme aumentó la edad, durante los primeros 90 días. En el tallo, la fracción soluble disminuyó de 40 a 27%, mientras que la hoja se mantuvo constante en 15-16%. La fracción degradable en el tallo disminuyó de 55 a 43% durante el crecimiento de la planta, en tanto que en la hoja varió entre 67 y 74%. La tasa de degradación del tallo fue superior a 5%/h hasta los 65 días y en la hoja fue inferior. A partir de los 79 días, las hojas mostraron una tasa de degradación por encima de 5%/h y los tallos presentaron tasas bajas. A los 107 días, la mazorca tuvo una degradabilidad potencial de 84% y una tasa de degradación de 7,5%/h.

ABSTRACT

Ruminal degradability of corn in different stages of growth. The purpose of this study was to determine the ruminal degradability of dry matter of fodder of highland Costa Rica corn. The crop was planted with 50 kg of seed/ha, with 70 cm between rows, 50 cm between plants and three seeds in each hole. The first sampling was taken after 37 days and every two weeks thereafter, through 149 days. The potential degradability of the dry matter of the leaves, stems and the corn ears was determined. The potential degradability of the whole plant diminished from 93% to 74% as the age of the plants increased during the first 90 days. In the stem, the soluble part diminished from 40% to 27%, while in the leaves it remained constant between 15% and 16%. The degradable part of the stem diminished from 55% to 43% during the growth of the plant, and the leaves varied between 67% and 74%. The degradability rate of the stem was above 5% /h through 65 days and in the leaves it was lower. From the 79th day on, the leaves had a degradability rate above 5%/h and the stems had low rates. After the 107th day the ears had a potential degradability of 85% and a degradability rate of 7.5%/h.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz para la producción de forraje, constituye la forma más rápida de obtener altos tonelajes de materia seca y de calidad ideal para la alimentación de bovinos, cuando es ofrecido en forma de forraje fresco o ensilado. Por ser muy rico en sustancias azucaradas es un material que se conserva fácilmente, siguiendo las normas apropiadas de elaboración (Piccioni, 1970). La disponibilidad de este material permite una mejor alimentación del ganado en los períodos

secos del trópico. El momento en que la planta ofrece el más elevado contenido de azúcares es a las 4-6 semanas después de la aparición de la inflorescencia masculina, cuando el grano en formación está en estado lechoso o lechoso-pastoso. Con variedades de ciclo corto y en condiciones apropiadas de temperatura y humedad ambiental, el estado ideal de cosecha se obtiene a los 100-110 días posteriores a la siembra (Aldrich y Leng, 1974; Monge, 1989), previo a alcanzar la madurez fisiológica de la planta, cuando los granos empiezan a perder humedad y se observa un repentino secado de hojas y tallos (Schaller, 1978).

¹ Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. No. 737-97-006.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.

El valor nutritivo del forraje de maíz en condiciones tropicales es generalmente bueno y dependiendo de la edad de cosecha resulta de excelente calidad (Aldrich y Leng, 1974). Entre los estados de floración y de formación del grano, el contenido de materia seca varía de 15 a 25% en la planta verde y la composición química de la materia seca es de 4 a 11% de proteína cruda, de 1 a 3,5% de extracto etéreo, de 27 a 35% de fibra cruda, de 34 a 55% de extracto libre de nitrógeno y de 7 a 10% de cenizas (Sánchez y Oliviera, 1973; León, 1980). En la zona alta de Costa Rica, se ha encontrado que a través del crecimiento de la planta, el contenido de materia seca varía de 10 a 17% en el tallo y de 17 a 27% en la hoja entre los 90 y 150 días. En el mismo período, se determinó un promedio de 7% de proteína cruda en el tallo y un 17% en la hoja. Se estima una digestibilidad media de 60%, con valores mínimos de 40% en cultivos maduros y valores máximos de 71% en los jóvenes (Piccioni, 1970). Cuando el maíz está en estado lechoso, la planta está en su condición óptima para la cosecha y conservación. En este estado, indica que el contenido de materia seca es de 25 a 31%, con 5,7 a 6,7% de proteína cruda, 5 a 59% de fibra neutro detergente, 36% de fibra ácida detergente y 67% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Bruno *et al.*, 1995). El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de conocer la cinética ruminal de la materia seca del forraje de maíz, tomando en cuenta los diferentes estados de crecimiento de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada en El Alto de Ochomogo, Cartago; a 1542 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mm, distribuida de mayo a noviembre. La temperatura media es de 19,5°C y la humedad relativa media es de 84%. El suelo es de origen volcánico, clasificado como Typic Distrandepts (Vásquez, 1982), que se caracteriza por una profundidad media, buen drenaje natural y fertilidad media. El terreno empleado tiene un pH de 6. La zona se tipifica ecológicamente como bosque húmedo montano bajo (Tosi, 1970 citado por Vásquez, 1982).

