

**EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE NPK CON DIFERENTES NIVELES DE Si, SOBRE  
EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO RAIGRAS (*Lolium sp*) BAJO UN SUELO  
Typic haplustands EN SAPUYES, NARIÑO.**

**ELIANA GERALDING ORTEGA ERASO**

**KATHERIN ELIANA TABORDA BURGOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**SAN JUAN DE PASTO**

**2023**

**EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE NPK CON DIFERENTES NIVELES DE Si, SOBRE  
EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO RAIGRAS (*Lolium sp*) BAJO UN SUELO  
Typic haplustands EN SAPUYES, NARIÑO.**

**ELIANA GERALDING ORTEGA ERASO**

**KATHERIN ELIANA TABORDA BURGOS**

**Trabajo de grado presentada como requisito parcial para optar al título**

**Ingeniero Agrónomo**

**Presidente de trabajo de grado**

**HUGO RUIZ ERASO Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**SAN JUAN DE PASTO**

**2023**

### **Nota de Responsabilidad**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de grado son de responsabilidad exclusiva de sus autores”. Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de Aceptación**

---

---

---

**Jairo Hernán Mosquera Guerrero. Ph.D.**

---

**Jurado**

**Efrén Guillermo Insuasty Santacruz. M.Sc.**

---

**Jurado**

**Hugo Ruiz Eraso Ph.D.**

---

**Presidente de trabajo de grado**

## **Agradecimientos**

Nuestro eterno agradecimiento al todo Poderoso, a quien día a día ponemos nuestra vida en sus manos.

A todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo, que nos comprendieron, tuvieron mucha tolerancia y paciencia, que se dieron su tiempo para permitirnos así llevar adelante y culminar nuestro proyecto de vida, que pasó de ser una meta personal para convertirse en un emprendimiento más, a ellos nuestra eterna gratitud.

A nuestro asesor y presidente de trabajo de grado Al Dr. Hugo Ruiz, por sus consejos y orientaciones.

Al honorable jurado de tesis, los doctores Efrén Guillermo Insuasty y Jairo Hernán Mosquera.

**Eliana Geraldine Ortega Eraso**

**Katherin Eliana Taborda Burgos**

### **Dedicatoria**

Para mi amada madre Corina Eraso Díaz, gracias por estar siempre conmigo ayudándome a construir la fuerza y la razón para seguir adelante. Gracias por tener conmigo tantos sueños y proyecciones y ser la mejor compañía de la vida. Espero tenerte por siempre para que sigamos juntas brindando por muchos éxitos.

**Eliana Geraldine Ortega Eraso.**

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar este gran paso en mi vida a la persona más importante, mi madre Fadia Edith Burgos López quien me ha apoyado incondicionalmente en toda mi formación. Juntas hemos logrado muchos de nuestros sueños entre ellos culminar con este trabajo de grado. Solo me queda agradecerte por cada una de las cosas que haces y que seguramente continuaras haciendo por mí, por ello deseo retribuir tu amor y hacerte sentir orgullosa de cada paso que doy.

**Katherin Eliana Taborda Burgos**

## Resumen

La investigación titulada EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE NPK CON DIFERENTES NIVELES DE Si, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO RAIGRAS (*Lolium sp*) bajo un suelo Typic haplustands, se desarrolló en la Granja Experimental Chimangual de la Universidad de Nariño, ubicada a 3154 m.s.n.m. con una precipitación anual de 1100 mm y temperatura promedio de 10°C. Se empleó diseño de arreglo de parcelas divididas en bloques al azar, donde la parcela principal correspondió a los niveles de NPK 100% (N<sub>2</sub>O 764 – DAP 164 – KCl 60 kg/ha<sup>-1</sup>); 75 % (N<sub>2</sub>O 534 – DAP 148 – KCl 42) y 50% (N<sub>2</sub>O 348 – DAP 82 – KCl 30), con fuentes simples, dosis ajustada según análisis de suelos. La subparcela correspondió a las dosis de silicio (100 %, 75 % y 50 %) y un testigo cero (sin silicio), para un total de 12 combinaciones distribuidos en cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en el cultivo fueron rendimiento (t/ha<sup>-1</sup>), (MS), (IAF), (ALT), (FV) y en el suelo los contenidos de macro y micronutrientes, complementando todos estos parámetros con el análisis foliar del cultivo.

Los resultados mostraron que los tratamientos con NPK (100%), Si (100%) y NPK (50%) más Silicio (100%), son estadísticamente similares y además presentan diferencias significativas a los demás tratamientos.

*Palabras clave:* fertilización, producción, andisol, alimentación bovina.

