

Efecto en la fertilización nitrogenada en la biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto (*pennisetum purpureum*) cosechado a los 60 días

Effect of nitrogen fertilization on rumen bioavailability of minerals from pasture (*pennisetum purpureum*) harvested at 60 days

Efeito da adubação nitrogenada na biodisponibilidade ruminal de minerais de pastagem (*pennisetum purpureum*) colhido aos 60 dias

Pedro Jhon Reinel-Valencia

pedro.reinel@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1341-5446>

Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

RESUMEN

El objetivo general del presente estudio fue cuantificar el efecto de la fertilización nitrogenada en la biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto *Pennisetum purpureum* cosechado a los sesenta días. La metodología empleada para tal fin fue de tipo descriptiva, con diseño experimental, siendo que la indagación se desarrolló en dos etapas la primera de ellas en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP) y la segunda en el laboratorio de química del campus universitario de la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo en Ecuador. El software SAS, fue determinante para estimar los diferentes parámetros de degradabilidad ruminal. Se concluye que: a) la cinética de degradación del pasto King grass relacionada a sus diferentes fracciones: soluble (A), insoluble pero potencialmente degradable (B), indegradable (C), potencial de degradación ruminal (A+B), fueron afectadas positivamente por el uso de los niveles de fertilización nitrogenada, los mismos que provocaron cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de los macrominerales (Ca, P, Mg y K) del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación y b) la cinética de degradación del pasto King grass relacionada a sus diferentes fracciones: soluble (A), insoluble pero potencialmente degradable (B), indegradable (C), potencial de degradación ruminal (A+B), fueron afectadas positivamente por el uso de los niveles de fertilización nitrogenada, los mismos que provocaron cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de los microminerales (Mn y Cu) del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación.

Palabras claves: Degradabilidad, Rumen, Rumiología, Fertilización, Nitrógeno, Macro y microminerales.

ABSTRACT

The general objective of this study was to quantify the effect of nitrogen fertilization on the rumen bioavailability of minerals of the *Pennisetum purpureum* grass harvested at sixty days. The methodology used for this purpose was descriptive, with an experimental design, and the investigation was carried out in two stages, the first one at the Pichilingue Tropical Experimental Station (INIAP) and the second in the chemistry laboratory of the university campus of the Equinoccial Technological University, Santo Domingo, Ecuador. The SAS software was decisive to estimate the different parameters of rumen degradability. It is concluded that: a) the degradation kinetics of King grass related to its different fractions: soluble (A), insoluble but potentially degradable (B), non-degradable (C), ruminal degradation potential (A+B), were affected positively by the use of nitrogen fertilization levels, which caused changes in the rumen bioavailability (degradation) of the macrominerals (Ca, P, Mg and K) of the *Pennisetum purpureum* grass in the different hours of incubation and b) the kinetics of degradation of King grass related to its different fractions: soluble (A), insoluble but potentially degradable (B), indegradable (C), rumen degradation potential (A+B), were positively affected by the use of fertilization levels nitrogenous, the same ones that caused changes in the ruminal bioavailability (degradation) of the microminerals (Mn and Cu) of the *Pennisetum purpureum* grass in the different hours of incubation.

Keywords: Degradability, Rumen, Rumiology, Fertilization, Nitrogen, Macro and microminerals.