Las muestras se obtuvieron en un cultivo de maíz para la producción de forraje, sembrado en la tercera semana de mayo de 1999 con 50 kg/ha de semilla de maíz criollo forrajero de la zona alta de la provincia de Cartago. La semilla fue distribuida en surcos a 50 y 70 cm entre plantas, con tres semillas en cada golpe de siembra. Previo a la siembra, se fertilizó con 244 kg de la fórmula 10-30-10 (N₂, P₂O₅, K₂O) y a las seis semanas se aplicaron 45,5 kg/ha de nitrógeno con nitrato de

amonio. A los 37 días de edad, se realizó el primer muestreo de plantas y las siguientes observaciones se efectuaron cada 14 días, hasta los 149 días de edad. Los sitios de muestreos se realizaron al azar, recolectando 5 m lineales en el surco previamente seleccionado. Las plantas fueron cortadas a 10 cm sobre el nivel del suelo. Los tallos, hojas, flores y mazorcas fueron separados. Las diferentes partes de la planta se pesaron y secaron en un horno a 60°C durante 48 horas, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, se molieron a 2 mm. La degradación ruminal *in situ* de la materia seca de las muestras se efectuó siguiendo la técnica descrita por Orskov (1984) con bolsas de nylon. Se usaron bolsas de 12 x 6 cm con un poro medio de 45mm, conteniendo cada una cinco gramos de muestra secada a 105°C. Las bolsas de nylon fueron suspendidas en el rumen de dos novillos fistulados ruminalmente, que fueron mantenidos con una dieta a base de pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*). Las bolsas, en dos repeticiones, fueron introducidas consecutivamente en el rumen y mantenidas por 6, 12, 24, 48 y 72h. La desaparición a 0h de incubación fue evaluada por inmersión de las bolsas en agua a 40°C por 1h. En el tiempo previsto, las bolsas fueron removidas del rumen juntas e inmediatamente lavadas en abundante agua fría. La materia seca residual fue medida, después de que las bolsas fueron secadas a 105°C. La cinética de la degradación fue determinada con el procedimiento descrito por Orskov y McDonald (1979). Los datos fueron ajustados a la ecuación exponencial $P = a + b(1 - e^{-ct})$, donde P= degradación después de t horas, a = fracción soluble, b=fracción degradable, e=base de los logaritmos neperianos, c=tasa de degradación por hora y t= tiempo de incubación ruminal, las constantes fueron calculadas por un programa de cuadrados mínimos iterativo, usando el algoritmo de Marquardt.

RESULTADOS

Se determinó la degradabilidad potencial de la materia seca de las hojas, tallos, flores y mazorca del maíz, así como la fracción soluble, la fracción degradable y la tasa de degradación de esta última. Los valores de las fracciones para la planta entera fueron estimados, ponderando el valor de la fracción en la parte de la planta con la contribución respectiva de materia seca en la planta entera. En el Cuadro 1 se presentan los resultados y se observa que la degradabilidad potencial de la planta entera fue disminuyendo de 93 a 74% conforme aumentó la edad durante los primeros 90 días o estados de prefloración. En este período, la fracción soluble del tallo disminuyó de 40 a 27%, mientras que en la hoja se mantuvo constante en 15-16%. La fracción degradable en el tallo disminuyó de 55 a 43% al ir creciendo la planta, en tanto que en la hoja varió entre 67 y 74%. La

Cuadro 1. Valores de degradabilidad ruminal de la materia seca en la planta de maíz y en sus diferentes partes, a diferentes edades de crecimiento.