### Abstract

The research titled EVALUATION OF THREE DOSES OF NPK WITH DIFFERENT LEVELS OF Si, ON THE YIELD AND QUALITY OF RAIGRAS GRASS (*Lolium sp*) under a Typic haplusstands soils, was developed at the Chimangual Experimental Farm of the University of Nariño, located at 3154 m.s.n.m. with an annual rainfall of 1100 mm and an average temperature of 10°C. A divided plot design was used with a random block arrangement, where the main plot corresponded to the NPK levels NPK 100% (N<sub>2</sub>O 764 – DAP 164 – KCl 60 kg/ha<sup>1</sup>); 75 % (N<sub>2</sub>O 534 – DAP 148 – KCl 42) y 50% (N<sub>2</sub>O 348 – DAP 82 – KCl 30), dose adjusted according to soil analysis. The subplot corresponded to the doses of silicon (100%, 75% and 50%) and a zero control (without silicon), for a total of 12 combinations distributed in four repetitions. The variables evaluated in the crop were yield (t/ha-1), (DM), (IAF), (ALT), (FV) and in the soil the macro and micronutrient contents, complementing all these parameters with foliar analysis. of the crop.

The results showed that the treatments with NPK (100%), Si (100%) and NPK (75%) plus Silicon (100%), are statistically similar and also present significant differences to the other treatments.

Keywords: fertilization, production, andisol, bovine feeding.

## Contenido

Introducción .....	14
1. Materiales y métodos .....	17
1.1 Análisis de suelo.....	17
1.2 Preparación del suelo .....	17
1.3 Fertilización.....	17
2. Resultados y discusión .....	24
2.1 Análisis de rendimiento.....	24
2.1.1. Forraje verde.....	26
2.1.2 Materia seca.....	27
2.1.3 Altura de la planta.....	29
2.1.4 Índice de área foliar .....	30
2.2 Análisis de calidad .....	31
2.2.1 Ceniza.....	33
2.2.2 Extracto Etéreo .....	34
2.2.3 Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Ácida.....	35
2.2.4 Proteína cruda.....	37
2.2.5 Extracto no Nitrogenado y Hemicelulosa.....	39
2.3 Análisis económico y presupuestal para los tratamientos propuestos.....	39
Conclusiones .....	41
Referencias bibliográficas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexos .....	48

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Análisis inicial de suelos antes de fertilizar. ....	18
Tabla 2. Dosis de NPK y Si, distribuidas por tratamiento.....	19
Tabla 3. Descripción de la combinación de los tratamientos .....	19
Tabla 4. Variables agronómicas para evaluación inicial en campo.....	21
Tabla 5. Variables bromatológicas en laboratorio.....	21
Tabla 6. Cuadrados medios de las variables agronómicas, forraje verde (FV), materia seca (MS), altura (Alt) e índice área foliar (IAF), en el cultivo de raigrás (Lolium sp) .....	24
Tabla 7. Comparación de promedios en forraje verde (FV) y materia seca (MS) en el cultivo de raigrás (Lolium sp). ....	25
Tabla 8. Comparación de promedios para altura (Alt) e Índice de área foliar (IAF) en el cultivo de raigrás (Lolium sp). ....	29
Tabla 9. Cuadrados medios de las variables ceniza, extracto etéreo (E.E), fibra detergente neutra (FDA), fibra detergente ácida (FDA), proteína cruda (PC), extracto neutro de nitrógeno (ENN), hemicelulosa, en el cultivo de raigrás (Lolium multiflorum). ....	32
Tabla 10. Comparación de promedios de las variables ceniza, extracto etéreo (E.E), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), en el cultivo de raigrás (Lolium multiflorum). ....	33
Tabla 11. Comparación de promedio en proteína cruda, extracto no nitrogenado y hemicelulosa del cultivo del raigrás (Lolium sp) .....	37
Tabla 12. Análisis económico y presupuestal para los tratamientos propuestos del cultivo de raigrás (Lolium sp). ....	40

**Lista de figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de campo, distribución de tratamientos. ....	20
Figura 2. Relación de F.Ven pasto raigrás (Lolium sp). ....	26
Figura 3. Relación de M.S en pasto raigrás (Lolium sp).....	27
Figura 4. Relación del I.A.F en pasto raigrás (Lolium sp) .....	30
Figura 5. Relación de E.E en pasto raigrás (Lolium sp).....	34
Figura 6. Relación de FDN y FDA en pasto raigrás (Lolium sp).....	35
Figura 7. Relación de P.C en pasto raigrás (Lolium sp).....	37
Figura 8. Relación de E.N.N y Hemicelulosa en pasto raigrás (Lolium sp) .....	38

