

Biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con nitrógeno

Ruminal bioavailability of minerals from King Grass (*Pennisetum purpureum*) fertilized with nitrogen

Juan Avellaneda-Cevallos^{1,2,4}, George Bazán-Vaca^{2,3}, Denisse Arana-Sánchez⁴, David Bajaña-Guanoluisa⁴, Rocío Herrera-Herrera⁵, Luis Pinargote-García⁴

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo- Los Ríos Ecuador. “La María” km 7 vía Quevedo-El Empalme. *Correspondencia: javellaneda@uteq.edu.ec

²Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Universidad UTE, Santo Domingo de los Tshachilas.

³Dirección de Gestión de Fomento y Desarrollo Productivo, Prefectura de Esmeraldas, Esmeraldas.

⁴Programa de Ganadería y Pastos, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

⁵Carrera de Medicina Veterinaria, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador

Rec.: 11.10.2021 Acept.: 02.03.2022

Publicado el 30 de junio de 2022

Resumen

El presente proyecto se desarrolló en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y en el Laboratorio de Análisis Bromatológico de la Universidad UTE. Se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada con urea (0, 25, 50 y 75 kg de N ha⁻¹) sobre la degradabilidad (biodisponibilidad) ruminal *in situ* (DIS) de los macrominerales (Ca, P y Mg) del pasto King Grass cosechado a los 40 días de rebrote. Para el análisis estadístico se empleó un diseño de bloques completos al azar, donde los criterios de bloqueo fue el animal donde se realizó la incubación ruminal, respectivamente. Los niveles de fertilización nitrogenada provocaron cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de Ca, P y Mg del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación, acción que en la mayoría de los casos afectó la cinética de degradación del pasto en sus diferentes fracciones (Fracción soluble (A), Fracción insoluble pero potencialmente degradable (B), Fracción indegradable (c). Potencial de degradación ruminal (A+B).

Palabras claves: *dgradabilidad, rumen, fertilización, nitrógeno, minerales.*

Abstract

The present research project was developed at the Pichilingue Tropical Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIAP) and at the Bromatological Analysis Laboratory of the UTE University. The effect of nitrogen fertilization with urea (0, 25, 50 and 75 kg of N ha⁻¹) on *in situ* ruminal degradability (bioavailability) of the macrominerals (Ca, P and Mg) was evaluated) of the King Grass harvested at 40 days of regrowth. A randomized complete block design was used for the statistical analysis, where the blocking criteria was the animal where the ruminal incubation was performed, respectively. Nitrogen fertilization levels caused changes in ruminal bioavailability (degradation) of Ca, P and Mg of *Pennisetum purpureum* grass at different incubation hours, an action that in most cases affected the degradation kinetics of the grass in their different fractions (soluble fraction (A), insoluble but potentially degradable fraction (B), unpleasant fraction (c). Potential for ruminal degradation (A+B).

Keywords: *degradability, rumen, fertilization, nitrogen, minerals.*

Introducción

Los pastos constituyen la principal fuente de nutrientes para la alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales. El principal atributo de los pastos tropicales es su gran capacidad para producir materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino especializado en la producción de leche, así como al de doble propósito y de carne (Sánchez, 2017). Los forrajes de corte en general presentan ventajas morfológicas y fisiológicas, que los hacen deseables en condiciones edafológicas y ambientales específicas, por lo que se requiere su caracterización inicial previa a su utilización en cada región productora (Murillo *et al.*, 2015)

La mayor parte de los rumiantes en el país dependen casi exclusivamente de los forrajes para cubrir sus requerimientos nutricionales; sin embargo, estos forrajes rara vez se acercan al óptimo de nutrientes requeridos por el ganado, lo cual, a través, de pruebas realizadas en todo el mundo han demostrado que la deficiencia de minerales en el rumiante ocasiona problemas tales como retraso en el crecimiento (Pittaluga, 2008), baja eficiencia reproductiva, baja en la producción de leche, disminución en el peso al destete, aumento en la frecuencia y severidad a las enfermedades (Murieta, 2009)

Es imposible obtener un alto nivel de producción animal con pastos tropicales si no se aplican razonablemente principios claves de nutrición. Es decir, si se determinan los factores botánicos, ambientales y de manejo que permitan planificar el uso de la pastura y así lograr un adecuado contenido nutricional (Larios, 2016), por lo anterior, el presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de determinar el contenido de minerales que son aprovechados por el animal, con el fin de conocer la manera eficiente de como suplir las necesidades diarias de los hatos en términos de minerales y de su disponibilidad. Una de las variedades de pasto más utilizada es el King Grass (*Pennisetum purpureum*), que se desconoce la degradabilidad de sus minerales, por ello, se presentó el objetivo con el fin de determinar los efectos de la fertilización nitrogenada sobre la biodisponibilidad ruminal *in-situ* de minerales del pasto *Pennisetum purpureum*.

