






#### Dinámica de la concentración y absorción de nutrientes del pasto *Axonopus scoparius* en las condiciones ecológicas de la Amazonía Sur del Ecuador

Dinámica de la concentración y absorción de nutrientes del pasto *Axonopus scoparius* en las condiciones ecológicas de la Amazonía Sur del Ecuador

Congo Carlos <sup>1\*</sup>, Chuquimarca Javier <sup>2</sup>, Cisnero Santiago <sup>3</sup>, Chanaluisa Alexandra <sup>4</sup>,  
Burbano Armando <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Experimental Central de la Amazonía (ECCA). Orellana, Ecuador. Estación. [carlos.congo@iniap.gob.ec](mailto:carlos.congo@iniap.gob.ec).

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Granja Experimental Domono. Morona Santiago, Ecuador. [javier.chuquimarca@iniap.gob.ec](mailto:javier.chuquimarca@iniap.gob.ec)

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Granja Experimental Domono Morona Santiago, Ecuador. [dennis.cisneros@iniap.gob.ec](mailto:dennis.cisneros@iniap.gob.ec)

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Central de la Amazonía. Orellana, Ecuador. [alexandra.chanaluisa@iniap.gob.ec](mailto:alexandra.chanaluisa@iniap.gob.ec)

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Central de la Amazonía. Orellana, Ecuador. [remigio.burbano@iniap.gob.ec](mailto:remigio.burbano@iniap.gob.ec)

\* Correspondence: [carlos.congo@iniap.gob.ec](mailto:carlos.congo@iniap.gob.ec); Tel.: +593 63700000. Ext. 220



#### RESUMEN

El estudio se centró en determinar la concentración de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y azufre en el pasto *Axonopus scoparius* sometido a nueve intervalos de corte: 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 y 270 días, realizado en la Granja Experimental Domono, Morona Santiago, Ecuador. Se recolectaron muestras de forraje y se evaluó la producción de materia seca, además analizó la concentración de nutrientes en los tejidos. El ajuste de datos se realizó mediante regresión no lineal utilizando el modelo logístico, y se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Para establecer diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Los resultados de producción de materia seca alcanzaron valores significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) a los 240 y 270 días. Además, se encontraron diferencias estadísticas en la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en los intervalos de 30 y 60 días. En cuanto a la extracción de nutrientes, se determinó que el orden de remoción fue potasio>nitrógeno>calcio>magnesio>azufre>fósforo, con una mayor extracción de estos nutrientes a los 270 días. El uso de los parámetros del modelo logístico permitió identificar tendencias predictivas mediante la generación de curvas de extracción en el pasto *Axonopus scoparius*.

**Palabras claves:** gramalote, curvas de absorción, materia seca, composición química, modelos matemáticos.

## ABSTRACT

The study was focused on determining the concentration of nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium, and sulfur in *Axonopus scoparius* grass subjected to nine cutting intervals: 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, and 270 days, carried out at the Domono Experimental Farm, Morona Santiago, Ecuador. Forage samples were collected, dry matter production was evaluated, and tissue nutrients were concentrated. Data adjustment was performed by non-linear regression using the logistic model, and a randomized complete block design with three replications was used. The 5% Tukey test was used to establish statistical differences. The results of dry matter production reached significantly higher values ( $p < 0.05$ ) at 240 and 270 days. In addition, statistical differences were found in the concentration of nitrogen, phosphorus, potassium, and sulfur at the 30 and 60-day intervals. Regarding nutrient removal, it was determined that the order of removal was potassium>nitrogen>calcium>magnesium>sulfur>phosphorus, with a higher removal of these nutrients at 270 days. Using the logistic model parameters allowed the identification of predictive trends by generating extraction curves in *Axonopus scoparius* grass.

**Key words:** gramalote, absorption curves, dry matter, chemical composition, mathematical models.

## INTRODUCCIÓN

En la producción y productividad de los forrajes en la región sur de la Amazonia en Ecuador, diversos factores ejercen influencia significativa. La conversión de áreas boscosas en sistemas agrícolas o ganaderos implica la necesidad de aplicar nutrientes y enmiendas para satisfacer los requerimientos de los cultivos. Entre los factores que más inciden en la variación de la fertilidad del suelo, se encuentran el piso climático, la densidad aparente, la porosidad total, la porosidad de retención, el pH, el contenido de carbono orgánico total, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, boro y zinc<sup>1</sup>.

En Ecuador, se destinan un total de 119.082 hectáreas para el cultivo de *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhl., y de este espacio, el 88,46% (105.342 hectáreas) se encuentra concentrado en la región amazónica, con una presencia predominante en las provincias de Morona Santiago y Pastaza<sup>2</sup>.

*Axonopus scoparius*, conocido como gramalote, es una planta perenne que alcanza alturas de 0,6 a 2 metros. Tras la cosecha, produce múltiples brotes y tallos en la base, con hojas de hasta 60 cm de largo y 5-35 mm de ancho, que pueden ser glabras o pubescentes en la cara superior. Su inflorescencia se presenta en forma de espiga terminal con numerosas espiguillas de 10-30 cm de largo. A lo largo de su ciclo, esta planta resulta altamente palatable y produce entre 10 y 20 toneladas de materia seca (MS) por hectárea al año, con una calidad nutritiva moderada. Su contenido de proteína cruda oscila entre el 6 % y el 12 %, y su digestibilidad varía del 40 % al 80 %, dependiendo de su edad de corte<sup>3</sup>.

En la región amazónica ecuatoriana, el *Axonopus scoparius* se cultiva bajo un sistema de pastoreo conocido como "sogueo", el cual requiere una mayor inversión de mano de obra. Esto se debe a que los ganaderos deben dirigirse al pastizal dos veces al día, por la mañana y por la tarde, para cambiar a sus animales a cortas distancias<sup>4,5</sup>. Aunque este pasto no exige una alta disponibilidad de nutrientes, se han observado mejores resultados productivos cuando se utilizan abonos orgánicos, como la gallinaza, posiblemente debido a la presencia de nitrógeno amoniacal en su composición<sup>6</sup>. En otro estudio se llevaron a cabo la aplicación de 2,25 toneladas por hectárea de carbonato de calcio como enmienda al suelo y 1,35 toneladas por hectárea de abono compuesto

(10-30-10), lo que resultó en un aumento de la altura, cobertura y producción de forraje de gramalote<sup>7</sup>. En este contexto, investigaciones demostraron que el uso combinado de abonos orgánicos e inorgánicos, reduce el tiempo entre los intervalos de corte, permitiendo cosechar el *Axonopus scoparius* cada cuatro meses en las condiciones agroecológicas de la Amazonía sur de Ecuador<sup>8</sup>.

Los cambios morfológicos y fisiológicos en la planta pueden interpretarse mediante la variación en los contenidos foliares<sup>9</sup>. En este contexto, el diagnóstico a través del análisis de tejidos no solo sirve para evaluar el estado nutricional del pasto, sino también para determinar la oferta de nutrientes del forraje al animal y, de este modo, equilibrar su dieta<sup>10</sup>. El conocimiento del comportamiento productivo de la pastura en términos del consumo real de nutrientes y su dinámica de absorción constituye una herramienta sólida para refinar las recomendaciones de fertilización<sup>11</sup>, y mejorar la eficiencia en la utilización de nutrientes para un suministro oportuno y adecuado en el pasto<sup>12</sup>.

En la actualidad, el concepto de pastura sostenible en el trópico implica cumplir con ciertas condiciones, como proporcionar beneficios al suelo y a las plantas, garantizar el bienestar de los animales, lograr rentabilidad y medios de vida para las familias productoras a través de prácticas de manejo apropiadas que permitan un suministro constante de productos a lo largo del tiempo. Esto también se traduce en la resiliencia del sistema de pastura y en la conservación o mejora de los recursos naturales y la biodiversidad vegetal para las generaciones presentes y futuras<sup>13</sup>. Dado que el sistema de pastura constituye una de las principales fuentes económicas para los rumiantes en las condiciones de la Amazonía sur de Ecuador, esta investigación tiene como objetivo determinar las variaciones en la concentración y absorción de nutrientes en el pasto *Axonopus scoparius* en diferentes intervalos de corte, con el fin de generar curvas de extracción que respalden un manejo eficiente de este sistema de producción.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del sitio experimental

El presente estudio se realizó en la Granja Experimental Domono (GED) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquia General Proaño, situada a una altitud de 1.149 metros sobre el nivel del mar, en una zona ecológica de bosque húmedo tropical<sup>14</sup>. El sitio experimental se caracteriza por una temperatura media de  $20,7 \pm 0,5$  °C y una humedad relativa del 86%. La precipitación anual acumulada alcanza los 2.844 mm, con un aumento significativo de las lluvias en el mes de marzo (379,5 mm), que coincide con el período de máxima precipitación, extendiéndose hasta julio. A partir de agosto (202,7 mm), septiembre (216,4 mm) y octubre (131,2 mm), se registra una disminución de las lluvias, marcando la época de menor precipitación<sup>15</sup>.