RESUMO

O objetivo geral deste estudo foi quantificar o efeito da adubação nitrogenada sobre a biodisponibilidade ruminal de minerais do capim *Pennisetum purpureum* colhido aos sessenta dias. A metodologia utilizada para o efeito foi descritiva, com um desenho experimental, e a investigação foi realizada em duas fases, a primeira na Estação Experimental Tropical de Pichilingue (INIAP) e a segunda no laboratório de química do campus universitário da Equinoccial Universidade Tecnológica, Santo Domingo, Equador. O software SAS foi decisivo para estimar os diferentes parâmetros de degradabilidade ruminal. Conclui-se que: a) a cinética de degradação do capim-rei em relação às suas diferentes frações: solúvel (A), insolúvel mas potencialmente degradável (B), não degradável (C), potencial de degradação ruminal (A+B), foi afetado positivamente pelo uso de níveis de adubação nitrogenada, o que provocou alterações na biodisponibilidade ruminal (degradação) dos macrominerais (Ca, P, Mg e K) do capim *Pennisetum purpureum* nas diferentes horas de incubação e b) na cinética de degradação do capim-rei em relação às suas diferentes frações: solúvel (A), insolúvel mas potencialmente degradável (B), indegradável (C), potencial de degradação ruminal (A+B), foram afetados positivamente pelo uso de níveis de adubação nitrogenada, as mesmas que causaram alterações na biodisponibilidade ruminal (degradação) dos microminerais (Mn e Cu) do capim *Pennisetum purpureum* nas diferentes horas de incubação.

Palavras-chave: Degradabilidade, Rumen, Rumiologia, Fertilização, Nitrogênio, Macro e microminerais.

Introducción

El manejo adecuado y permanente de los pastos constituye una herramienta fundamental por sus múltiples efectos beneficiosos para el negocio agrario que se traducen en la disposición de alimentos de calidad para el ganado, la conservación de los suelos y la reducción de los costes de producción, entre otros significativos aspectos. La obtención de los mejores pastos es una labor que implica considerar ineludiblemente diversos parámetros para incrementar la calidad y producción del forraje como son las fuentes de agua, nivelación del terreno, y la fertilidad del suelo, pues es trascendental que contengan los minerales necesarios para la nutrición vegetal como son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio. En este sentido, las plantas forrajeras se entienden como todos aquellos elementos de origen vegetal, que sirven para la alimentación de los animales que contienen un valor nutritivo y están disponibles para ser consumida por el ganado (Jewsbury, 2016).

Es importante manifestar que hay una gran diversidad de especies de forrajes, las mismas se clasifican atendiendo, según Jewsbury (2016) a criterios como: grupo o familia botánica a la que pertenecen; contenido de materia seca (%MS) y fibra bruta; origen con respecto a la región; longevidad y; por su época de crecimiento. Es así que, las plantas forrajeras dentro de una explotación pecuaria son vitales por el servicio que prestan como recurso de cobertura alimentaria, de este modo, para garantizar la disponibilidad de este bien se debe realizar una selección de este tipo de vegetal adecuadas para el clima donde se tiene la ganadería.

Contextualizando este estudio, la ganadería en el Ecuador depende del pastoreo, debido a que el pasto presenta ciertas particularidades que convierten en la alternativa ideal para asegurar la disponibilidad de sustento para el ganado, como el hecho de constituir un alimento económico y de brindar todos los nutrientes necesarios para un buen desempeño animal (León, Bonifaz, & Gutiérrez, 2018). Es así que, los principales resultados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) revelan que las tierras destinadas para el cultivo de diversas variedades de pastos ocupan una superficie de 2.065.699 hectáreas; siendo las variedades saboya y pasto mixto las más representativas a nivel nacional. En porcentajes el pasto Saboya representa el 40,94%; el pasto mixto 25,35%; gramalote 7,24%, brachiaria 6,49%, pasto miel 6,49% y un 13,48% corresponde a otros pastos del total nacional (ESPAC, 2021, pág. 25).

Ahora bien, pese a la importancia de las tierras para pastizales en la República de Ecuador, el uso inadecuado de los suelos ha ocasionado una compleja situación de que inevitablemente requiere la aplicación de estrategias a nivel nacional para identificar y resolver los problemas que afectan la producción de los mismos. La literatura especializada da cuenta de que, en Ecuador, la sustitución del bosque nativo por pastizales en las zonas tropicales que abarca la región Costa y Amazonía, los territorios subtropicales como el pie de monte andino y las regiones de clima templado-frío como el páramo andino, ha tenido efectos perjudiciales evidenciados en la compactación, acidificación y baja población de microorganismos en el suelo, entre otros más (Bravo, y otros, 2017).