Materiales y métodos

La primera etapa la investigación se la realizó en el Programa de Ganadería y Pastos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del

Ecuador (INIAP), ubicada a 1°01'43" de latitud Sur y 79°27'48" de longitud Oeste, a una altura de 51 msnm, en el km 7 de la vía Quevedo-El Empalme, culminando en una segunda etapa de la investigación que se realizó en los laboratorios de Química del campus de la Universidad UTE sede Santo Domingo ubicado en la vía a Chone en el km 4 ½.

Técnicas y procedimiento.

Se empleó la técnica de la bolsa de nylon, donde las muestras de los pastos King Grass fueron introducidas dentro del rumen del animal y sometidas a la acción microbiana para establecer la biodisponibilidad *in situ* (Ørskov & McDonald, 1979). Los equipos utilizados fueron una báscula con capacidad de 500 kg, una balanza con capacidad de un kg, un espectrofotómetro de absorción atómica, una estufa de aire forzado, un molino Thomas Willey, una balanza analítica, cuatro bovinos fistulados en rumen con 450 kg de PV (aproximadamente), de sexo macho. Los animales fueron alimentados *ad libitum* ya que estaban en un potrero a pastoreo con cerco eléctrico, además contaron con agua a libre disposición.

Se realizó el corte de igualación al lote de King Grass y se fertilizó con cuatro niveles de nitrógeno (0, 25, 50 y 75 kg N ha⁻¹) cosechado a los 40 días de edad. El material a evaluar, fue secado en una estufa a 65° C por 48 horas y se determinó su materia seca parcial, posteriormente fue molido a 2 mm (Avellaneda-Cevallos *et al.*, 2008). Las submuestras destinadas para determinar la dinámica de degradación ruminal, fueron molidas a 2 mm y puestas en bolsas de nylon (material indigestible). Cada bolsa contendrá 10 (± 0.005) gramos de muestra.

Las bolsas de nylon tuvieron una superficie de 10 x 20 cm, con una porosidad de 40 a 60 µm de diámetro. Estas fueron introducidas con cadenas atadas con una cuerda a la tapa de la cánula. Las incubaciones se realizaron de manera inversa a 72, 48, 24, 12, 6, 3 y 0 horas. Para cada tiempo de incubación por edad de corte, se incubarán muestras en duplicado en los cuatro toretes que fueron considerados como repeticiones. Una vez terminada la incubación, las cadenas con bolsas de nylon fueron extraídas del rumen. Luego, las bolsas se lavaron con agua fría. Las bolsas fueron finalmente secadas en un horno de aire forzado a 65°C por 48 horas y pesadas (Barrera-Álvarez *et al.*, 2015). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio perteneciente a la Universidad UTE.

El diseño experimental que se utilizó para el análisis estadístico de la biodisponibilidad ruminal *in situ* de los macrominerales (Ca, P, y Mg), fue el de Bloques Completamente al Azar, siendo el animal el criterio de bloqueo, respectivamente, utilizando el

siguiente modelo aditivo: $Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + \epsilon_{ijk}$, donde: Y_{ij} : Variable de respuesta, μ : Medio general, t_i : Efecto de los tratamientos, b_j : Efecto de los bloques (animal), ϵ_{ijk} : Efecto del error experimental. Para la diferencia entre las medias de tratamientos, se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Avellaneda-Cevallos *et al.*, 2007), y para el procesamiento de los datos se usó el procedimiento de los modelos lineales generales (PROC GLM) con el programa estadístico SAS (SAS/STAT, 2004).

Resultados y discusión

Biodisponibilidad ruminal *in situ* del Calcio (%)

La biodisponibilidad ruminal *in situ* in del Calcio (%) contenido en el pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con diferentes niveles de nitrógeno (N) (0, 25, 50 y 75 kg N ha⁻¹), presentó diferencias estadísticas (P<0.05). Se observó que la biodisponibilidad del Calcio en los diferentes tiempos de incubación, fue influenciada por el nivel de fertilización nitrogenada aplicada (Cuadro 1). El pasto se caracterizó por contener una mayor biodisponibilidad del Calcio hasta las 24 horas de incubación y con la

aplicación de 75 kg N ha⁻¹ (P<0.05). Cabe indicar que, si bien es cierto se observó que hasta las 48 y 72 h, el Calcio seguía siendo liberado al medio ruminal (64.47 y 64.51%, respectivamente), pero esta liberación fue mínima al compararse con la ya obtenida hasta las 24 h (63.35%) con ese nivel de fertilización (75 kg N ha⁻¹) (P<0.05).