En la Tabla 1 se detallan las principales características del suelo en el área de estudio, basándose en los resultados del análisis de suelo realizado.

Parámetro	Resultado	Interpretación	Niveles de referencia óptimo
pH	5,2	Acido	
Materia orgánica (%)	10,14	Alto	3,1 – 5
Nitrógeno (ppm)	108,2	Alto	20 – 40
Fósforo (ppm)	14,7	Medio	10 – 20
Potasio (meq 100 mL <sup>-1</sup> )	0,3	Medio	0,2 – 0,4
Calcio (meq 100 mL <sup>-1</sup> )	2,1	Bajo	4 – 8
Magnesio (meq 100 mL <sup>-1</sup> )	0,5	Bajo	1 – 2
Azufre (ppm)	1,98	Bajo	10 – 20
Zinc (ppm)	5,71	Medio	2 – 7
Boro (ppm)	0,21	Bajo	0,5 – 1
Hierro (ppm)	252,8	Alto	20 – 40
Clase textural (%)	72 arena 21 limo 7 arcilla	Franco-Arenoso	
Σ Bases (meq 100 mL <sup>-1</sup> )	2,92		

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo

### Procedimiento y diseño experimental

Se seleccionó un área de 260 metros cuadrados de un lote de pasto *Axonopus scoparius* con una antigüedad de 30 años, y se dividió en 27 unidades o parcelas experimentales de 4,0 metros cuadrados cada una. Estas parcelas estaban separadas por una distancia de 2 metros entre las repeticiones y con 1 metro de separación entre los tratamientos. Previamente a esta subdivisión, el lote fue sometido a pastoreo y se aplicó un corte de homogeneización utilizando una desbrozadora STIHL FS 250, calibrada a una altura de 15 centímetros. El propósito de este corte se realizó para estimular el crecimiento uniforme de nuevos brotes en todas las parcelas. Posteriormente, no se aplicó fertilización al suelo ni estimulantes foliares.

Se estableció un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones para evaluar nueve tratamientos, correspondientes a intervalos de corte de 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 y 270 días. Se eligió la pendiente del terreno como el factor a bloquear, debido a la suposición de variaciones en la fertilidad del suelo. A partir del corte de igualación, las parcelas experimentales se cosecharon manualmente con un machete. Esta cosecha se realizó de forma mensual, a una altura de 20 centímetros desde el suelo, de acuerdo a los intervalos de corte establecidos para el experimento, y se extendió hasta alcanzar los 270 días.

### Determinación de materia seca y análisis de tejido

En cada ciclo de corte, se cuantificó la producción de forraje verde utilizando el método del cuadrante de superficie exacta y conocida<sup>16</sup>. Se seleccionaron muestras de 250 gramos de la biomasa de forraje disponible dentro de un cuadrante de 0,5 x 0,5 cm (equivalente a 0,25 metros cuadrados). Estas muestras se sometieron a un lavado con agua corriente seguido de agua destilada, se permitió que escurrieran al ambiente y luego se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas con información sobre el tratamiento y la fecha del corte. Posteriormente, las muestras se introdujeron en una estufa Thermo Scientific de aire forzado a 65 °C durante 72 horas<sup>16</sup>.

Después del proceso de secado, las muestras se procesaron utilizando un molino Thomas modelo 4 Wiley® Mill, equipado con una malla de 2 mm, y se almacenaron en bolsas plásticas Ziploc para su análisis posterior.

Todo el procesamiento de muestras y análisis de tejidos se realizó en el laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas de la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA) del INIAP.

En el análisis de tejidos, se determinó el contenido de nitrógeno (N) utilizando el método de micro Kjeldahl, donde la mineralización de las muestras se realizó mediante digestión húmeda en una solución nítrica-perclórica en una proporción de 5:1<sup>17</sup>. Para la cuantificación de fósforo (P) se empleó la técnica de colorimetría, mientras que para el azufre (S) se aplicó el método de turbidimetría. Ambas lecturas se efectuaron mediante espectrofotometría UV visible utilizando el equipo Lamda 25 de PerkinElmer. En cuanto a potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), su concentración se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica, utilizando el equipo Analyst 700 de PerkinElmer, y los resultados se expresaron en forma de porcentaje.

El rendimiento del forraje en base seca se estimó a partir de la ecuación 1<sup>16</sup>:

$$PMS (kg ha^{-1}) = \frac{PFV (kg ha^{-1}) \times PS}{PF} \quad (1)$$

Dónde:

PMS: Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>)

PFV: Producción de forraje verde (kg ha<sup>-1</sup>)

PF: Peso fresco de la muestra (g)

PS: Peso seco de la muestra (g)

Para evaluar la absorción de nutrientes, se empleó el peso de materia seca por hectárea (PMS) junto con las concentraciones de nutrientes (X) en los tejidos vegetales. Los cálculos se llevaron a cabo con la ecuación 2<sup>18</sup>:

$$Absorción de X (kg ha^{-1}) = \frac{PMS (kg ha^{-1}) \times Concentración de nutrientes (X)}{100} \quad (2)$$

Mediante el programa estadístico GraphPad Prism, versión 8, se realizó un ajuste de los resultados a una regresión no lineal utilizando el modelo logístico con el fin de generar la curva de absorción de los nutrientes. Este ajuste se basó en la ecuación 3<sup>19</sup>:

$$Y = YM \times Y0 / ((YM - Y0) \times \exp(-k * x) + Y0) \quad (3)$$

Dónde:

Y0: Extracción inicial de nutrientes (las mismas unidades que Y)

YM: Extracción máxima de nutrientes (las mismas unidades que Y)

K: Constante de velocidad (unidades inversas de X)

1/k: Coordenada X del primer punto de inflexión

## Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias entre los tratamientos, se utilizó un análisis de varianza basado en modelos lineales generalizados. Además se realizó un análisis de regresión utilizando el programa estadístico InfoStat<sup>20</sup> para examinar la relación entre la variable de materia seca y los diferentes intervalos de corte<sup>21</sup>. Para verificar los supuestos de normalidad de los residuos, se aplicó la prueba de Shapiro y Wilks<sup>22</sup>, y para la homogeneidad de varianza la prueba de Levene<sup>23</sup>. Para establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significancia establecido en  $p < 0,05$ <sup>24</sup>.

## RESULTADOS

### Materia seca

La producción de materia seca en *Axonopus scoparius* mostró diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) a los 240 y 270 días. En estos intervalos de corte, se observó la mayor acumulación de materia seca, como se ilustra en la figura 1. En la gráfica, se presentan dos modelos de ajuste: uno lineal y otro cuadrático.

El modelo lineal está representado por la ecuación  $Y = 45,68 * X - 1,270$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,9153$ , indicando un buen ajuste a los datos observados. Sin embargo, el modelo cuadrático con la ecuación  $Y = 0,080016 * X^2 + 21,64 * X + 52,42$  y un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,9284$ , proporciona un ajuste ligeramente mejor, sugiriendo que la relación entre los intervalos de corte y la producción de materia seca no es estrictamente lineal, sino que incluye un componente cuadrático.

### Concentración de nutrientes

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en los niveles de los nutrientes N, P, K y S a favor de los intervalos de 30 y 60 días (Tabla 2). En estos intervalos de corte, las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) fueron notablemente más altas en comparación con los demás intervalos. Específicamente, el contenido de N mostró una disminución progresiva desde 1,39% a los 30 días hasta 0,50% a los 240 días. Del mismo modo, los niveles de P disminuyeron de 0,11% a 0,05% y los de K de 2,03% a 0,39% en los mismos intervalos. Las concentraciones de S también decrecieron significativamente, de 0,12% a 0,07%.