En atención a lo anterior, es menester buscar alternativas tendientes a elevar el rendimiento y la productividad de las tierras de uso agrícola para pastos y, en este cometido las especies de gramíneas como el *Pennisetum purpureum cv. King Grass*, se ha convertido en una opción para atender las necesidades diarias de alimentación del ganado en los hatos. Esta variedad de pasto, a decir de (Chacón, 2008), se caracteriza por poseer una buena producción de biomasa con una calidad nutricional aceptable, no obstante, para aprovechar al máximo las bondades que ofrece la composición estructural de este pasto Araya y Boschini (2005) consideran que se debe tener en cuenta, la edad de rebrote la cual se encuentra íntimamente ligada a la relación hoja-tallo y edad de la cosecha de tal forma que presenten las más aptas características físicas y químicas del material ofrecido a los animales.

Asimismo, Avellaneda, Bazán, Arana, Bajaña, Herrera, y Pinargote (2022) denotan que a la hora de seleccionar un pasto para el consumo animal es esencial tener en consideración los principios claves de nutrición en la idea de suministrar un adecuado contenido de suplementos minerales a los

animales. Igualmente es importante determinar la digestibilidad del alimento, pues es un valor variable entre distintos nutrimentos y posee un valor práctico debido a que una digestión incompleta frecuentemente representa pérdidas en la cadena productiva (Valencia, Giraldo, & Correa, 2011). La digestibilidad de los nutrientes es la diferencia, expresada como un porcentaje, entre los nutrientes presentes en el alimento ingerido y la fracción correspondiente no digerida que aparece en la excreta (Valencia, Giraldo, & Correa, 2011).

Los pastos de la familia *Pennisetum purpureum* son muy utilizados especialmente en los sistemas tropicales, pero no existe una caracterización productiva que defina la producción promedio de los cultivares específicos ya que en la actualidad existen diferentes factores internos y externos que restringen la producción forrajera y entre ellos el más importante es el clima lo cual crea una necesidad alimentaria en forma estacional. Otros factores externos son el manejo y las condiciones físicas, químicas y características de los terrenos utilizados como pendientes elevadas, baja fertilidad y escasa adaptabilidad de las especies forrajeras (Araya & Boschini, 2005).

Cabe señalar, la importancia de la selección adecuada del terreno para acometer siembra de pastizales, en especial de la variedad *Pennisetum purpureum* cv. *King Grass*, objeto de interés de este estudio, puesto que, tal como refieren López, Oliva, Huerta, Urrelo, Vásquez, y Acosta (2021) en zonas altas como puede ser la región Amazonas los suelos son de baja cobertura de vegetación natural, y presentan limitantes nutricionales como nitrógeno, fósforo y elevado contenido de aluminio propio de zonas altas con frecuente presencia de precipitaciones. Sin embargo, los datos nacionales y regionales existentes sobre los contenidos y la biodisponibilidad de los minerales de interés en las pasturas son escasos e incompletos (Ramos, Cabrera, Astigarraga, & Saadoun, 2007).

Con base en lo anterior, surge el interés de desarrollar la presente investigación en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y en el Laboratorio de Análisis Bromatológico de Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), sede Santo Domingo, Ecuador, con el objetivo de cuantificar el efecto de la fertilización nitrogenada en la biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto *Pennisetum purpureum* cosechado a los sesenta días, comparando estos contenidos con las necesidades de los bovinos, así como entre las diferentes zonas del estado.

Materiales y Métodos

La presente investigación es de tipo descriptiva, con diseño experimental, la cual se desarrolló con el propósito de cuantificar el efecto de la fertilización nitrogenada en la biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto *Pennisetum purpureum* cosechado a los sesenta días. De este modo, Hernández, Fernández, y Baptista (2010) afirman que la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (p.80). Por su parte, la investigación experimental, de acuerdo con Silva (2014), se realiza mediante la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular.

En estas consideraciones y como forma de lograr el propósito planteado esta indagación se efectuó en dos etapas, siendo que la primera de ellas contempló el uso de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP), ubicada a 75 msnm, en un área agroecológica denominada como bosque húmedo tropical, y la segunda en el laboratorio de química del campus universitario de la Universidad Tecnológica Equinoccial - sede Santo Domingo. Vía Chone km 4 ½, calle Italia.