**Lista de anexos**

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Análisis de suelos .....	48
Anexo B. Cálculo de plan de fertilización .....	48
Anexo C. Salidas estadísticas parámetros de investigación.....	48

## Introducción

Inicialmente es necesario establecer la importancia del silicio como agente multifuncional en la agricultura, el cual entre sus características está proporcionar una mayor resistencia y protección contra factores tanto bióticos como abióticos, todo este proceso dentro del sistema suelo-planta lo convierte en un neutralizador de la toxicidad causada por los metales pesados como: Manganeso, Hierro, Cadmio, Arsénico. En cuanto al Aluminio, el Silicio activa el intercambio catiónico y la movilización de nutrientes (Agrinova Science, s.f.). Respecto a las plantas, el Si actúa como un catalizador de procesos naturales tales como nutrición, autodefensas y buen desarrollo (Bloodnick, 2018). La mayoría de los fertilizantes del mercado no incluyen el silicio en su composición, por ello, es importante hacer este tipo de investigación desde la academia para poder conocer sobre los efectos y beneficios del Silicio en esta variedad de forraje, para proporcionar mejor información a los productores.

Con relación a la alimentación animal, más específicamente en el sector bovino, los forrajes son la fuente más económica de nutrientes. Según Villalobos y et al. (2010). Los niveles de proteína cruda en pasturas de raigrás en estado vegetativo son normalmente muy altos para las vacas lecheras. Actualmente son la base de alimento de 18 millones de cabezas de ganado que constituyen el hato nacional y que producen prácticamente toda la carne y leche que consume el país, además de ser la fuente esencial en el desarrollo social y económico generando mano de obra e ingresos.

Para la alimentación de los bovinos la especie del género *Lolium* es la más utilizada a nivel regional, pero presenta dificultades para mantener un desarrollo continuo y sostenible debido a la mala y escasa alimentación suministrada a los bovinos. El sistema de producción de ganado lechero en el país se realiza en pasturas, estas especificaciones no consiguen alcanzar los

requerimientos alimenticios debido a la inestabilidad de minerales en los forrajes dando como resultado las bajas producciones y problemas de reproducción en los bovinos en trópicos altos como en Nariño.

Teniendo en cuenta la importancia tanto de la producción de pastos como del sector lácteo para la región, se debe prestar una mayor atención a la calidad del forraje y a las características del suelo para que este pueda suministrar los nutrientes suficientes para cubrir un espacio determinado y un número de bovinos determinado logrando la disminución de costos y mejoras en la productividad con respecto a los forrajes que se traducen no solo en beneficios para los animales como tal si no una eficiencia económica. En la mayoría de los estudios realizados las gramíneas están consideradas como plantas acumuladoras de Si (Hodson et al., 2005; Takahashi, 2002). Un gran soporte para potencializar su uso en el cultivo de pastos y mejorar su eficiencia productiva. El propósito de la investigación fue evaluar tres dosis de NPK con cuatro niveles de Si (100%, 75%, 50% y 0%), sobre el rendimiento y calidad del pasto raigrás (*Lolium sp*) en la cuenca lechera de la sabana del departamento de Nariño para contribuir con estrategias de mejora de producción al ható lechero del municipio de Sapuyes y la sabana del sur de Nariño.

La implementación de alternativas sostenibles para la recuperación, manejo de suelos y praderas degradadas en sistemas de producción lechera especializada de trópico alto es indispensable para corregir las fallas actuales de utilización de maquinaria y manejo de pastoreo. La alimentación de animales lecheros especializados debe ser realizada con base en la oferta de forraje en pradera, de manera que las áreas de pastoreo asignadas le garanticen al ganado las necesidades de materia seca y de nutrientes para ello es necesario caracterizar y evaluar diferentes alternativas de suplementación de los forrajes predominantes en sistemas de

producción lechera especializada para optimizar la alimentación producción y calidad del producto lácteo incluyendo compuestos de valor agregado y beneficios para la salud humana.

## **1. Materiales y métodos**

El trabajo de investigación se realizó en el municipio de Sapuyes en la granja experimental Chimangual de la Universidad de Nariño ubicada en este municipio, localizado a 01°02'25" de latitud norte y 77°37'29" de longitud oeste. A 3154 msnm la zona presenta una precipitación anual de 1100 mm, con temperatura de 10°C. (udenar.edu.co) Esta zona está clasificada según Holdridge (1979) como bosque húmedo montano y un suelo caracterizado como: Typic haplustand IGAC, (2006).