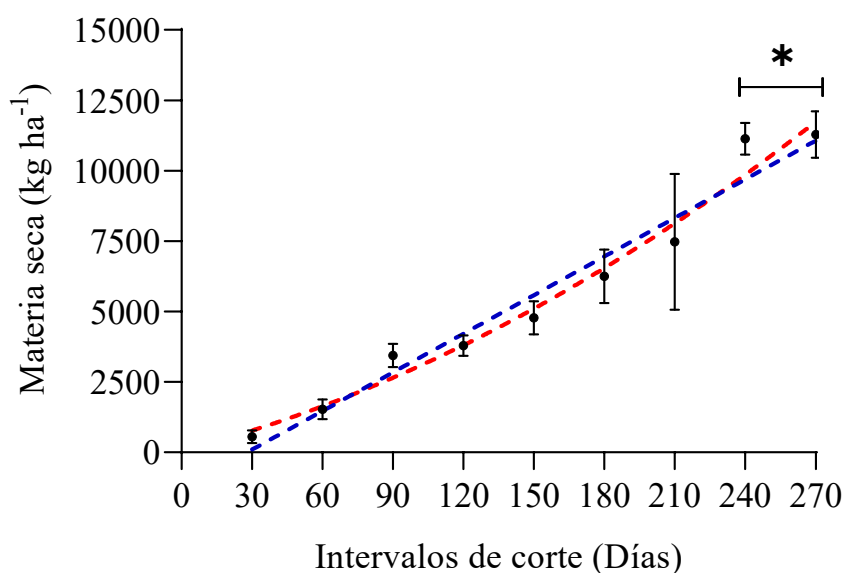


Figura 1. Rendimiento de materia seca del *A. scoparius*, según intervalos de corte en la Granja Experimental Domono. Líneas verticales en la media representan  $\pm$ desviación estándar. Líneas discontinuas color rojo regresión polinomial y de color azul regresión lineal. \*Significativo  $p < 0,05$ ;  $R^2 = 0,96$ ; CV (%) = 17,89; DMS = 2900.

Por otro lado, las concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en *Axonopus scoparius* se mantuvieron similares a lo largo de los diferentes intervalos de corte, sin evidenciar diferencias ( $p > 0,05$ ). Los niveles de Ca fluctuaron entre 0,48% y 0,71%, mientras que los de Mg oscilaron entre 0,25% y 0,37%, indicando una estabilidad relativa en la absorción de estos nutrientes independientemente del tiempo de corte.

Días	N	P	K	Ca	Mg	S
30	1,39 <sup>e</sup>	0,11 <sup>c</sup>	2,03 <sup>b</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
60	1,25 <sup>de</sup>	0,10 <sup>c</sup>	1,49 <sup>ab</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
90	0,94 <sup>c</sup>	0,11 <sup>c</sup>	1,23 <sup>ab</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>
120	1,09 <sup>cd</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	1,22 <sup>ab</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>
150	0,95 <sup>c</sup>	0,08 <sup>bc</sup>	1,23 <sup>ab</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>
180	0,71 <sup>b</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>
210	0,67 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>
240	0,50 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>
270	0,56 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>
EEM	0,04	0,01	0,22	0,10	0,05	0,02
DMS	0,189	0,029	1,097	0,512	0,275	0,045
R <sup>2</sup>	0,97	0,90	0,75	0,30	0,39	0,62
p - Valor	<0,0001	<0,0001	0,0012	0,8487	0,8289	0,0240

<sup>abc</sup>Letras distintas difieren estadísticamente  $p < 0,05$ ; EEM=Error experimental de la media; DMS= Distancia mínima significativa.

**Tabla 2. Concentración de nutrientes (%)**

### Extracción de nutrientes

*A. scoparius* muestra una demanda creciente de todos los nutrientes evaluados (N, P, K, Ca, Mg, S) a lo largo del tiempo, con picos máximos observados en su mayoría a los 270 días. Las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los días de muestreo indican que las necesidades nutricionales de la planta varían considerablemente con el tiempo, alcanzando sus demandas más altas en los últimos periodos evaluados. Este comportamiento sugiere la importancia de ajustar las prácticas de fertilización y manejo del suelo a medida que *A. scoparius* avanza en su ciclo de crecimiento, especialmente después de los 120 días cuando las demandas nutricionales comienzan a ser más pronunciadas. La comprensión de estos patrones de demanda nutricional es crucial para optimizar el crecimiento y la salud de *A. scoparius*, asegurando que las necesidades de nutrientes sean satisfechas en los momentos clave de su desarrollo.

Días	N	P	K	Ca	Mg	S
30	7,64 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	11,32 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>
60	19,08 <sup>ab</sup>	1,53 <sup>ab</sup>	21,51 <sup>ab</sup>	8,34 <sup>ab</sup>	4,17 <sup>ab</sup>	1,95 <sup>ab</sup>
90	32,57 <sup>bc</sup>	3,68 <sup>bcd</sup>	42,23 <sup>abc</sup>	16,69 <sup>abc</sup>	12,04 <sup>abc</sup>	2,61 <sup>ab</sup>
120	41,35 <sup>bcd</sup>	2,46 <sup>abc</sup>	46,14 <sup>abc</sup>	25,10 <sup>abc</sup>	13,25 <sup>abc</sup>	2,09 <sup>ab</sup>

<b>150</b>	45,37 <sup>cd</sup>	3,98 <sup>bcd</sup>	57,26 <sup>bc</sup>	34,47 <sup>abcd</sup>	14,84 <sup>abc</sup>	3,51 <sup>ab</sup>
<b>180</b>	40,70 <sup>bcd</sup>	3,52 <sup>bcd</sup>	39,82 <sup>abc</sup>	37,84 <sup>bcde</sup>	22,43 <sup>abc</sup>	3,89 <sup>ab</sup>
<b>210</b>	49,40 <sup>cd</sup>	4,31 <sup>cd</sup>	46,13 <sup>abc</sup>	47,97 <sup>cde</sup>	28,08 <sup>abc</sup>	4,50 <sup>bc</sup>
<b>240</b>	55,75 <sup>cd</sup>	5,56 <sup>de</sup>	44,14 <sup>abc</sup>	61,38 <sup>de</sup>	30,15 <sup>bc</sup>	7,98 <sup>d</sup>
<b>270</b>	63,07 <sup>d</sup>	7,16 <sup>e</sup>	59,68 <sup>c</sup>	68,63 <sup>e</sup>	35,12 <sup>c</sup>	7,78 <sup>cd</sup>
<b>EEM</b>	4,83	0,54	7,48	6,71	5,37	0,66
<b>DMS</b>	24,31	2,70	37,62	33,77	27,01	3,32
<b>R<sup>2</sup></b>	0,87	0,87	0,70	0,86	0,72	0,88
<b>p – Valor</b>	<0,0001	<0,0001	0,0061	<0,0001	0,0041	<0,0001

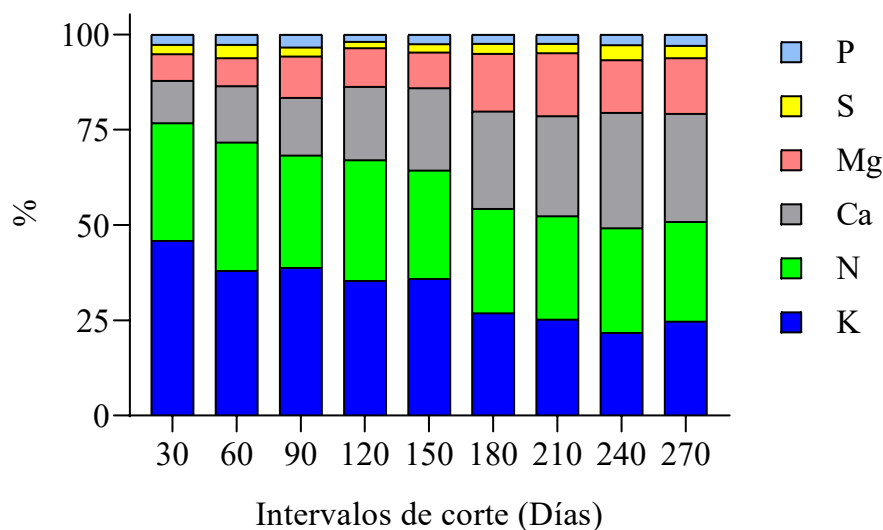
<sup>abc</sup>Letras distintas difieren estadísticamente p < 0,05; EEM=Error experimental de la media; DMS= Distancia mínima significativa.

**Tabla 3. Comparación de medias para la extracción de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>)**

De acuerdo con la figura 2 de distribución porcentual de nutrientes extraídos por *A. scoparius* en diferentes intervalos de corte resultó en el siguiente orden: K > N > Ca > Mg > S > P. Inicialmente, el potasio (K) y el nitrógeno (N) son los nutrientes con mayor proporción en los primeros 30 y 60 días. A medida que la planta crece, la proporción de calcio (Ca) y magnesio (Mg) aumenta significativamente, especialmente a partir de los 90 días de crecimiento. Esta tendencia se mantiene y se intensifica con el tiempo, alcanzando su punto máximo a los 240 y 270 días, donde el calcio (Ca) y magnesio (Mg) dominan la extracción de nutrientes, seguidos de cerca por nitrógeno (N) y potasio (K).

El fósforo (P) y el azufre (S), aunque presentes en menores proporciones durante los primeros días, muestran un ligero incremento en los días finales, particularmente a los 240 y 270 días, reflejando un aumento en la demanda de estos nutrientes en las etapas tardías de crecimiento de *A. scoparius*.