Edad en días	Parte de la planta	Fracción soluble (%)	Fracción degradable (%)	Tasa de degradación (%/h)	Degradabilidad a 24 horas (%)	Degradabilidad potencial (%)	Distribución Materia seca (%)
37	Hoja	18,5	78,22	0,050585	73,04	96,27	75,00
51	Tallo	40,54	54,61	0,057933	81,56	95,15	41,41
	Hoja	23,96	67,80	0,049992	71,34	91,76	58,59
	Entera	30,83	62,34	0,053280	75,57	93,16	
65	Tallo	31,93	55,71	0,051072	71,29	87,64	48,10
	Hoja	15,31	77,10	0,046203	66,97	92,41	51,90
	Entera	23,30	66,81	0,048545	69,05	90,12	
79	Tallo	31,74	50,74	0,032786	59,38	82,48	61,13
	Hoja	15,24	74,69	0,053524	69,27	89,93	38,87
	Entera	25,33	60,05	0,040847	63,22	85,38	
93	Tallo	27,46	43,18	0,046142	56,38	70,64	71,10
	Hoja	16,09	68,44	0,058792	67,84	84,53	28,90
	Entera	24,17	50,48	0,049798	59,69	74,65	
107	Tallo	22,07	53,01	0,030929	49,84	75,08	66,85
	Hoja	14,59	74,02	0,035580	57,10	88,61	24,79
	Flor	22,69	50,93	0,045137	56,38	73,62	3,19
	Mazorca	36,37	57,53	0,075164	84,43	93,90	5,16
	Entera	20,97	58,38	0,034815	53,63	79,35	
121	Tallo	25,97	45,42	0,032581	50,76	71,39	64,39
	Hoja	17,65	66,61	0,038247	57,67	84,26	24,14
	Mazorca	34,67	63,31	0,034092	70,06	97,98	11,47
	Entera	24,96	52,59	0,034315	54,64	77,55	
135	Tallo	24,96	35,41	0,087949	56,09	60,37	46,26
	Hoja	20,30	54,87	0,047019	57,42	75,17	20,97
	Mazorca	32,28	61,85	0,028887	63,21	94,13	32,78
	Entera	26,38	48,16	0,060014	58,71	74,55	
149	Tallo	20,17	59,31	0,037311	55,26	79,48	61,81
	Hoja	31,37	42,16	0,022834	49,16	73,53	16,32
	Mazorca	33,42	58,80	0,042700	71,13	92,22	21,87
	Entera	24,90	56,40	0,036127	57,74	81,30	

velocidad de degradación del tallo fue superior a 5%/h hasta los 65 días y en la hoja fue inferior a ese valor. A partir de los 79 días, las hojas mostraron una tasa de degradación por encima de 5%/h y los tallos presentaron tasas más bajas. En la Figura 1 se presenta la cinética de la degradación ruminal de las hojas y tallos a través de los tiempos de incubación. En el Cuadro 1 se observa que la contribución de materia seca proveniente del tallo va aumentando, en relación a la masa seca presente en la planta entera, mientras va en disminución la porción correspondiente de hoja.