El análisis de varianza mostro efectos significativos (P<0.05) de los cuatro niveles de N empleados sobre la fracción soluble (A), fracción insoluble pero potencialmente biodisponible (B), fracción indegradable (c), fracción biodisponible (A+B), tasa de degradación (biodisponible) y la degradabilidad efectiva (DE) del Calcio. Estas características de la cinética de degradación (biodisponibilidad) del Calcio se muestra en el Cuadro 1, donde el modelo estimó que la fracción más soluble (a) y la indegradable no necesariamente fue con el mayor nivel de N aplicado (P<0.05), ya que las mejores categorizaciones se evidenciaron con el pasto que no recibió fertilización y el del menor nivel de N aplicado. Sin embargo, la fracción b y a+b, fueron significativamente superior al testigo y a los otros niveles de nitrógeno utilizado (P<0.05). La tasa e degradación (biodisponibilidad)

Cuadro 1. Parámetros de la cinética de la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Calcio (%)

Horas de incubación	Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)				EEM	P<0.05
	0	25	50	75		
0	27.32 ab	27.46 a	25.97 bc	25.79 c	0.168	0.0109
3	38.43 b	38.77 b	38.71 b	39.54 a	0.047	0.0001
6	45.99 c	46.43 c	47.04 b	48.41 a	0.057	<0.0001
12	54.61 c	55.12 c	56.07 b	57.81 a	0.086	<0.0001
24	60.44 c	60.94 bc	61.61 b	63.35 a	0.100	<0.0001
48	61.95 b	62.42 b	62.83 b	64.47 a	0.117	0.0002
72	62.02 b	62.49 b	62.88 b	64.51 a	0.116	0.0002
Parámetros de la cinética de biodisponibilidad						
A	27.32 ab	27.46 a	25.97 bc	25.79 c	0.168	0.0109
B	34.71 c	35.19 c	36.91 b	38.72 a	0.046	0.0001
c	37.98 a	37.35 ab	37.12 b	35.50 c	0.087	<0.0001
A+B	62.02 c	62.65 cb	62.88 b	64.51 a	0.087	<0.0001
kd	0.129 c	0.130 bc	0.141 ab	0.147 a	0.0004	0.0031
DE						
k 0.02	57.35 c	57.96 b	58.29 b	59.85 a	0.062	<0.0001
k 0.05	52.31 c	52.87 b	53.21 b	54.64 a	0.043	<0.0001
k 0.08	48.72 c	49.24 b	49.52 b	50.82 a	0.034	<0.0001

^{abcd} Medias con letras diferentes entre filas difieren (p<0.05). A: Degradación de la fracción soluble (%). B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable (%). C: Fracción indegradable. A+B: Potencial de degradación ruminal. kd: Tasa de degradación en % por hora. DE: Degradación efectiva. k: tasa de pasaje al 0.02, 0.05 y 0.08%

fue mayor ($P<0.05$) cuando el nivel de N fue mayor. La degradación (biodisponibilidad) efectiva (DE) del Calcio en sus diferentes tasas de pasaje (2, 5 y 8% h), fue mayor ($P<0.05$) para el pasto fertilizado con el mayor nivel de N (75 kg N ha^{-1}). Debe indicarse que es poca la información asociada a la biodisponibilidad de los minerales a nivel ruminal, pero los datos de la presente investigación coinciden con los de Correa (2006), quien reportó que la fertilización nitrogenada tuvo efectos positivos en la biodisponibilidad ruminal del Ca del pasto Kikuyo.

Biodisponibilidad ruminal *in situ* del Fósforo (%)

En el mismo sentido, la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Fósforo (%) presentó diferencias estadísticas ($P<0.05$) (Cuadro 2). Caracterizándose por contener una mayor biodisponibilidad del Fósforo hasta las 24 horas de incubación con la aplicación del mayor nivel de N (75 kg N ha^{-1} , $P<0.05$). Se pudo observar que el Fósforo seguía siendo liberado al medio ruminal (67.79 y 67.81%, respectivamente) hasta las 48 y 72 h ($P<0.05$). Los datos de la presente investigación coinciden con los de Correa (2006), quien reportó que la fertilización nitrogenada tuvo efectos positivos en la

biodisponibilidad ruminal del P del pasto Kikuyo.