Estos resultados indican la necesidad de ajustar las prácticas de fertilización y manejo de nutrientes a lo largo del ciclo de crecimiento de *A. scoparius*, asegurando un suministro adecuado de nutrientes clave como nitrógeno, potasio, calcio y magnesio en los momentos críticos para optimizar el crecimiento y la salud de la planta.



**Figura 2. Absorción relativa (%) de nutrientes en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en la Granja Experimental Domono.**



## Curvas de extracción de nutrientes

**Nitrógeno:** La figura 3 presenta la curva de acumulación de nitrógeno (N) en *A. scoparius* a lo largo de diferentes intervalos de corte (IC) en días. La ecuación ajustada describe el patrón de extracción de nitrógeno, donde se observa un incremento constante desde el inicio del crecimiento hasta alcanzar un pico alrededor de los 270 días. En los primeros 30 días, la acumulación de nitrógeno es mínima, pero comienza a incrementarse rápidamente entre los 30 y 150 días, indicando una fase de crecimiento acelerado. Este aumento rápido refleja una alta demanda de nitrógeno por parte de la planta para sostener su crecimiento. A partir de los 150 días, la tasa de acumulación de nitrógeno se reduce, mostrando una fase de estabilización que se extiende hasta los 210 días. Durante este periodo, aunque la planta sigue absorbiendo nitrógeno, lo hace a un ritmo más lento, posiblemente debido a que está entrando en una fase de maduración.

Finalmente, entre los 210 y 270 días, la acumulación de nitrógeno alcanza su punto máximo, aproximándose a  $59,11 \text{ kg ha}^{-1}$ . La ligera fluctuación observada hacia el final del intervalo sugiere variaciones en la demanda de nitrógeno, posiblemente debido a cambios en las necesidades fisiológicas de la planta en su etapa final de crecimiento. Estos resultados indican que las prácticas de fertilización deben enfocarse en proporcionar nitrógeno de manera adecuada durante los primeros 150 días para apoyar el crecimiento rápido de *A. scoparius* y ajustarse posteriormente para mantener niveles óptimos de nitrógeno en las fases de maduración y estabilización.

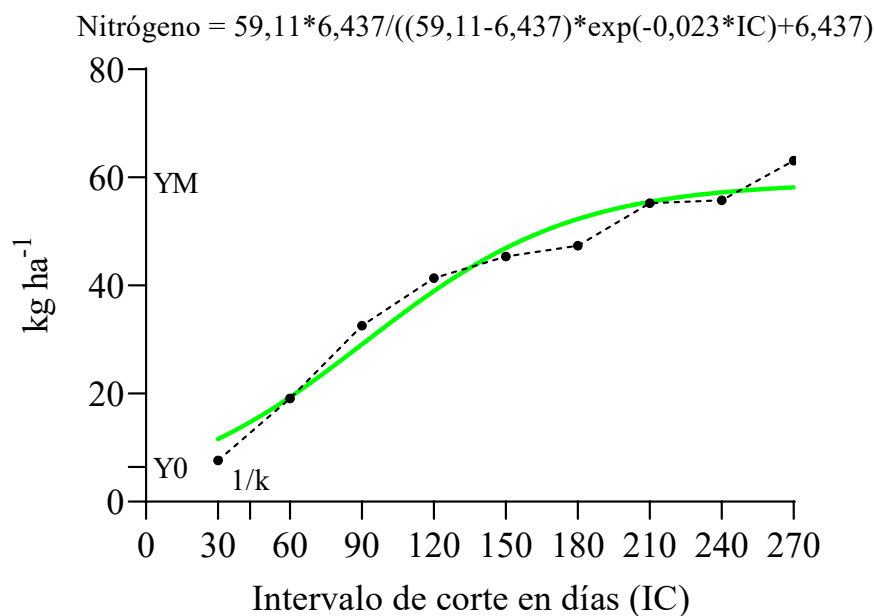


Figura 3. Curva de absorción de nitrógeno en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en días (IC) en la Granja Experimental Domono. Líneas continuas de color es ajuste de la ecuación del modelo logístico y líneas discontinuas representación de la media.

**Fósforo:** En los primeros 30 días, la acumulación de fósforo es mínima, reflejando una demanda inicial baja. Entre los 30 y 90 días, la demanda de fósforo aumenta, aunque con algunas fluctuaciones, indicando que la planta está ajustando su absorción de fósforo durante esta fase temprana de desarrollo. A partir de los 90 días, la acumulación de fósforo muestra una tendencia de crecimiento más estable y constante, a medida que la planta sigue desarrollándose. Este aumento continuo se mantiene hasta los 150 días, donde la tasa de acumulación se estabiliza, aunque sigue incrementándose. Entre los 150 y 270 días, la demanda de fósforo se acelera nuevamente, alcanzando un máximo cercano a los 6 kg ha<sup>-1</sup> hacia el final del periodo de crecimiento (Figura 4). La pendiente de la curva en esta fase sugiere que la planta sigue necesitando cantidades significativas de fósforo para sustentar su maduración y desarrollo completo. Estos resultados indican que las prácticas de fertilización deben considerar un suministro adecuado de fósforo desde las fases tempranas del crecimiento, con un enfoque en asegurar que la planta tenga suficiente fósforo disponible durante las fases de mayor demanda, especialmente entre los 150 y 270 días, para optimizar su crecimiento y desarrollo.

**Potasio:** Durante los primeros 30 días, la acumulación de potasio es baja pero creciente, reflejando una demanda inicial moderada. Entre los 30 y 90 días, la demanda de potasio aumenta significativamente, indicando una fase de crecimiento rápido donde el potasio es esencial para el desarrollo de la planta. A partir de los 90 días, la tasa de acumulación de potasio comienza a estabilizarse, alcanzando un punto de inflexión alrededor de los 150 días. En este intervalo, aunque la planta sigue absorbiendo potasio, lo hace a un ritmo más constante. Entre los 150 y 270 días, la curva muestra algunas fluctuaciones, pero la acumulación de potasio se mantiene en un nivel alto y relativamente constante, cercano a 49,48 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5). Esto sugiere que, durante esta fase, la planta mantiene una demanda sostenida de potasio para soportar su crecimiento y desarrollo continuos. Estos resultados indican que las prácticas de fertilización deben enfocarse en proporcionar cantidades adecuadas de potasio durante las fases iniciales de crecimiento, especialmente entre los 30 y 90 días, para asegurar un desarrollo óptimo. Posteriormente, es crucial mantener niveles constantes de potasio para satisfacer la demanda sostenida de la planta hasta el final del periodo de crecimiento.

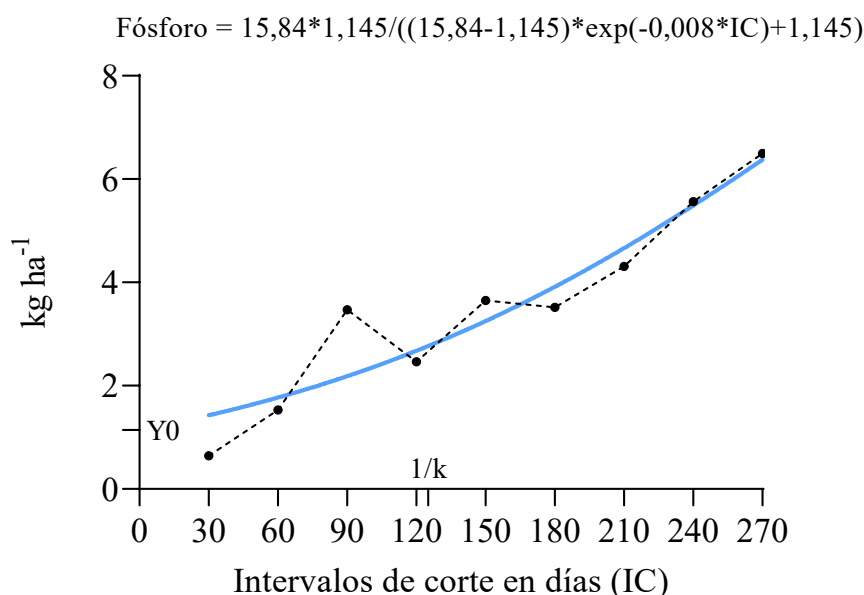


Figura 4. Curva de absorción del fósforo en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en días (IC) en la Granja Experimental Domono. Líneas continuas de color es ajuste de la ecuación del modelo logístico y líneas discontinuas representación de la media.