En el período de crecimiento de la planta, después de los 90 días o estados de floración y posteriores, la degradabilidad potencial de la planta entera se mantiene entre 53 y 58%, decayendo la degradabilidad de la hoja a menos de 50% a los 149 días. La flor tiene un valor de 56%, similar a la hoja a los 107 días con una contribución de 3,2% en la materia seca total. En este momento la mazorca tiene una degradabilidad potencial de 84%, una velocidad de degradación de 7,5%/h y una contribución en la producción de materia de 5,2%. A partir de 121 días, la mazorca muestra niveles de 70%

de degradabilidad que tienden a mantenerse en el período de crecimiento restante, con una contribución en la materia seca total de 11,5% y de 32 y 21% a los 135 y 149 días, respectivamente. La fracción soluble en la planta entera varía de 21 a 26%, observándose valores entre 32 y 36% en la mazorca. La fracción degradable en el tallo y en la hoja disminuyen a los 107 y 121 días, con tasas de degradación de 3,0 a 3,8%/h. En la Figura 2 se presenta la cinética de la degradación ruminal de las hojas y tallos a través de los tiempos de incubación, destacándose la curva correspondiente a la mazorca.

DISCUSIÓN

En las Figuras 1 y 2 se presentan las curvas de degradabilidad ruminal de la materia seca de las hojas y tallos de la planta de maíz en los estados de crecimiento estudiados. En el período de crecimiento inicial, se observa que a los 51 días la degradabilidad potencial del tallo fue mayor que en la hoja y a partir de los 65 días la degradabilidad potencial de la hoja fue superior

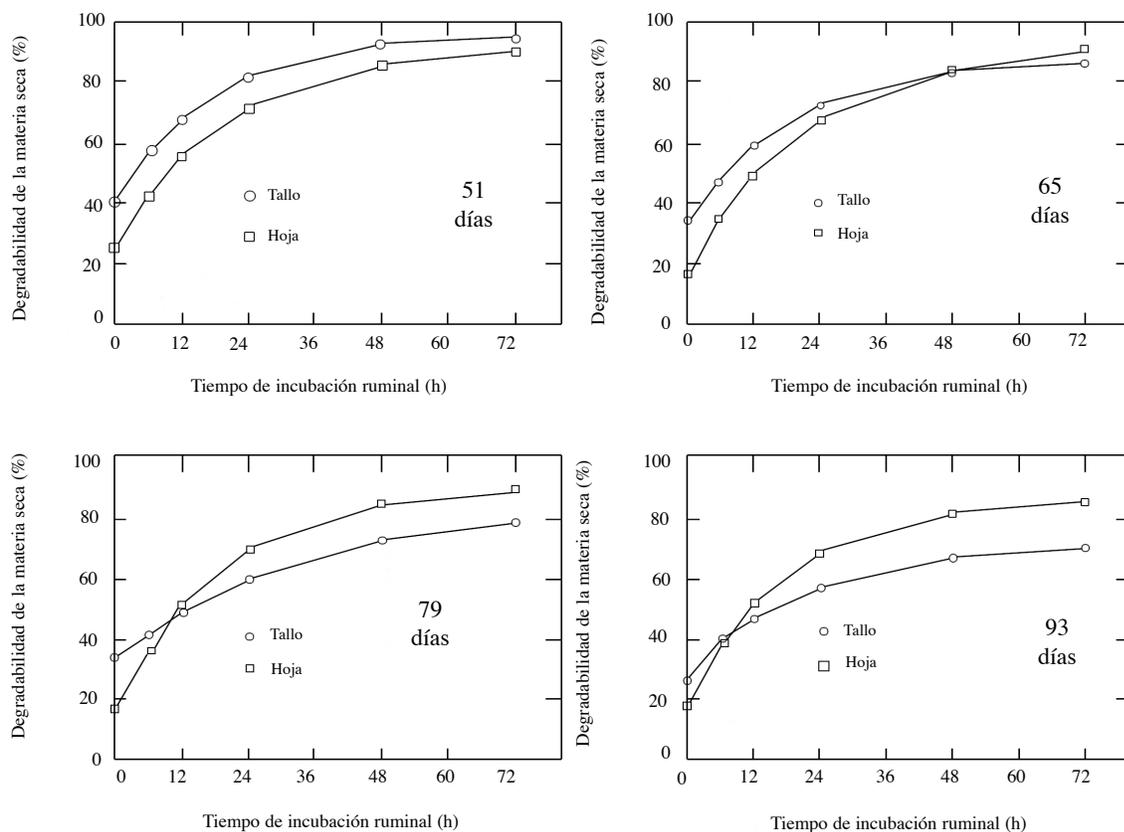


Figura 1. Degradabilidad ruminal de la materia seca en hojas y tallos de la planta de maíz en estado de pre-floración.