### **1.1 Análisis de suelo**

La investigación se desarrolló con la toma de un muestreo fisicoquímico de suelos con el objetivo de identificar la estructura y cantidad de sus diferentes elementos (mayores y menores), siguiendo los protocolos de muestreo por Riveiro et al. (1999). Resultados que sirvieron de base para el cálculo de los diferentes tratamientos utilizados en el presente trabajo.

### **1.2 Preparación del suelo**

El lote anteriormente fue utilizado en un ensayo para evaluar el efecto de tres tipos de enmiendas (cal agrícola, cal dolomita y yeso agrícola) para mejorar las condiciones del suelo y favorecer el desarrollo del cultivo. Posteriormente en el lote se implementó la labranza convencional tipo cincel, esta labor mantiene una estructura uniforme del terreno, conservando la humedad y los nutrientes; en esta área se usó el diseño de parcelas divididas, en las cuales se sembraron la variedad anual de *Lolium sp multiflorum* de semilla certificada.

### **1.3 Fertilización**

El plan de fertilización fue ajustado mediante análisis inicial de suelo, tabla 1. Como se desglosa en el anexo A. los cuales fueron la base conceptual para diseñar el experimento y las dosis de NPK y Si, tabla 2 y 3. Como fuentes de NPK se utilizaron urea (46% N), superfosfato

triple (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y cloruro de potasio (60% de K<sub>2</sub>O), respecto a la fuente de Silicio se utilizó el producto comercial Magnesil con concentraciones de SiO<sub>2</sub> (37%) y MgO (28%).

Se realizaron cuatro cortes: el primero a los 90 días después de la siembra (corte de homogenización), posteriormente tres cortes de evaluación cada uno con intervalos de 40 días, en cada corte se realizaron evaluaciones para diferentes variables agronómicas (ver tabla 4). Para las variables bromatológicas (ver tabla 5), se llevó a cabo las metodologías que establecen los Laboratorios de la Universidad de Nariño, (2019).

**Tabla 1.**

*Análisis inicial de suelos antes de fertilizar.*

<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>	<b>Técnica</b>	<b>Unidad</b>
<b>D.A</b>	Probeta graduada	Gravimétrica	0.65 g/cm <sup>3</sup>
<b>M.O</b>	Walkley-Black (Colorimétrico) NTC5403	Espectrofotométrica uv-vis	21.5%
<b>pH</b>	NTC 5264	Potenciométrica	5.6
<b>Fosforo (P) disponible</b>	Bray y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	21.22 mg/kg
<b>Potasio (K) cambio</b>			0.95 cmol+/kg
<b>Calcio (Ca) cambio</b>	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC5349	Espectrofotométrica de absorción atómica	4.23 cmol+/kg
<b>Magnesio (Mn) cambio</b>			0.86 cmol+/kg
<b>Aluminio (Al) cambio</b>	Extracción KCl 1N	Volumétrica	1.48
<b>Textura</b>	Bouyoucos		franco-arenoso

Fuente. Este estudio

**Tabla 2.***Dosis de NPK y Si, distribuidas por tratamiento*

<b>Parcelas principales</b>	
<b>100% N-P-K</b>	764N2O – 164 DAP– 60 KCl kg ha <sup>-1</sup>
<b>75% N-P-K</b>	534NO2 – 148DAP – 42KCl kg ha <sup>-1</sup>
<b>50% N-P-K</b>	382NO2- 82DAP -30KCl kg ha <sup>-1</sup>
<b>Subparcelas</b>	
<b>100% Si</b>	100 SiO2 kg ha <sup>-1</sup>
<b>75% Si</b>	75 SiO2 kg ha <sup>-1</sup>
<b>50% Si</b>	50 SiO2 kg ha <sup>-1</sup>
<b>0% Si</b>	0 kg ha <sup>-1</sup>