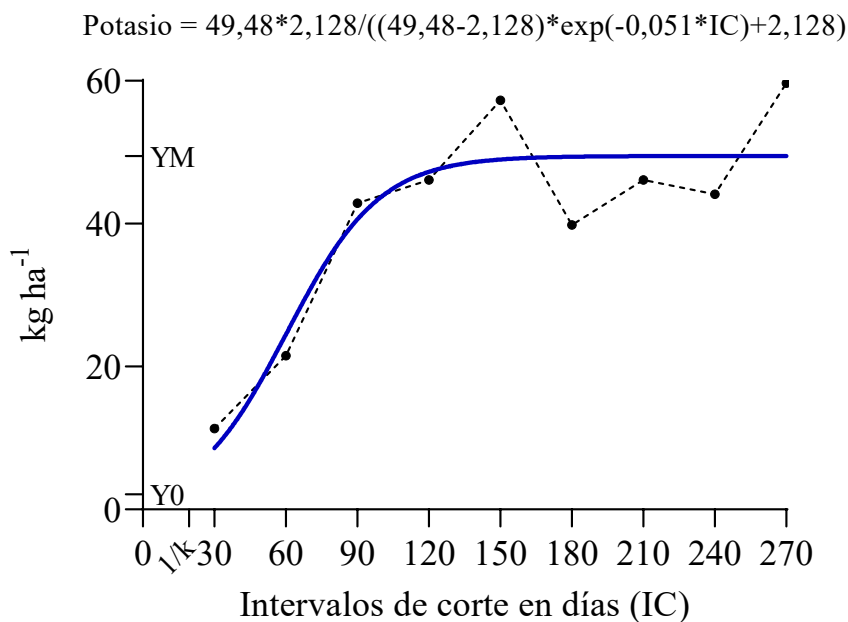


Figura 5. Curva de absorción del potasio en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en días (IC) en la Granja Experimental Domono. Líneas continuas de color es ajuste de la ecuación del modelo logístico y líneas discontinuas representación de la media.

**Calcio:** La extracción inicial de calcio es baja, comenzando en aproximadamente 4,355 kg ha<sup>-1</sup>. A medida que los días de corte avanzan, la extracción de calcio aumenta, alcanzando una extracción máxima cercana a 86,74 kg ha<sup>-1</sup>. El primer punto de inflexión, donde la tasa de aumento comienza a disminuir, se encuentra alrededor de los 63 días, correspondiente al valor de 1/k. El modelo logra capturar la dinámica de absorción del calcio, mostrando un crecimiento logístico típico con una fase inicial de aumento rápido seguida de una fase de desaceleración hasta alcanzar un máximo.

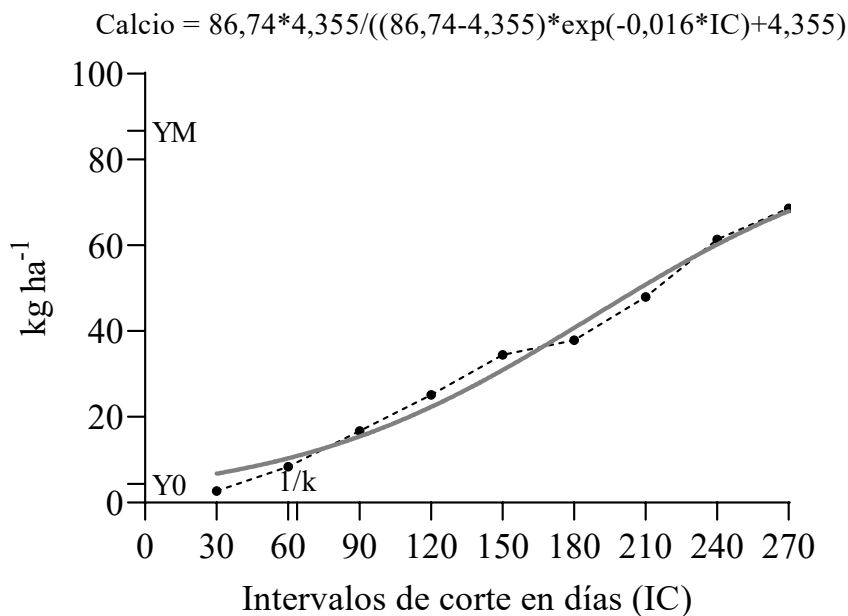


Figura 6. Curva de absorción del calcio en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en días (IC) en la Granja Experimental Domono. Líneas continuas de color es ajuste de la ecuación del modelo logístico y líneas discontinuas representación de la media.

**Magnesio:** Inicialmente, la extracción de magnesio es baja, comenzando en aproximadamente 2,141 kg ha<sup>-1</sup>. A medida que transcurren los días de corte, la extracción de magnesio incrementa, alcanzando una extracción máxima de 39,08 kg ha<sup>-1</sup>. El punto de inflexión, correspondiente a 1/k, se ubica alrededor de los 57 días, indicando el momento en que la tasa de extracción comienza a disminuir. El modelo logístico captura eficazmente la dinámica de la absorción de magnesio, demostrando un patrón de crecimiento típico: una fase inicial de aumento acelerado seguida de una desaceleración progresiva hasta alcanzar un máximo.

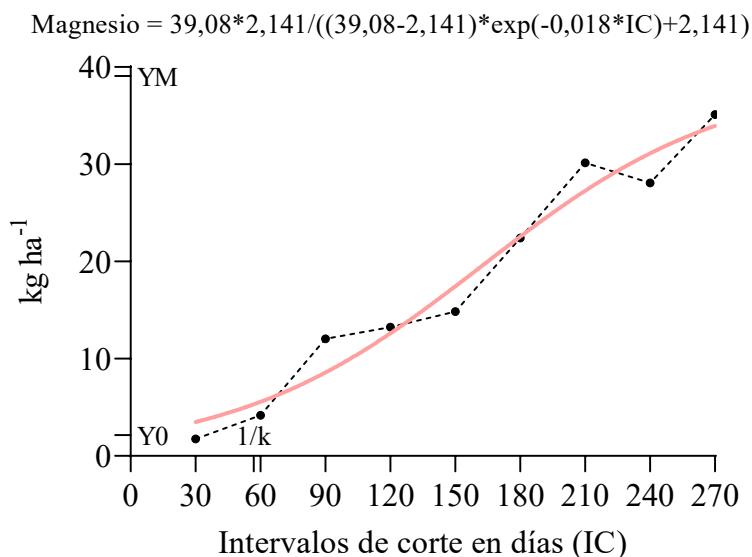


Figura 7. Curva de absorción del magnesio en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en días (IC) en la Granja Experimental Domono. Líneas continuas de color es ajuste de la ecuación del modelo logístico y líneas discontinuas representación de la media.

**Azufre:** Inicialmente, la extracción de azufre es baja, comenzando en aproximadamente 0,86 kg ha<sup>-1</sup>. A medida que transcurren los días de corte, la extracción de azufre incrementa, alcanzando una extracción máxima de 26,38 kg ha<sup>-1</sup>. El punto de inflexión, correspondiente a 1/k, se ubica alrededor de los 100 días, indicando el momento en que la tasa de extracción comienza a disminuir.

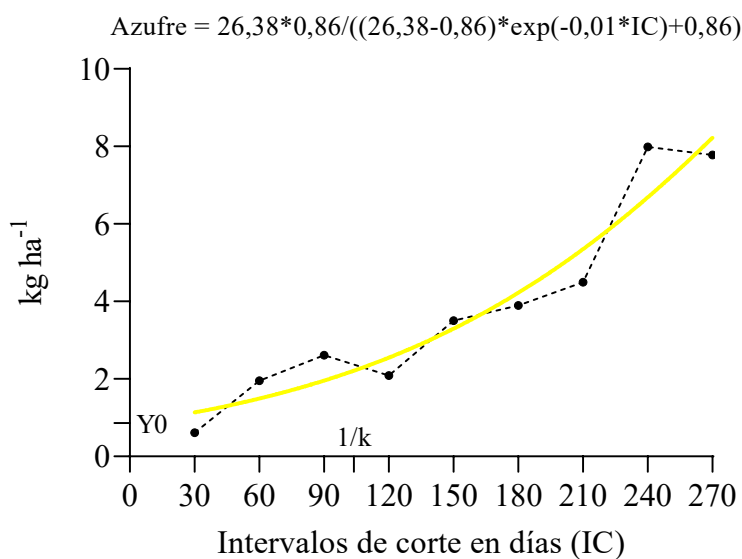


Figura 8. Curva de absorción del azufre en el pasto *A. scoparius*, según intervalos de corte en días (IC) en la Granja Experimental Domono. Líneas continuas de color es ajuste de la ecuación del modelo logístico y líneas discontinuas representación de la media.