a la del tallo. La fracción soluble del tallo, en ese período de crecimiento, fue superior entre 11 y 17% comparado con lo observado en la hoja, decreciendo conforme aumentó la edad, mientras que la fracción degradable fue superior entre 13 y 25% en la hoja con respecto al tallo, al aumentar la edad. En el período de crecimiento final, la degradabilidad potencial de la hoja superó a la del tallo. La fracción soluble del tallo, en ese período fue aumentando hasta los 121 días y luego decreció, mientras en la hoja aumentó de 15 a 31% conforme avanzó la edad. Cabe señalar que la degradabilidad potencial de la planta entera de maíz decae un 18% con el crecimiento, desde 93% hasta 75% entre los 51 días y 135 días. En general se observa que la fracción soluble de los tallos fue superior al de la hoja desde las etapas iniciales de crecimiento hasta los 135 días de edad. En forma complementaria, la mayor fracción soluble en tallos y la mayor fracción degradable en hojas, en ambos casos, con tasas de degradación que disminuyen al aumentar la edad, explican la decreciente degradabilidad de ambas partes de la planta a través del tiempo. La aparición de la flor deterioró aún más la degradabilidad del forraje y la emergencia de la mazorca vino a enriquecer el nivel de materia potencialmente degradable, el cual también decrece lentamente con el

tiempo. Con la información disponible, conviene estructurar dos tipos de cultivo para la producción de forraje. El primero, caracterizado por la producción de materia seca altamente degradable (>80%) que podría cosecharse alrededor de los 80 días. Si bien el volumen de materia seca a esta edad no sería alto, se podría incrementar aumentando la densidad de siembra. En explotación intensiva, el cultivo podría efectuarse dos veces en el mismo período estacional. El segundo modo de cultivo, conocido como tradicional, está tipificado por un alto volumen de materia seca por unidad de área, el cual estaría relativamente enriquecido con carbohidratos solubles debido a la formación de la mazorca, permitiendo solamente una cosecha al año. Cuando el grano está maduro, se estima que cerca del 50% de materia seca y 1/3 de total de nutrientes digestibles (TND) queda en el campo después de remover las mazorcas, por lo que el rastrojo puede usarse para la alimentación del ganado (Schaller, 1978). Con frecuencia, en el trópico, los productores de maíz acostumbran defoliar las plantas para dar alimento a sus animales, encontrándose (Sánchez y Oliviera, 1973) que la eliminación de las hojas inferiores a la mazorca principal, no afecta la producción de maíz, después de la quinta semana posterior a la floración.