Fuente. Este estudio

**Tabla 3.***Descripción de la combinación de los tratamientos*

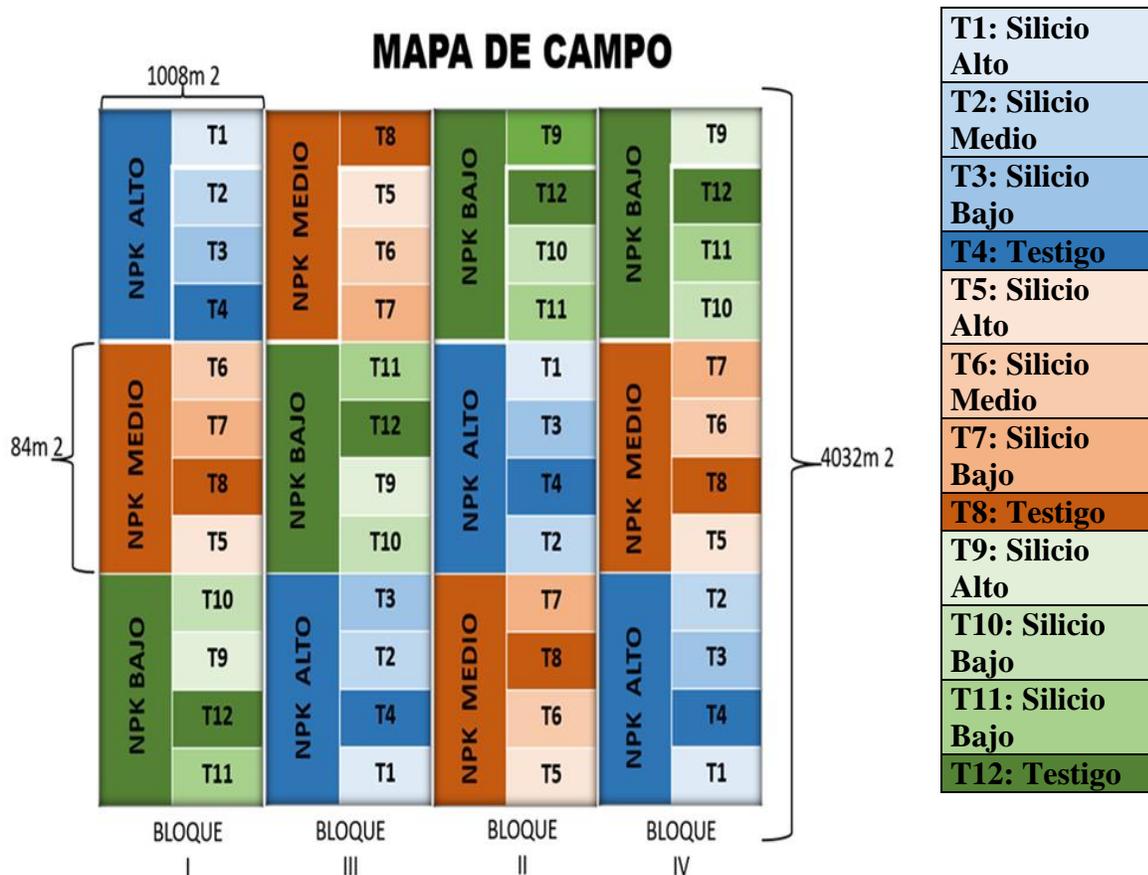
<b>Tratamientos</b>	<b>NPK</b>		<b>Si</b>
<b>T1</b>	764-164-60	X	100 kg
<b>T2</b>	764-164-60	X	75 kg
<b>T3</b>	764-164-60	X	50 kg
<b>T4</b>	764-164-60	X	0 kg
<b>T5</b>	534-148-42	X	100 kg
<b>T6</b>	534-148-42	X	75 kg
<b>T7</b>	534-148-42	X	50 kg
<b>T8</b>	534-148-42	X	0 kg
<b>T9</b>	348-82-30	X	100 kg
<b>T10</b>	348-82-30	X	75 kg
<b>T11</b>	348-82-30	X	50 kg
<b>T12</b>	348-82-30	X	0 kg

Fuente. Este estudio

Los anteriores tratamientos fueron distribuidos en campo aleatoriamente de acuerdo con el siguiente mapa figura No. 1.

**Figura 1.**

Mapa de campo, distribución de tratamientos.



Fuente. Este estudio

**a. Variables fenológicas de producción y calidad en el pasto raigrás (*Lolium sp*)**

En la tabla 4 y 5, se presentan las variables fenológicas de rendimiento y las de calidad de pasturas evaluadas en la investigación con su respectiva metodología de trabajo.