Técnicas y Procedimientos

En el desarrollo de las actividades correspondientes a la realización de los ensayos de laboratorio, se acometieron las siguientes acciones conducentes a la medición de los parámetros de análisis de interés:

a.- Se realizó el corte de igualación al lote de King Grass donde fue fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno cosechado a los sesenta días de edad para extraer el material a evaluar, el cual fue secado en una estufa a 65° C por 48 horas para determinar su materia seca parcial, posteriormente fue molido a 2mm.

b.- Los animales que se usaron, fueron cuatro bovinos adultos mestizos con pesos promedio de 300 ± 20 kg de peso vivo, de sexo macho con fistulas en el rumen. Los animales fueron alimentados ad libitum ya que estaban en un potrero a pastoreo con cerco eléctrico, además contaron con agua a libre disposición.

c.- Las submuestras destinadas para determinar la dinámica de degradación ruminal, fueron molidas a 2mm y puestas en bolsas de nylon (material indigestible). Cada bolsa contendrá 10 (± 0.005) gramos de muestra.

d.- Las bolsas de nylon tienen una superficie de 20 x 10 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 a 72, 48, 24, 12, 6, 3 y 0 horas; para lo cual se usaron 14 bolsas por incubación (dos en cada animal) para cada tratamiento.

e.- Las bolsas se introdujeron a partir de la hora 72, y así sucesivamente hasta colocar las bolsas correspondientes a las 0 horas, para sacarlas simultáneamente en la hora 72 posteriores a la primera incubación. Para cada tiempo de incubación por edad de corte, se incubaron muestras en duplicado en cuatro toretes que fueron considerados como repeticiones.

f.- Concluido el periodo destinado para la incubación, las cadenas contentivas de las bolsas de nylon fueron extraídas del rumen. Posteriormente, estas bolsas se sometieron a una rigurosa limpieza con agua fría hasta lograr un líquido transparente. En un siguiente paso para el proceso de secado dichas bolsas fueron colocadas en un horno de aire forzado a 60°C por 48 horas y luego fueron pesadas.

Así también, las muestras fueron analizadas en el Laboratorio perteneciente a la UTE.

El software SAS, aplicando el modelo propuesto por Orskov, Reid, & Kay (1988), fue determinante para estimar los diferentes parámetros de degradabilidad ruminal.

$$DP = a + b (1 - e^{-ct})$$

Dónde:

DP: degradación del alimento durante el tiempo t.

a: es la fracción soluble del alimento.

b: es la fracción no soluble, pero degradable en el rumen.

c: es la tasa fraccional de degradación de la fracción no soluble, pero degradable en el rumen (B)

t: tiempo de permanencia en el rumen

Mientras que la degradabilidad efectiva fue estimada según Orskov y Mc Donald (1979), a través de la siguiente ecuación.

$$DE = A + (B (c / c + k)) (\%)$$

Dónde:

DE= degradación del alimento durante el tiempo t.

A= es la fracción soluble del alimento.

B= es la fracción no soluble, pero degradable en el rumen.

C= es la tasa de degradación de la fracción no soluble, pero degradable en el rumen (B)

K= es la tasa fraccional de pasaje del alimento. (2, 5 y 8%/h).

Resultados y Discusión

Biodisponibilidad ruminal *in situ* del Calcio (%) del pasto King Grass (*Pennisetum Purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno

Los resultados experimentales de la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Calcio (%) presente en el pasto **King grass** (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con diferentes niveles de nitrógeno (N) (0, 25, 50 y 75 kg N ha⁻¹), reportó diferencias estadísticas (P<0.05) en todos los tiempos de incubación estudiados (excepto el tiempo cero), encontrándose que la biodisponibilidad del Calcio fue influenciada por el nivel de fertilización nitrogenada (tabla 1), demostrándose que, con la aplicación de 75 kg N ha⁻¹ (P<0.05), existió una mayor biodisponibilidad de este mineral hasta las 24 horas de incubación, aun cuando se observó que hasta las 48 y 72 h, el Calcio seguía siendo liberado al medio ruminal, sin embargo, esta liberación fue mínima al compararse con la ya obtenida hasta las 24 h, siendo este comportamiento similar para todas las dosis de nitrógeno empleadas pero con una supremacía numérica y una diferencia estadística a favor del nivel de fertilización de 75 kg N ha⁻¹ (P<0.05).