La cinética de degradación (biodisponibilidad) del Fósforo se muestra en el Cuadro 2, donde el modelo estimó que la fracción más soluble (A), la fracción potencialmente biodisponible (A+B), la degradabilidad efectiva (DE) en sus diferentes tasas (2, 5 y 8%) fue mayor con el nivel más alto de N aplicado ($P<0.05$). Sin embargo, la fracción B, no presentó diferencias significativas entre los niveles de nitrógeno utilizado ($P>0.05$). La fracción indegradable (c) fue significativamente mayor ($P<0.05$) con el testigo 0 kg N ha^{-1} .

Biodisponibilidad ruminal *in situ* del Magnesio (%)

En el caso de la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Magnesio (%) también se presentó diferencias estadísticas ($P<0.05$) hasta las 12 horas de incubación (Cuadro 3). Se observó que luego de las 12 h (entre las 24 y 72 h), el Magnesio seguía siendo liberado al medio ruminal ($P>0.05$), pero esta liberación fue mínima al compararse con la ya obtenida hasta las 12 h con todos niveles de fertilización (25, 50 y 75 kg N ha^{-1}) ($P<0.05$). Las manifestaciones coinciden con las de Correa (2006), quien reportó que la fertilización

Cuadro 2. Parámetros de la cinética de la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Fósforo (%).

Horas de incubación	Nivel de nitrógeno (kg ha^{-1})				EEM	P<0.05
	0	25	50	75		
0	45.06 d	46.69 c	47.99 b	49.87 a	0.117	<0.0001
3	51.68 c	52.46 c	54.17 b	55.86 a	0.112	<0.0001
6	55.88 c	56.34 c	58.24 b	59.86 a	0.150	<0.0001
12	60.26 c	60.74 c	62.67 b	64.28 a	0.152	<0.0001
24	62.76 c	63.69 c	65.43 b	67.11 a	0.120	<0.0001
48	63.25 d	64.48 c	66.05 b	67.79 a	0.114	<0.0001
72	63.27 d	64.52 c	66.08 b	67.81 a	0.115	<0.0001
Parámetros de la cinética de biodisponibilidad						
A	45.06 d	46.68 c	47.98 b	49.87 a	0.117	<0.0001
B	18.21 a	17.77 a	18.10 a	17.95 a	0.067	0.1803
c	36.76 a	35.55 b	33.92 c	32.19 d	0.115	<0.0001
A+B	63.27 d	64.45 c	66.08 b	67.81 a	0.115	<0.0001
Kd	0.151 a	0.131 a	0.139 a	0.136 a	0.0003	0.2514
DE						
k 0.02	61.13 c	62.06 c	63.81 b	65.51 a	0.112	<0.0001
k 0.05	58.72 c	59.50 c	61.30 b	62.97 a	0.116	<0.0001
k 0.08	56.94 c	57.67 c	59.48 b	61.15 a	0.118	<0.0001

^{abcd} Medias con letras diferentes entre filas difieren ($p<0.05$). A: Degradación de la fracción soluble (%). B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable (%). C: Fracción indegradable. A+B: Potencial de degradación ruminal. kd: Tasa de degradación en % por hora. DE: Degradación efectiva. k: tasa de pasaje al 0.02, 0.05 y 0.08%

Cuadro 3. Parámetros de la cinética de la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Magnesio (%)

Horas de incubación	Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)				EEM	P<0.05
	0	25	50	75		
0	51.26 b	51.38 ab	51.47 a	51.38 ab	0.022	0.0451
3	57.48 c	57.73 c	58.25 b	58.68 a	0.032	<0.0001
6	61.81 d	62.13 c	62.79 b	63.26 a	0.018	<0.0001
12	66.92 b	67.28 ab	67.86 a	67.68 a	0.060	0.0068
24	70.59 a	70.94 a	71.15 a	70.16 a	0.187	0.3218
48	71.65 a	71.97 a	71.94 a	70.64 a	0.228	0.2032
72	71.70 a	72.02 a	71.97 a	70.66 a	0.229	0.1946
Parámetros de la cinética de biodisponibilidad						
A	51.26 b	51.38 ab	51.47 a	51.38 ab	0.022	0.0451
B	20.46 a	20.62 a	20.50 a	19.27 a	0.208	0.1439
c	28.29 a	28.00 a	28.03 a	29.34 a	0.228	0.1989
A+B	71.71 a	71.99 a	71.97 a	70.66 a	0.228	0.1989
Kd	0.121 b	0.122 b	0.134 ab	0.161 a	0.0003	0.0132
DE						
k 0.02	68.81 a	69.10 a	69.30 a	68.46 a	0.162	0.3377
k 0.05	65.73 a	66.02 a	66.40 a	65.99 a	0.100	0.1966
k 0.08	63.57 b	63.85 ab	64.30 a	64.15 a	0.062	0.0101

^{abcd} Medias con letras diferentes entre filas difieren ($p < 0.05$). A: Degradación de la fracción soluble (%). B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable (%). C: Fracción indegradable. A+B: Potencial de degradación ruminal. kd: Tasa de degradación en % por hora. DE: Degradación efectiva. k: tasa de pasaje al 0.02, 0.05 y 0.08%

nitrogenada provocó mejoras en la biodisponibilidad ruminal de este mineral del pasto Kikuyo.