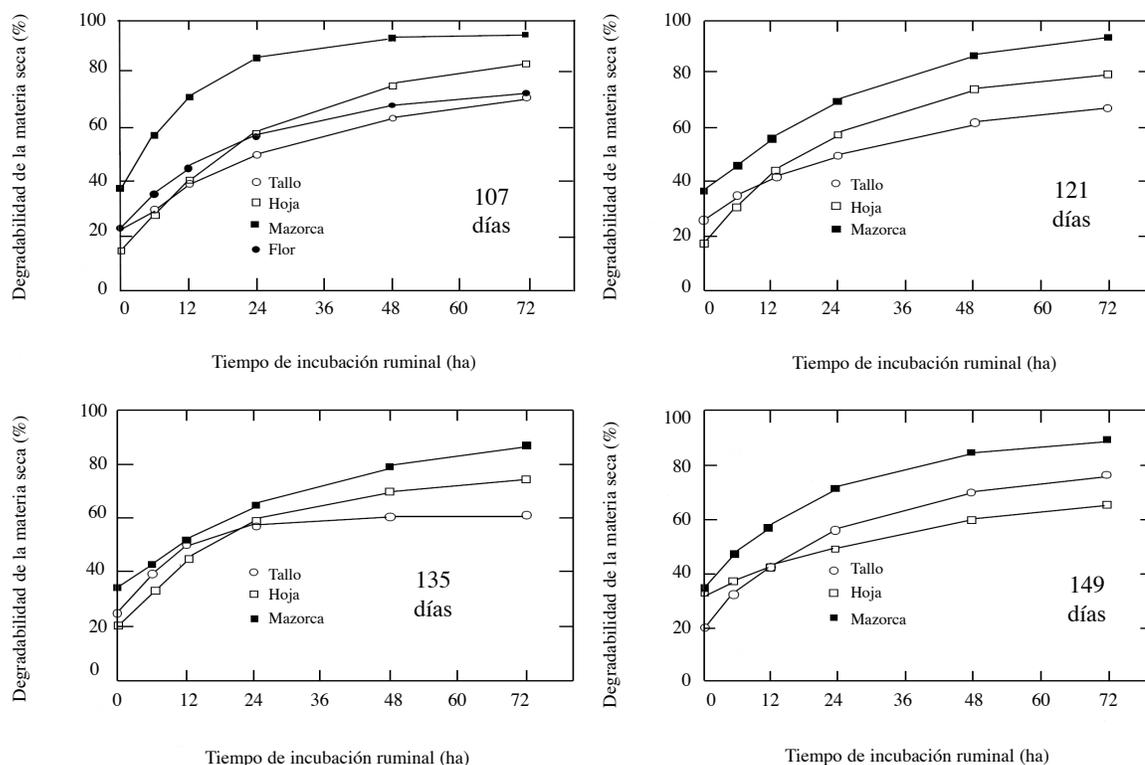


Figura 2. Degradabilidad ruminal de la materia seca en hojas, tallos, flores y mazorcas de la planta de maíz en estado de pos-floración.

CONCLUSIONES

Se determinó la cinética de la degradación ruminal de la planta de maíz en los diferentes estados de crecimiento. Hasta los tres meses, se mostró en hoja y tallo una importante fracción soluble y una tasa alta de degradación de la fracción soluble. El tallo mostró una degradabilidad potencial mayor que las hojas, desde edades tempranas hasta los 120 días. Con la aparición de la mazorca, 3,5 – 4 meses de edad, se enriqueció la degradabilidad de la planta entera. Los resultados mostraron un excelente aprovechamiento ruminal de la planta de maíz en estadios menores a 80 días, permitiendo diseñar cultivos intensivos y tener la posibilidad de obtener forraje de muy alta calidad, dos veces en la misma época lluviosa del año. Estos rendimientos podrían verse aumentados si adicionalmente se practica una alta densidad de siembra (100-150kg/ha de semilla).

LITERATURA CITADA

- ALDRICH, S.R.; LENG, E.R. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 p.
- BRUNO, O.A.; ROMERO, L.A.; DIAZ, M.C.; GAGGIOTTI, M.C. 1995. Efecto del momento de corte del maíz para ensilaje sobre la producción de leche. INTA, Reporte Técnico. Argentina. 100 p.
- LEÓN, C.E. 1980. Efecto de la defoliación en maíz (*Zea mays*) para la alimentación animal. Tesis de licenciatura. Centro Universitario del Atlántico, Universidad de Costa Rica. 81 p.
- MONGE, L. A. 1989. Cultivo del maíz. San José, C.R. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 238 p.
- ORSKOV, E.R. 1984. Evaluation of residues and agroindustrial by-products using the nylon bag method. FAO- ILCA Publication. Roma, Italia. 128 p.
- ORSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92: 499-503.
- PICCIONI, M. 1970. Diccionario de Alimentación Animal. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 819 p.
- SANCHEZ, C.H.; OLIVIERA, A.C. 1973. Producción de materia seca y estimación del potencial fotosintético mediante la defoliación artificial en maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Reunión de maicero de la Zona Andina (CIAT). p.45-55.
- SCHALLER, F.W. 1978. Crops for silage. Cooperative Extension Service, Iowa State University. 8p.
- VASQUEZ, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. p. 36.