En lo relacionado a la fracción insoluble pero potencialmente biodisponible (B), fracción indegradable (C), fracción biodisponible (A+B), tasa de degradación (biodisponible) y la degradabilidad efectiva (DE) del Calcio, se evidencio efectos significativos (P<0.05) de los cuatro niveles de N empleados (tabla 1), aunque no para la fracción soluble (A) (P>0.05). Se puede indicar que, el modelo matemático empleado estimó que la fracción soluble (A) no presentó diferencias (P>0.05) por efecto del nivel de nitrógeno empleado, sin embargo, fracción B, A+B y la indegradable (C) fueron afectada por el nivel de nitrógeno (P<0.05), siendo las dos primeras significativamente superior en el pasto fertilizado versus al testigo (P<0.05), sin embargo, los resultados de la fracción C, fueron menores con el incremento de nivel de fertilizante empleado, acción favorable cuando lo asociamos a términos nutricionales.

Es evidente que, en la literatura se reporta poca información disponible en lo referente a la biodisponibilidad de minerales. En el caso de la degradabilidad (biodisponibilidad) efectiva (DE) del Calcio en sus diferentes tasas de pasaje (2, 5 y 8% h), se pudo observar que fue mayor (P<0.05) para el pasto fertilizado con el mayor nivel de N (75 kg N ha⁻¹), pudiéndose indicar que, los criterios y respuestas coinciden con las de (Correa, 2006) y (Bazan, 2020) quienes reportaron que la fertilización nitrogenada tuvo efectos positivos en la biodisponibilidad ruminal del Ca del pasto Kikuyo y King grass cosechado a los 40 días, respectivamente.

Cuadro 1: Parámetros de la cinética de la biodisponibilidad ruminal *in situ* del Calcio (%) del pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno.

Horas de incubación	Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)				EEM	P<0.05				
	0	25	50	75						
0	23.80	a	23.46	a	22.81	a	23.51	a	0.4004	0.4029
3	35.04	c	34.77	c	35.71	b	37.79	a	0.1436	<.0001
6	42.52	c	42.43	c	44.07	b	46.73	a	0.1781	<.0001
12	50.83	c	51.12	c	53.02	b	55.81	a	0.1915	<.0001
24	56.16	d	56.94	c	58.39	b	60.75	a	0.1622	<.0001
48	57.43	d	58.42	c	59.53	b	61.63	a	0.2001	<.0001
72	57.48	d	58.49	c	59.57	b	61.65	a	0.2031	<.0001
Parámetros de la cinética de biodisponibilidad										
A	23.80	a	23.46	a	22.81	a	23.51	a	0.4004	0.4029
B	33.68	b	35.03	b	36.76	a	38.14	a	0.3726	<.0001
C	42.52	a	41.52	b	40.43	c	38.35	d	0.2041	<.0001
A+B	57.48	d	58.49	c	59.56	b	61.65	a	0.2041	<.0001
kd	0.136	b	0.130	b	0.144	ab	0.157	a	0.0038	0.0040
DE										
k 0.02	53.14	d	53.82	c	55.08	b	57.33	a	0.1490	<.0001
k 0.05	48.39	c	48.75	c	50.09	b	52.41	a	0.1245	<.0001
k 0.08	44.96	c	45.14	c	46.43	b	48.74	a	0.1205	<.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%

Biodisponibilidad ruminal in situ del fósforo (%) del pasto king grass (*Pennisetum Purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno.