**Tabla 4.***Variables agronómicas para evaluación inicial en campo*

<b>Variable</b>	<b>Método de Obtención</b>	<b>Técnica</b>
<b>Altura de plantas (AP)</b>	Medición en cm desde la base de la planta a la punta de la hoja. (5 plantas)	Regleta
<b>Producción de forraje Verde (PFV)</b>	Aforo de 0,50 m <sup>2</sup> lanzado al azar en cada parcela, luego se pesó y transformó a ton/h <sup>-1</sup>	Aforo
<b>Índice de área foliar (IAF).</b>	Medición de 5 plantas. Multiplicar largo por ancho de cada hoja, el resultado corresponderá al valor del área foliar, se lo multiplicará por el factor 0.75 y se aplica la metodología de cálculo empírico (Rodríguez et al, 2000)	Cálculo Matemático
<b>Porcentaje de Germinación</b>	Temperatura de 30°C al día durante 16 horas y de 20°C en la noche durante 8 horas	ISTA 1976

Nota: variables evaluadas en cuatro épocas, una después del corte de homogenización y tres consecutivos posteriores con intervalos de cuarenta días cada uno

Fuente. Este estudio

**Tabla 5.***Variables bromatológicas en laboratorio*

<b>Variable</b>	<b>Método de Obtención</b>	<b>Técnica</b>
<b>Proteína cruda (PC%)</b>	Kjeldahl (N*6,25).	Titulometría
<b>Fibra detergente neutra (FDN %)</b>	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom.	Gravimetría
<b>Fibra detergente Acida (FDA %)</b>	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom.	Gravimetría
<b>Cont. Humedad (%)</b>	Secado estufa.	Gravimetría
<b>Ceniza (%)</b>	Incineración Mufla.	Gravimetría
<b>Extracto etéreo (%)</b>	Extracción Soxhlet.	Gravimetría
<b>Extracto no nitrogenado (%)</b>	Cálculo Matemático.	Cálculo Matemático
<b>Hemicelulosa (%)</b>	Van Soest Secuencial.	Gravimetría
<b>Producción de Materia seca (MS)</b>	Secado estufa.	Gravimetría

Nota: variables de calidad evaluadas en la cuarta época de muestreo, con aforo por parcela

Fuente: este estudio

**b. Área de trabajo y diseño experimental.** El área que se utilizó fue de 4.040 m<sup>2</sup>, dividida en 4 bloques de 1008 m<sup>2</sup> c/u y cada unidad 84 m<sup>2</sup>, donde fueron aleatorizados los doce tratamientos en un diseño de arreglo de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones (figura 1). Siendo las parcelas principales las tres dosis de NPK con diferentes fuentes simples y la parcela secundaria o subparcela tres dosis de Si, utilizando como fuente SiO<sub>2</sub>; tratamientos contrastados con un nivel de cero Silicio en cada nivel de NPK, que fue el testigo del ensayo.

El modelo del diseño estadístico utilizado en la investigación se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + P_i + [(\beta \times P)]_{ki} + \delta_j + [(P \times \delta)]_{ij} + [(\beta \times \delta)]_{kj} + [(\beta \times P \times \delta)]_{kij}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable de Respuesta

$\mu$  = efecto de la media general del experimento

$\beta_k$  = efecto del bloque K

$[P]_i$  = efecto de la parcela principal i o tratamiento i

$[(\beta P)]_{ki}$  = error a (interacción bloque k por la parcela principal i)

$\delta_j$  = efecto de la subparcela j o subtratamiento j

$[(P\delta)]_{ij}$  = interacción de la parcela principal i por la subparcela j

$[(\beta \times \delta)]_{kj} + [(\beta \times P \times \delta)]_{kij}$  = error b b (autor). (Cochran & Cox, 1990)

Los datos obtenidos en las diferentes variables de la investigación fueron procesados mediante el programa estadístico Infostat v.2020 con un análisis de varianza (ANDEVA); cuando se presentaron diferencias estadísticas se procedió a realizar la comparación de

promedios por Tukey, donde únicamente hubo diferencias estadísticas a nivel de  $P > 0,005$ .

## 2. Resultados y discusión

### 2.1 Análisis de rendimiento

A continuación, en la tabla 6, se observó los resultados correspondientes de los cuadrados medios, para las variables fenológicas altura (ALT), índice de área foliar (IAF), forraje verde (FV) y de rendimiento (MS), donde se presentaron diferencias estadísticas significativas para los niveles de NPK, Sí y la interacción NPK x Si. Con índices de confiabilidad altos para este tipo de ensayos biológicos.