El análisis de varianza mostro efectos significativos ($P < 0.05$) de los cuatro niveles de N empleados sobre la fracción soluble (A), la tasa de pasaje (Kd) y la degradabilidad efectiva con una tasa de pasaje ($k=8$) de 8% por hora, sin embargo, la fracción insoluble pero potencialmente biodisponible (B), fracción indegradable (c), fracción biodisponible (A+B), tasa de degradación (biodisponible) y la degradabilidad efectiva (DE) del Magnesio, no presentó diferencias estadísticas ($P > 0.05$). Estas características de la cinética de degradación (biodisponibilidad) del Magnesio se muestra en el Cuadro 3, donde el modelo estimó que la fracción más soluble (A) la tasa de pasaje (Kd) y la degradabilidad efectiva con una tasa de pasaje ($k=8$) de 8% por hora presentó diferencias, estas no necesariamente fueron linealmente creciente por acción del nivel de N aplicado ($P < 0.05$), ya que categorizaciones estadísticas que se evidenciaron no estrictamente se presentaron con el mayor nivel de N aplicado.

Conclusiones

Los niveles de fertilización nitrogenada provocaron cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de Ca, P y Mg del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación, acción que en la mayoría de los casos afectó la cinética de degradación del pasto en sus diferentes fracciones (Fracción soluble (A), Fracción insoluble pero potencialmente degradable (B), Fracción indegradable (c). Potencial de degradación ruminal (A+B).

Literatura citada

- Avellaneda-Cevallos, J., Cabezas, F., Quintana, G., Luna, R., Montañez, O., Espinoza, Í., . . . Pinargote, E. (2008). Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha. *Ciencia y Tecnología*, 87-94. Obtenido de https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_articulo_5.pdf
- Avellaneda-Cevallos, J., Gozález-Muñoz, S., Pinos-Rodríguez, J., Hernández-Garay, A., Montañez-Valdez, O., & Ayala-Oseguera, J. (2007). Enzimas

- fibrolíticas exógenas en la digestibilidad in vitro de cinco ecotipos de *Brachiaria*. *Agronomía Mesoamericana*, 11-17. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5032/4839>
- Barrera-Álvarez, A., Avellaneda-Cevallos, J., Tapiá-Moreno, E., Peña-Galeas, M., Molina-Hidrovo, C., & Casanova-Ferrín, L. (2015). Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. *Ciencia y Tecnología*, 13-27. Obtenido de https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_V8%20N2%20Barrera%20et%20al.pdf
- Correa, H. (2006). Cinética de la liberación ruminal de macrominerales en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development*. Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd18/2/corr18031.htm>
- Larios, M. (2016). *Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Zamorano*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5854>
- Murieta, J. (2009). *Diagnóstico del contenido mineral en suelo, planta y del suero sanguíneo de búfalos de agua (buba/us bubalis), alimentados al pastoreo, en el fundo "san eugenio de mazenod", en el distrito de José Crespo y Castillo*. Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María. Obtenido de Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María: <https://1library.co/document/q76p02dy-diagnostico-contenido-sanguineo-alimentados-pastoreo-eugenio-distrito-castillo.html>
- Murillo, L., Marcheco, C., Ribera, R., Perdomo, A., Panta, P., & Murillo, A. (2015). Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador - Yield and quality of two species of *Pennisetum* in Ecuador. *Revista Electrónica de Veterinaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63641401005.pdf>
- Ørskov, E., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. Obtenido de <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/estimation-of-protein-degradability-in-the-rumen-from-incubation-measurements-weighted-according-to-rate-of-passage/E2DB4F2290E374E10E9800E512D127A7>
- Pittaluga, O. (2008). *Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay*. Obtenido de https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc20601a9e3e.pdf
- Sánchez, J. (13 de abril de 2017). *Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero*. Obtenido de XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal: <https://xdoc.mx/preview/utilizacion-eficiente-de-las-pasturas-tropicales-en-la-5dcdb5e2e8938>
- SAS/STAT. (2004). *Software SAS/STAT*. Obtenido de <https://www.softwareseleccion.com/sasstat-p-4027>