Los resultados experimentales de la biodisponibilidad ruminal in situ del fósforo (%) presente en el pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con diferentes niveles de nitrógeno (N) (0, 25, 50 y 75 kg N ha⁻¹), reportó diferencias estadísticas (P<0.05) en todos los tiempos de incubación estudiados, encontrándose que la biodisponibilidad del fósforo fue influenciada por el nivel de fertilización nitrogenada (tabla 2), demostrándose que, con la aplicación de 75 kg N ha⁻¹ (P<0.05), existió una mayor biodisponibilidad de este mineral hasta las 12 horas de incubación, aun cuando se observó que desde las 24 hasta las 72 h, el fósforo seguía siendo liberado al medio ruminal, sin embargo, esta liberación fue mínima al compararse con la ya obtenida hasta las 12 h, siendo este comportamiento similar para todas las dosis de nitrógeno empleadas pero con una supremacía numérica y una diferencia estadística a favor del nivel de fertilización de 75 kg N ha⁻¹ (P<0.05).

En lo relacionado a la fracción soluble (A), fracción insoluble pero potencialmente biodisponible (B), fracción indegradable (C), fracción biodisponible (A+B), y la degradabilidad efectiva (DE) del fósforo, se evidencio efectos significativos (P<0.05) de los cuatro niveles de N empleados (tabla 1), mientras que, la tasa de degradación (biodisponible) no tuvo el mismo comportamiento. Se puede indicar que, el modelo matemático empleado estimó que la fracción soluble (A) no presentó diferencias (P>0.05) por efecto del nivel de nitrógeno empleado, sin embargo, fracción B, A+B y la indegradable (C) fueron afectada por el nivel de nitrógeno (P<0.05), siendo las dos primeras significativamente superior en el pasto fertilizado versus al testigo (P<0.05), sin embargo, los resultados de la fracción C, fueron menores con el incremento de nivel de fertilizante empleado, acción favorable cuando lo asociamos a términos nutricionales.

La degradabilidad (biodisponibilidad) efectiva (DE) del fósforo en sus diferentes tasas de pasaje (2, 5 y 8% h), se pudo observar que fue mayor (P<0.05) para el pasto fertilizado con el mayor nivel de N (75 kg N ha⁻¹), pudiéndose indicar que, los criterios y respuestas coinciden con las de (Bazan, 2020) quien reportó que la fertilización nitrogenada tuvo efectos positivos en la biodisponibilidad ruminal del fósforo del pasto King grass cosechado a los 40 días, respectivamente.

Cuadro 2. Parámetros de la cinética de la biodisponibilidad ruminal in situ del Fósforo (%) del pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno.

Horas de incubación	Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)				EEM	P<0.05				
	0	25	50	75						
0	40.02	d	42.66	c	43.98	b	47.87	a	0.2359	<.0001
3	46.74	d	48.48	c	50.38	b	53.86	a	0.1819	<.0001
6	50.97	d	52.37	c	54.53	b	57.86	a	0.2364	<.0001
12	55.34	d	56.74	c	58.97	b	62.28	a	0.2416	<.0001
24	57.79	d	59.63	c	61.63	b	65.11	a	0.2277	<.0001
48	58.26	d	60.37	c	62.18	b	65.79	a	0.2468	<.0001
72	58.28	d	60.41	c	62.20	b	65.81	a	0.2482	<.0001
Parámetros de la cinética de biodisponibilidad										
A	40.02	d	42.66	c	43.98	b	48.87	a	0.2359	<.0001
B	18.27	a	17.74	a	18.23	a	17.95	a	0.1574	0.1250
C	41.72	a	39.61	b	37.80	c	34.19	d	0.2479	<.0001
A+B	58.28	d	60.40	c	62.20	b	65.81	a	0.2479	<.0001
Kd	0.154	a	0.133	a	0.144	a	0.136	a	0.0062	0.1428
DE										
k 0.02	56.16	d	58.05	c	59.98	b	63.51	a	0.2150	<.0001
k 0.05	53.77	d	55.51	c	57.51	b	60.97	a	0.2025	<.0001
k 0.08	51.99	d	53.69	c	55.700	b	59.15	a	0.1988	<.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%

Biodisponibilidad ruminal in situ del magnesio (%) del pasto king grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno.