En la tabla 4 se presentan los parámetros de ajuste del modelo logístico para la extracción de nutrientes en el pasto *A. scoparius*, incluyendo la extracción máxima (YM), la extracción inicial (Y0), la constante de velocidad (k), la coordenada X del primer punto de inflexión (1/k) y el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>). El nitrógeno (N) muestra un alto ajuste (R<sup>2</sup> = 0,8949) y una elevada extracción máxima, sugiriendo alta disponibilidad y absorción. El fósforo (P) tiene un ajuste moderado (R<sup>2</sup> = 0,7791) y una constante de velocidad baja, indicando una absorción más lenta. El potasio (K) presenta el menor ajuste (R<sup>2</sup> = 0,5425) pero una rápida absorción. El calcio (Ca) muestra un buen ajuste (R<sup>2</sup> = 0,8001) y la mayor extracción máxima, evidenciando su abundancia. El magnesio (Mg) tiene un ajuste moderado (R<sup>2</sup> = 0,6220) y una absorción relativamente rápida. Finalmente, el azufre (S) también presenta un buen ajuste (R<sup>2</sup> = 0,8084) con una absorción más lenta. Estos resultados son esenciales para comprender la dinámica de absorción de nutrientes y optimizar el manejo del sistema pastura.

Nutrientes	YM	Y0	k	1/k	R <sup>2</sup>
N	59,11	6,437	0,023	43,49	0,8949
P	15,84	1,145	0,008	125,2	0,7791
K	49,48	2,128	0,051	19,48	0,5425
Ca	86,74	4,355	0,016	63,88	0,8001
Mg	39,08	2,141	0,018	56,99	0,6220
S	26,38	0,860	0,010	103,9	0,8084

YM: Extracción máxima, Y0: Extracción inicial, k: Constante de velocidad y 1/k: Coordenada X del primer punto de inflexión, son parámetros de la ecuación [3]:  $Y = YM * Y0 / ((YM - Y0) * \exp(-k * x) + Y0)$ <sup>19</sup>; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación.

Tabla 4. Parámetros de ajuste a la ecuación del modelo logístico

## DISCUSSION

El pasto *A. scoparius*, alcanza su máximo crecimiento a los 150 días de rebrote, pero continúa incrementando su materia seca hasta aproximadamente los siete u ocho meses<sup>25</sup>. Este hallazgo es consistente con estudios que indican que los periodos más largos de rebrote favorecen la acumulación de biomasa en pastos tropicales, debido a una mayor duración del proceso fotosintético y a una acumulación sostenida de reservas de carbohidratos<sup>26,27</sup>.

En la figura 1, se presentaron dos modelos de ajuste: uno lineal y otro cuadrático. El modelo lineal, muestra un buen ajuste a los datos observados, lo cual es consistente con investigaciones que documentan un crecimiento casi lineal de la producción de materia seca en pastos tropicales bajo ciertas condiciones de manejo<sup>28</sup>. Sin embargo, el modelo cuadrático, proporciono un ajuste ligeramente mejor. Esto sugiere que la relación entre los intervalos de corte y la producción de materia seca no es estrictamente lineal, sino que incluye un componente cuadrático, lo que podría indicar una fase de crecimiento acelerado seguido por una estabilización a medida que el pasto alcanza su máximo potencial de acumulación de biomasa<sup>29,30</sup>.

El comportamiento cuadrático observado puede explicarse por la teoría del crecimiento sigmoidal de pastos, la cual postula que, tras una fase inicial de crecimiento lento, el aumento en la biomasa se acelera hasta

alcanzar un punto de inflexión, después del cual el crecimiento se desacelera a medida que el pasto madura y comienza a destinar más recursos a la reproducción<sup>31,32</sup>. Este patrón de crecimiento es crucial para determinar los intervalos óptimos de corte, ya que un corte temprano puede limitar la acumulación de reservas necesarias para el rebrote vigoroso, mientras que un corte tardío puede resultar en una disminución de la calidad nutritiva del pasto debido a la lignificación<sup>33</sup>.

En condiciones ecológicas del sur de la Amazonía Ecuatoriana, se ha generado información significativa sobre los rendimientos de materia seca de *A. scoparius*, con manejo de fertilización edáfica química y orgánica, estos resultados indican que las condiciones de clima y los manejos específicos pueden influir positivamente en la productividad del pasto<sup>8,34,35</sup>.

Es importante destacar que la edad de rebrote influye significativamente en la cantidad de materia seca acumulada y en la calidad nutritiva del pasto. A medida que el pasto envejece, ocurren cambios en los componentes solubles, estructurales y en la digestibilidad, lo que puede afectar su valor nutritivo<sup>36</sup>. Además, la utilización de pasturas en intervalos de cortes tempranos puede tener efectos negativos, no solo debido a la baja concentración de materia seca y nutrientes, sino también porque las reservas en las partes inferiores de los tallos y raíces de la planta limitan un rebrote adecuado y un crecimiento vigoroso después del corte o pastoreo<sup>37</sup>.

Los resultados de esta investigación marcan la importancia de determinar los intervalos óptimos de corte para maximizar la producción de materia seca en *A. scoparius*. El ajuste cuadrático de los datos sugiere que existe una fase crítica de acumulación de biomasa que debe ser considerada para optimizar el manejo de las pasturas. Además, estos hallazgos tienen implicaciones significativas para las prácticas de manejo sostenible de pasturas en regiones tropicales, destacando la necesidad de equilibrar la frecuencia de corte con la acumulación de reservas necesarias para el rebrote y la calidad nutritiva del pasto.

En este contexto la concentración de nutrientes es consistente con investigaciones previas que sugieren que los intervalos de corte más cortos tienden a maximizar la concentración de nutrientes en las plantas forrajeras debido a la menor lignificación y la mayor actividad metabólica durante las etapas iniciales de crecimiento<sup>38,39</sup>.

Específicamente, el contenido de N mostró una disminución progresiva desde 1,39% a los 30 días hasta 0,50% a los 240 días. Esta disminución puede estar relacionada con la capacidad de absorción de nitrógeno del suelo a medida que la planta envejece y su metabolismo se desacelera<sup>40</sup>. Del mismo modo, los niveles de P disminuyeron de 0,11% a 0,05% y los de K de 2,03% a 0,39% en los mismos intervalos, lo que sugiere una disminución en la absorción de estos nutrientes esenciales con el tiempo de crecimiento<sup>41</sup>. Las concentraciones de S también decrecieron significativamente, de 0,12% a 0,07%, lo que podría estar vinculado a la misma tendencia de reducción en la absorción de nutrientes con el envejecimiento de la planta<sup>42</sup>. Este efecto también puede ser atribuido a la capacidad de la planta para extraer nutrientes del suelo, sus requerimientos internos y su potencial de producción<sup>43</sup>.

Por otro lado, las concentraciones de Ca) y Mg en *A. scoparius* se mantuvieron similares a lo largo de los diferentes intervalos de corte, sin evidenciar diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Estos resultados indican una estabilidad relativa en la absorción de estos nutrientes independientemente del tiempo de corte, lo cual podría estar relacionado con la disponibilidad constante de Ca y Mg en el suelo y su relativamente baja demanda en comparación con otros nutrientes<sup>44</sup>. La estabilidad observada en los niveles de Ca y Mg sugiere que estos nutrientes no deberían ser una preocupación principal en la programación de los intervalos de corte,

permitiendo a los productores enfocarse más en la gestión de N, P, K y S para optimizar el valor nutricional del forraje y apoyar una producción ganadera sostenible<sup>45,47</sup>. La deficiencia de fósforo se puede atribuir en gran medida a la característica de los suelos ácidos en el trópico americano, donde este mineral se encuentra en cantidades notablemente bajas. Además, su afinidad química por los sesquióxidos de aluminio y hierro contribuye a la fijación del fósforo en formas menos solubles, lo que resulta en una baja disponibilidad para las plantas<sup>48</sup>.

La demanda nutricional del pasto *A. scoparius* varía significativamente a lo largo del tiempo, con picos máximos observados principalmente a los 270 días. Las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los días de muestreo destacan la necesidad de ajustar las prácticas de fertilización y manejo del suelo, especialmente después de los 120 días, cuando las demandas nutricionales se intensifican, estudio previos en gramíneas tropicales han mostrado patrones similares en la demanda nutricional y la importancia de la sincronización en la aplicación de fertilizantes para maximizar la eficiencia en la absorción de nutrientes y mejorar la productividad de la planta<sup>34,49,50</sup>. Además, futuros estudios podrían explorar la inclusión de fuentes orgánicas del mismo sistema ganadero y aspectos del manejo de los pastos como el tiempo de reposo y la intensidad de pastoreo, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia del sistema ganadero<sup>13,51</sup>. Los resultados de extracción de nutrientes encontrados en la Amazonía Sur del Ecuador son menores en los nutrientes N, P y K, pero mayores en Ca y Mg, a las que fueron reportadas en el valle del Cauca Colombia, reflejando variabilidad en la demanda nutricional según el entorno específico<sup>52,53</sup>.