**Tabla 6.**

*Cuadrados medios de las variables agronómicas, forraje verde (FV), materia seca (MS), altura (Alt) e índice área foliar (IAF), en el cultivo de raigrás (Lolium sp)*

F. VARIACION	GL	F.V	M.S	ALT	I.A. F
<b>Modelo</b>	20	280,42**	5,41**	31,96**	470,23**
<b>NPK</b>	2	1323.16**	15.49**	140.86*	213.09 <sup>ns</sup>
<b>BLOQUE</b>	3	62.17 <sup>ns</sup>	1.36**	15.94 <sup>ns</sup>	81.93 <sup>ns</sup>
<b>SI</b>	3	776.42**	20.78**	49.39**	2740.48**
<b>NPK*BLOQUE</b>	6	21.40 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	12.94 <sup>ns</sup>	45.50 <sup>ns</sup>
<b>NPK*SI</b>	6	53.00**	1.46**	13.98*	39.68 <sup>ns</sup>
<b>Error b</b>	27	22.46	0,39	5,78	33,27
<b>Total</b>	47				
<b>R2</b>		0.90	0,91	0,80	0,91
<b>C.V</b>		8,09	8,11	3,24	12,93

*Nota:* Valores numéricos con \* Diferencias significativas  $P < 0,05$ ; \*\* Diferencias Altamente significativas  $P < 0,001$  y np, no presenta diferencias según Tukey.

En la tabla 6, en la localidad de Sapuyes la variación NPK x Si, presentó diferencias significativas para FV con 53.00, MS con 1.46 y ALT 13.98, mientras que para la variable Si se destacan las cuatro variables de estudio FV (776.42), MS (20.78), ALTURA (49.39) y I.A.F (2740.48), con relación a la interacción entre las variables se presenta diferencia altamente significativa.

Al encontrar diferencias estadísticas altamente significativas en este parámetro se procede a realizar la prueba de comparación de promedios, mediante la prueba Tukey, que entregó los resultados que se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7.**

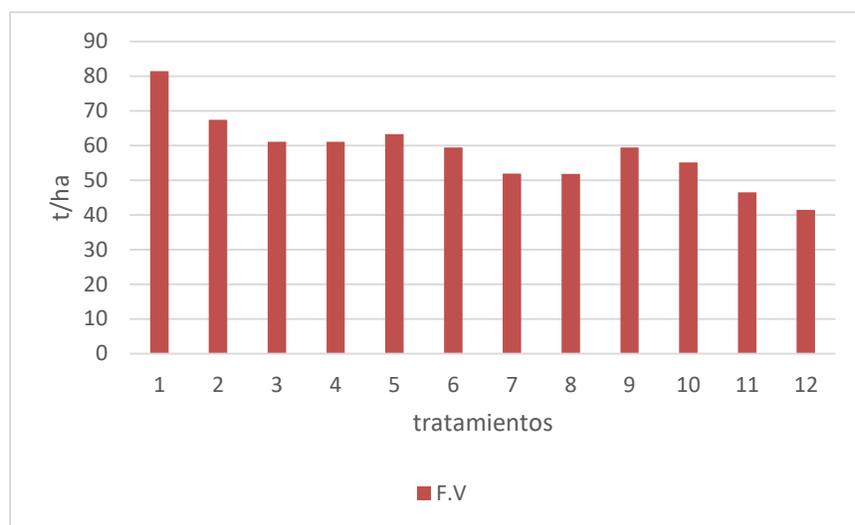
*Comparación de promedios en forraje verde (FV) y materia seca (MS) en el cultivo de raigrás (Lolium sp).*

Tratamientos	NPK	Si	F.V	M.S
			t/ha <sup>-1</sup>	
1	100%	100%	81,41 a	10,93 a
2	100%	75%	67,43 b	8,89 bc
3	100%	50%	61,03 bc	7,69 bcd
4	100%	0%	61,03bc	7,69 bcd
5	75%	100%	63,27 bc	8,28 bc
6	75%	75%	59,42 bc	7,53 bcd
7	75%	50%	51,93 cd	7,26 bcd
8	75%	0%	51,78 cd	6,58 de
9	50%	100%	59,37 cd	9,35 b
10	50%	75%	55,14 cd	6,92 de
11	50%	50%	46,49 de	5,94 ef
12	50%	0%	41,44 e	5,38 f

*Nota:* FV (Forraje verde); MS (Materia seca).

## Figura 2.

Relación de F.Ven pasto raigrás (*Lolium sp*).



### 2.1.1. Forraje verde

El análisis estadístico de los cuadros medios para las variables NPK X Si (53.00) y NPK (1323.16), Si (776.42) presento variación de alta probabilidad y en los resultados se observaron diferencias significativas en el T1 con respecto a los demás, se obtuvo mayor producción de biomasa fresca con valor de 81.41 t/ha<sup>-1</sup> en los primeros seis meses del ciclo; las dosis medias representadas en los tratamientos T2 con un valor de 67.43 t/ha<sup>-1</sup> hasta el T6 con un valor de 59.42 t/ha<sup>-1</sup>; el T9 muestra también una dosis de 59,37 t/ha<sup>-1</sup>, debido al nivel alto en Si, a partir del T7 con 51,93 t/h<sup>-1</sup>, T8 con 51,78 t/h<sup>-1</sup> y T10 con 55,14 t/h<sup>-1</sup> el rendimiento disminuyó, el T11 con 46,49t/h<sup>-1</sup> y el T12 con testigo con valor de 41.44 t/ha<sup>-1</sup> se clasifican dentro de los promedios más bajos.