La biodisponibilidad ruminal in situ del **Magnesio** (%) 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) en todos los tiempos de incubación (tabla 3). Sin embargo, fue notorio observar que el pasto fertilización nitrogenada tuvo una mayor biodisponibilidad del Magnesio hasta las 24 horas de incubación (P<0.05). Cabe indicar que, se observó que luego de las 24 h, la degradación ruminal continuó ejecutándose, sin embargo, este fenómeno tuvo una menor velocidad de degradación en el medio ruminal, pero la diferencia estadística se mantuvo entre los tratamientos (P<0.05). Los datos de la presente investigación coinciden con los de (Bazan, 2020) quien reportó que la fertilización nitrogenada tuvo efectos positivos en la biodisponibilidad ruminal del Mg del pasto King grass.

En lo relacionado a la fracción soluble (A), fracción indegradable (C), fracción biodisponible (A+B), y la degradabilidad efectiva (DE) del **Magnesio**, se evidencio efectos significativos (P<0.05) de los cuatro niveles de N empleados (tabla 4), mientras que, fracción insoluble pero potencialmente biodisponible (B) y en la tasa de degradación (biodisponible) no tuvo el mismo comportamiento. La degradabilidad (biodisponibilidad) efectiva (DE) del **Magnesio** en sus diferentes tasas de pasaje (2, 5 y 8% h), se pudo observar que fue mayor (P<0.05) para el pasto fertilizado con el mayor nivel de N (75 kg N ha⁻¹), pudiéndose indicar que, los criterios y respuestas coinciden con las de (Correa, 2006) y (Bazan, 2020) quienes reportaron que la fertilización nitrogenada tuvo efectos positivos en la biodisponibilidad ruminal del **Magnesio** del pasto Kikuyo y King grass cosechado a los 40 días, respectivamente.

Tabla 3. Parámetros de la cinética de la biodisponibilidad ruminal in situ del Fósforo (%) del pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno.

Horas de incubación	Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)				EEM	P<0.05				
	0	25	50	75						
0	40.02	d	42.66	c	43.98	b	47.87	a	0.2359	<.0001
3	46.74	d	48.48	c	50.38	b	53.86	a	0.1819	<.0001
6	50.97	d	52.37	c	54.53	b	57.86	a	0.2364	<.0001
12	55.34	d	56.74	c	58.97	b	62.28	a	0.2416	<.0001
24	57.79	d	59.63	c	61.63	b	65.11	a	0.2277	<.0001
48	58.26	d	60.37	c	62.18	b	65.79	a	0.2468	<.0001
72	58.28	d	60.41	c	62.20	b	65.81	a	0.2482	<.0001
Parámetros de la cinética de biodisponibilidad										
A	40.02	d	42.66	c	43.98	b	48.87	a	0.2359	<.0001
B	18.27	a	17.74	a	18.23	a	17.95	a	0.1574	0.1250
c	41.72	a	39.61	b	37.80	c	34.19	d	0.2479	<.0001
A+B	58.28	d	60.40	c	62.20	b	65.81	a	0.2479	<.0001
Kd	0.154	a	0.133	a	0.144	a	0.136	a	0.0062	0.1428
DE										
k 0.02	56.16	d	58.05	c	59.98	b	63.51	a	0.2150	<.0001
k 0.05	53.77	d	55.51	c	57.51	b	60.97	a	0.2025	<.0001
k 0.08	51.99	d	53.69	c	55.700	b	59.15	a	0.1988	<.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%

Conclusiones

La cinética de degradación del pasto King grass relacionada a sus diferentes fracciones: soluble (A), insoluble pero potencialmente degradable (B), indegradable (C), potencial de degradación ruminal (A+B), fueron afectadas positivamente por el uso de los niveles de fertilización nitrogenada, los mismos que provocaron cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de los macrominerales (Ca, P, Mg y K) del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación.

La cinética de degradación del pasto King grass relacionada a sus diferentes fracciones: soluble (A), insoluble pero potencialmente degradable (B), indegradable (C), potencial de degradación ruminal (A+B), fueron afectadas positivamente por el uso de los niveles de fertilización nitrogenada, los mismos que provocaron cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de los microminerales (Mn y Cu) del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación.