A partir de los parámetros derivados, incluyendo la extracción inicial y máxima de nutrientes, es posible establecer pautas para la distribución de recomendaciones de fertilización específicas para el pasto *A. scoparius*, la generación de estas curvas de absorción de nutrientes posibilita la predicción de la demanda total de nutrientes en función del tiempo de crecimiento, lo que resulta sumamente valioso para programar la aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, además de su utilidad en términos predictivos, este enfoque permite determinar la cantidad y el momento óptimo para la administración de los nutrientes<sup>54,55</sup>. Esta dinámica de absorción de nutrientes es crucial para el desarrollo y productividad de las plantas. Los resultados indican que el nitrógeno y el calcio son nutrientes clave, absorbidos en grandes cantidades y de manera eficiente. Lo cual resalta la importancia de asegurar una adecuada disponibilidad de estos nutrientes en el suelo para maximizar el crecimiento y rendimiento<sup>56</sup>. Hay que indicar que la lenta absorción de fósforo y azufre puede indicar la necesidad de estrategias específicas de enmiendas y de fertilización para mejorar su disponibilidad y absorción. Dado que el fósforo es esencial para el desarrollo radicular y la formación de compuestos energéticos (ATP), su baja absorción podría limitar el crecimiento y la productividad si no se maneja adecuadamente<sup>57,58</sup>.

---

## CONCLUSIONS

Los intervalos de corte ejercen una influencia significativa en la acumulación de materia seca de *A. scoparius*, y se observa que la producción se ajusta a un patrón de crecimiento que combina tendencias polinomiales y lineales positivas.

Se encontró que los intervalos de corte a 30, 60 y 90 días proporcionaron la mayor concentración de nutrientes en *A. scoparius*.

La extracción de nutrientes reveló que la cantidad de fósforo y azufre extraída por el pasto *A. scoparius* en los intervalos de corte fue reducida, posiblemente debido a la inmovilización de estos elementos, atribuible a los elevados niveles de hierro y del pH ácido observados en el suelo. Además, se identificó que la demanda de potasio, nitrógeno, calcio y magnesio, en ese orden de importancia, es más marcada, con la máxima extracción de estos nutrientes a los 270 días.

La aplicación del modelo logístico y su enfoque matemático proporcionó parámetros que permiten establecer tendencias predictivas, a través de la generación de curvas que describen la extracción de nutrientes primarios y secundarios en el pasto *A. scoparius*.

**Contribuciones de los autores:** Conceptualización, Carlos Congo, Javier Chuquimarca y Santiago Cisneros; metodología, Carlos Congo, Alexandra Chanaluiza, Armando Burbano; software, Carlos Congo, Santiago Cisneros, Alexandra Chanaluiza; validación, Santiago Cisneros, Alexandra Chanaluiza y Armando Brubano; análisis formal, Carlos Congo, Armando Burbano y Javier Chuquimarca; investigación, Carlos Congo, Javier Chuquimarca, Santiago Cisneros, Armando Burbano y Alexandra Chanaluiza; recursos, Javier Chuquimarca, Santiago Cisneros y Alexandra Chanaluiza; conservación de datos, Carlos Congo, Javier Chuquimarca y Alexandra Chanaluiza; redacción del borrador original, Carlos Congo, Javier Chuquimarca y Santiago Cisneros; redacción, revisión y edición, Armando Burbano y Alexandra Chanaluiza; visualización, Armando Burbano y Alexandra Chanaluiza; supervisión, Carlos Congo, Javier Chuquimarca y Santiago Cisneros; administración del proyecto, Carlos Congo y Javier Chuquimarca; obtención de financiación, Carlos Congo y Javier Chuquimarca. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

**Financiamiento:** Fondo de Investigación de la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA).

**Agradecimientos:** Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por su valioso respaldo en el marco del proyecto "Investigación y difusión de tecnologías para la producción agroecológica y el bienestar de las familias de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica (CTEA)." Su apoyo fue fundamental para el desarrollo de esta investigación y la consecución de sus objetivos.

**Conflictos de interés:** Los autores desean afirmar que no existen conflictos de interés ni factores que puedan cuestionar la validez de la publicación de este manuscrito.

---

## REFERENCIAS

1. Bravo-Medina C, Marín H, Marrero-Labrador P, Ruiz ME, Torres-Navarrete B, Navarrete-Alvarado H, et al. Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro* [Internet]. 2017;29(1):23-36. Disponible en: <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=85750098003>
2. ESPAC. Estadísticas Agropecuarias | [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
3. Peters M, Franco T, Schmidt A, Hincapié Carvajal B. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del trópico Americano [Internet]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ); Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GIZ) Cali (Colombia); 2011. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54681>
4. Aguirre-Riofrio EL, Lozano-Lozano RF, Uchuari-Pauta M de L. El manejo "al sogueo" en bovinos, un sistema que va desapareciendo en la Amazonia Sur del Ecuador. *Rev Col Méd Vet Estado Lara* [Internet]. 2020;10(19):1. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8118331>



5. Ríos-Núñez S, Benítez-Jiménez D. Análisis del funcionamiento económico productivo de los sistemas de producción cárnica bovina en la Amazonía Ecuatoriana. Arch Zootec [Internet]. 2015;64(248):409-16. Disponible en: <http://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/428>
6. Noboa-Abdo T, Rojas Oviedo LA, Condo Plaza LA, Puente Tubay BA. Respuesta agro-botánica del axonopus scoparius a la fertilización orgánica en el cantón Morona. Polo Conoc Rev Científico - Prof [Internet]. 2021;6(9):513-24. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094591>
7. Huebla-Concha V, Condo-Plaza L, Arias-Alemán L, Ulloa-Ramones LA, Villareal-Villareal E. Evaluación productiva del Axonopus scoparius a la aplicación de diferentes fertilizantes en el cantón Morona. Polo Conoc [Internet]. 2021;6(9):1320-31. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3113>
8. Alemán LA, Ramones LU, Plaza LC. Comportamiento agro-productivo del Axonopus scoparius frente a niveles de fertilización en el Cantón Morona - Provincia Morona Santiago. Cienc Digit [Internet]. 2020 [citado 6 de abril de 2023];4(3):62-71. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1300>
9. Bernal J, Espinoza J. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Fertilización de praderas [Internet]. Publication of the International Plant Nutrition Institute (IPNI); 2003. 59-72 p. Disponible en: [https://www.academia.edu/6676325/MANUAL\\_DE\\_NUTRICION\\_Y\\_FERTILIZACION\\_DE\\_PASTOS](https://www.academia.edu/6676325/MANUAL_DE_NUTRICION_Y_FERTILIZACION_DE_PASTOS)
10. Osorio NW. El análisis foliar: una poderosa herramienta para diagnosticar el estado nutricional de los cultivos, pasturas y plantaciones. Manejo integral del suelo y nutrición vegetal. 2012;3(1):1-4. Disponible en: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/Analisis-foliar.pdf>
11. Bertsch F. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Inf Agronómicas [Internet]. 2005;(57):1-10. Disponible en: [ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=658937&pid=S1316-3361201100010000600005&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=658937&pid=S1316-3361201100010000600005&lng=es)
12. López-Astilleros O, Vinay Vadillo JC, Villegas-Aparicio Y, López Guerrero I, Lozano-Trejo S, López-Astilleros O, et al. Dinámica de crecimiento y curvas de extracción de nutrientes de Pennisetum sp. (Maralfalfa). Rev Mex Cienc Pecu [Internet]. 2020;11(1):255-65. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-11242020000100255&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242020000100255&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
13. Motta-Delgado PA, Ocaña-Martínez HE, Rojas-Vargas EP. Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: Una revisión. Cienc Tecnol Agropecu [Internet]. 2019;20(2):387-408. Disponible en: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1464>
14. Holdridge LR. Ecología basada en zonas de vida [Internet]. Colección Libros y Materiales Educativos (IICA) No. 83, San José (Costa Rica); 2000. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/20468>
15. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. Anuario meteorológico N°53-2013, estación de meteorología M0140 [Internet]. 2017. Disponible en: [https://www.inamhi.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf)
16. Toledo JM. Manual para la evaluación agronómica: Red internacional de evaluación de pastos tropicales [Internet]. International Center for Tropical Agriculture; 1982. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54148>

17. Henríquez C. Fertilidad de suelos: Manual de laboratorio. 1. edición. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo; 1995.
18. Remache M, Carrillo M, Mora R, Durango W, Morales F, Remache M, et al. Absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en híbrido promisorio de maíz. Patricia pilar, ecuador. Agron Costarric [Internet]. 2017;41(2):103-15. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0377-94242017000200103&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0377-94242017000200103&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
19. Motulsky HJ. GraphPad Prism 8 Curve Fitting Guide [Internet]. 2016. Disponible en: [https://www.graphpad.com/guides/prism/8/curve-fitting/reg\\_how-to-cite-these-pages.htm](https://www.graphpad.com/guides/prism/8/curve-fitting/reg_how-to-cite-these-pages.htm)
20. Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo C. InfoStat versión 2020 [Internet]. 2020. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
21. Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo C. InfoStat: Manual del usuario [Internet]. Córdoba: Editorial Brujas. 2008. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
22. Shapiro SS, Wilk MB. An analysis of variance test for normality (Complete Samples). *Biometrika* [Internet]. 1965;52(3/4):591-611. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2333709>
23. Correa JC, Iral R, Rojas L. Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística* [Internet]. 2006;29(1):57-76. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/40268>
24. Miller RG. Simultaneous statistical inference [Internet]. New York, NY: Springer New York; 1981. (Springer Series in Statistics). Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4613-8122-8>
25. Jaramillo Cando FS. " Dinamica de crecimiento de pasto *Axonopus Scoparius* (Gramalote) en el sistema ganadero de la Parroquia Veracruz. [Internet] [BachelorThesis]. 2016. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/322>
26. Smith D, Paulsen GM, Raguse CA. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume Tissue. *Plant Physiol* [Internet]. 1964;39(6):960-2. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC550200/>
27. Moore KJ, Moser LE, Vogel KP, Waller SS, Johnson BE, Pedersen JF. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron J* [Internet]. 1991;83(6):1073-7. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1991.00021962008300060027x>
28. Parsons AJ, Johnson IR, Williams JHH. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. *Grass Forage Sci* [Internet]. 1988;43(1):1-14. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02136.x>
29. Parsons AJ, Penning PD. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass Forage Sci* [Internet]. 1988;43:15-27. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1988GForS..43...15P>
30. Lemaire G, Chapman D. Tissue Flows in Grazed Plant Communities. En: Hodgson J, Illius AW, editores. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International; 1996. p. 3-36.
31. Rincón Castillo Á. Crecimiento y desarrollo de los pastos [Internet]. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA; 2022. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/37631>
32. Nelson CJ, Moser LE. Plant factors affecting forage quality. En: Fahey GC, editor. *ASA, CSSA, and SSSA Books* [Internet]. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America; 2015. p. 115-54. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.2134/1994.foragequality.c3>

33. Buxton D r., Mertens D r., Fisher D s. Forage quality and ruminant utilization. En: Cool-Season Forage Grasses [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 1996. p. 229-66. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronmonogr34.c8>
34. Parra ERC, Alemán LA, Concha VHH, Ramos MMF, Mejía GBO. Analysis of the productive behavior of gramalote (*Axonopus Scoparius*) subjected to three levels of organic plus chemical fertilization. *J Namib Stud Hist Polit Cult* [Internet]. 2023;33:4018-39. Disponible en: <https://www.namibian-studies.com/index.php/JNS/article/view/1084>
35. Alemán LSA, Plaza LAC, Oviedo LAR, Concha VHH. Manejo de pastizales para la producción forrajera en climas tropicales [Internet]. Puerto Madero Editorial Académica. Puerto Madero Editorial Académica; 2023. Disponible en: <https://puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/pmea/catalog/book/20>
36. Lemaire G, Jeuffroy MH, Gastal F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *Eur J Agron* [Internet]. 2008;28(4):614-24. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030108000130>
37. Sanderson MA, Soder KJ, Muller LD, Klement KD, Skinner RH, Goslee SC. Forage Mixture Productivity and Botanical Composition in Pastures Grazed by Dairy Cattle. *Agron J* [Internet]. 2005;97(5):1465-71. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2005.0032>
38. Schnellmann LP, Verdoljak JJO, Bernadis A, Martínez-Gonzalez JC, Castillo-Rod´ríguez SP, Limas-Martínez AG. Frecuencia y altura de corte sobre la calidad del *Megathyrus maximus* (cv. Gatton panic). *Cienc Tecnol Agropecu* [Internet]. 2020;21(3):1-11. Disponible en: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1402>
39. Smith RG, Gross KL, Robertson GP. Effects of Crop Diversity on Agroecosystem Function: Crop Yield Response. *Ecosystems* [Internet]. 2008;11(3):355-66. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9124-5>
40. Whitehead DC. Nutrient elements in grassland: Soil-plant-animal relationships. CABI; 2000. 392 p.
41. Marschner H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press; 2011. 668 p.
42. Del Pozo R. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos* [Internet]. 2002;32(2):109-37. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1314>
43. Cerdas R. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes* [Internet]. 2011;12(24). Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/967>
44. Wilkinson SR, Mays DA. Mineral nutrition. En: Tall Fescue [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 1979. p. 41-73. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronmonogr20.c4>
45. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Division on Earth and Life Studies; Board on Agriculture and Natural Resources; Committee on Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition [Internet]. Washington (DC): National Academies Press (US); 2021. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600603/>
46. Fulkerson WJ, Donaghy DJ. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. [http://www.publish.csiro.au/?act=view\\_file&file\\_id=EA00062.pdf](http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=EA00062.pdf) [Internet]. 2001. Disponible en: <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/21907>
47. Laidlaw AS, Frame J. Improved grassland management. Crowood; 2013. 407 p.

48. Salinas JG, Sanz JI. Síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en pastos tropicales. [Internet]. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT; 1981. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/28781>
49. Knoll JE, Anderson WF, Malik R, Hubbard RK, Strickland TC. Production of napiergrass as a bioenergy feedstock under organic versus inorganic fertilization in the southeast USA. *BioEnergy Res* [Internet]. 2013;6(3):974-83. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12155-013-9328-1>
50. Kering MK, Butler TJ, Biermacher JT, Guretzky JA. Biomass yield and nutrient removal rates of perennial grasses under nitrogen fertilization. *BioEnergy Res* [Internet]. 2012;5(1):61-70. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12155-011-9167-x>
51. Blanco Rodríguez JCB, Bahamón Cabrera CEB, Montilla Rodríguez MAM. Degradación de pasturas y carga animal, una analogía del analfabetismo ganadero. *Rev Fac Cienc Agropecu -FAGROPEC* [Internet]. 2022;14(1):124-33. Disponible en: <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/432>
52. Ricaurte Oyola JJ, Qui Z, Filipe D, Rao IM, Amézquita Collazos E. Distribución radicular, absorción de nutrientes y erosión edáfica en sistemas de cultivos y forrajes en laderas del Cauca, Colombia. *Suelos Ecuat* [Internet]. 2000. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/44279>
53. Terán-Fernández JR. Extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en el pasto toledo (*Brachiaria brizantha* cv. toledo) en función de la fertilización nitrogenada e intervalos entre cortes. 2018. p. 40-3. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/8544>
54. Rodríguez L, Torres V, Martínez RO, Jay O, Noda AC, Herrera M. Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169. *Rev Cuba Cienc Agríc* [Internet]. 2011;45(4):349-54. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022260002>
55. Báez MA, Chávez LT, García PS, Garza ÁM, Navarro LAA, Estrada JAE. Modelo Logístico: Herramienta para diagnosticar el cuánto y cuándo fertirrigar. *Terra Latinoam* [Internet]. 2003;21(2):225-31. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57315595009>
56. Espinoza MF. Estrategias de fertilización en pasturas tropicales [Internet]. Zenodo; 2023. Disponible en: <https://zenodo.org/records/7618853>
57. Han Y, White PJ, Cheng L. Mechanisms for improving phosphorus utilization efficiency in plants. *Ann Bot* [Internet]. 2022;129(3):247-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/aob/mcab145>
58. Lambers H, Plaxton WC. Phosphorus: Back to the Roots. En: *Annual Plant Reviews Volume 48* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2015. p. 1-22. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118958841.ch1>

**Received:** 1 August 2024/ **Accepted:** 1 September 2024 / **Published:** 15 September 2024

*Citation: Congo-Yépez, C.; Chuquimarca, J.; Cisneros, S.; Chanaluisa, A.; Burbano, A. Dinámica de la concentración y absorción de nutrientes del pasto Axonopus scoparius en las condiciones ecológicas de la Amazonía Sur del Ecuador. Bionatura Journal 2024; 1 (3) 16. <http://dx.doi.org/10.70099/BJ/2024.01.03.16>*

**Additional information** Correspondence should be addressed to [carlos.congo@iniap.gob.ec](mailto:carlos.congo@iniap.gob.ec)

**Peer review information.** Bionatura thanks anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

**Peer review information.** Bionatura thanks anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

**ISSN. 3020-7886**

All articles published by Bionatura Journal are made freely and permanently accessible online immediately upon publication, without subscription charges or registration barriers.

**Publisher's Note:** Bionatura Journal stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Copyright:** © 2024 by the authors. They were submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).