Referencias Bibliográficas

- Araya, M., & Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1). DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v16i1.5180>. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5180>, pp.37-43.
- Avellaneda, J., Bazán, G., Arana, D., Bajaña, D., Herrera, R., & Pinargote, L. (2022). Biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con nitrógeno. *Ciencia y Tecnología*; 15(1), e-ISSN 1390-4043. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/541/657>, pp.35-40.
- Barrera, A., Molina, C., Tapia, E., Avellaneda, J., Casanova, L., & Peña, M. (2015). Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. *Revista Ciencia Y Tecnología*. Vol. 8. Núm.2. <https://doi.org/10.18779/cyt.v8i2.151>. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/151>, pp.13-27.
- Bazan, G. (2020). Efecto en la fertilización nitrogenada en la biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto *Pennisetum purpureum* cosechado a los 40 días. *Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE)*. Santo Domingo, Ecuador.
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., y otros. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 18, núm. 11, E-ISSN: 1695-7504. *Veterinaria Organización España*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653574014>, pp. 1-16.
- Chacón, P. (2008). Estimación del aprovechamiento en ganado caprino del *Pennisetum purpureum* cv. King Grass cosechado a tres diferentes edades de rebrote. *Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. Trabajo de Titulación*. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/16465/29756.pdf?sequence=1>, pp.145.
- 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*, 18(2).
- ESPAC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), 2020. *INEC. Ecuador*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf, pp.49.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de Investigación*. México D.F: Mcgraw-Hill- Interamericana Editores, S.A. de C.V. 5ta edición.
- Jewsbury, G. (2016). Plantas forrajeras. Cátedra Botánica Taxonómica. *Universidad Nacional de Córdoba (UNC)*, Argentina. <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/botaxo/wp-content/uploads/sites/14/2016/08/Forrajeras.-2016.pdf>, pp.70.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas*. Quito, Ecuador: Editorial ABYA-YALA. ISBN 978-9978-10-318-0. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>.
- López, E., Oliva, M., Huerta, P., Urrelo, R., Vásquez, V., & Acosta, M. (2021). Comportamiento agronómico y composición nutricional de diez variedades de pastos mejorados. *Revista Idesia*; Vol.39. Nro.2. Arica, Perú. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000200131>. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292021000200131&script=sci_arttext.
- Orskov, E. (1980). The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. Third annual conference on tropical animal production. Mérida, México. *Revista Tropical animal production*, vol 5, número 3, pp. 195-213.
- Orskov, E., Reid, G., & Kay, M. (1988). Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Science Animal*, 46(1), pp.29-34.
- Ramos, A., Cabrera, M., Astigarraga, L., & Saadoun, A. (2007). Variaciones estacionales del contenido de Ca, P, Mg, S, Fe, Zn y Cu de Alfalfa, Trébol rojo y Lotus y de su bioaccesibilidad por un método rápido in vitro. *Sitio Argentino de Producción Animal*. https://www.researchgate.net/publication/240622744_Variaciones_estacionales_del_contenido_de_Ca_P_Mg_S_Fe_Zn_y_Cu_de_Alfalfa_Trebol_rojo_y_Lotus_y_de_su_bioaccesibilidad_por_un_metodo_rapido_in_vitro, pp.1-6.
- Silva, J. (2014). *Metodología de la investigación: elementos básicos*. Caracas, Venezuela : Ediciones CO-BO. ISBN: 9802627399. pp.159.
- Valencia, D., Giraldo, L., & Correa, G. (2011). Cinética de la degradación ruminal in vitro de forrajes suplementados con glicerina cruda proveniente de la obtención de biodiesel del aceite de palma africana. *XII Encuentro Nacional y V Internacional de Investigadores de las Ciencias Pecuarías - ENICIP. Universidad de Antioquia. Colombia*. <https://agriperfiles.agri-d.net/display/AS-pub-CB6A767D13764E41B7923F3E6FA5D61A>.