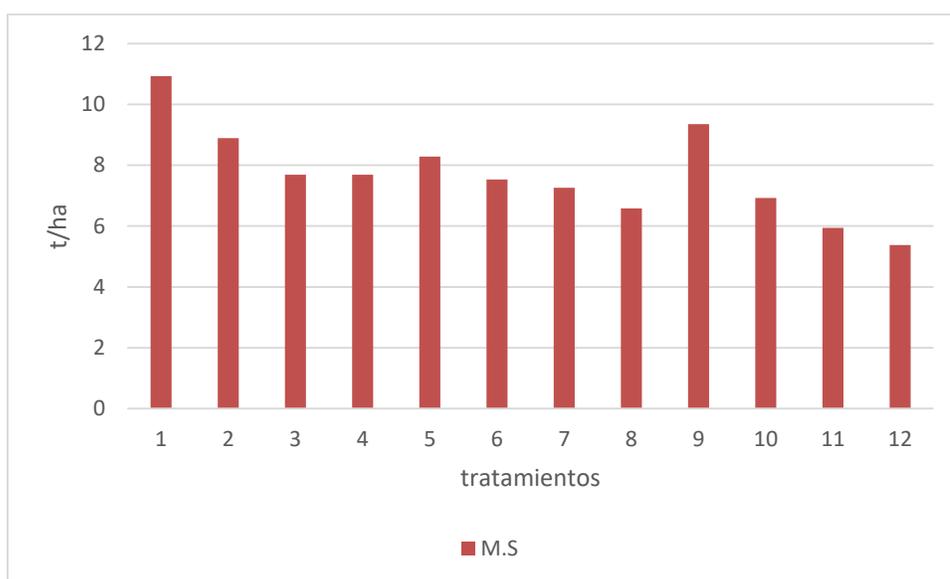
El Silicio ayuda al sistema radicular de las plantas y puede incrementar la masa de raíces de un 50 a 200 %, por lo que también estimula la generación de un mayor número de tallos por semilla, (Mejisulfato, 2014). Al mejorar el proceso de asimilación

contribuyó a generar más nutrientes y producir más energía para la planta aumentando el volumen de la planta, su productividad que se ve reflejada en las variables de rendimiento de forraje verde siendo el T1 correspondiente a la dosis más alta y productiva.

Las dosis con NPK 50% más Si testigo obtuvieron un beneficio bajo, los cuales evidentemente tienen un menor rendimiento de FV, provocada por la ausencia del nutriente en la etapa de fertilización en el ciclo fenológico vegetativo de siembra.

### Figura 3.

*Relación de M.S en pasto raigrás (Lolium sp).*



#### 2.1.2 Materia seca

El análisis de cuadros medios para materia seca mostró diferencias para NPK (15.49), SI (20.78) e interacción de NPK x SI (1.46). En la aplicación de las dosis evaluadas en la siembra respecto a la materia seca se observó variabilidad de los promedios, según las estadísticas en el T1 (NPK 100%; silicio 100%) presenta mayor producción significativa con 10.93 t/ha<sup>-1</sup> respecto a los demás; mientras que los resultados un poco similares son T9 con 9.35 t/ha<sup>-1</sup>, el T2 con 8,89 t/ha<sup>-1</sup> y T5 con 8,28 t/ha<sup>-1</sup>, los valores promedios corresponden a el T3, T4 con 7.69 t/ha<sup>-1</sup> T6 con

7,53 t/ha<sup>-1</sup> y T7 con 7,26 t/ha<sup>-1</sup>, los tratamientos con un menor rendimiento son los T8 con 6,58 t/ha<sup>-1</sup>, T10 con 6,92 t/ha<sup>-1</sup> T11 5,94 t/ha<sup>-1</sup> y el T12 (testigo), con 5.38 t/ha<sup>-1</sup>. La mayor dosis de Si generó una mejor respuesta con la M.S respecto al testigo.

En general las gramíneas son consideradas plantas acumuladoras de Si y en el T1 con la aplicación de la dosis alta de dióxido de silicio 100% muestra la mejor expresión de las variables fisiológicas de crecimiento y la correlación con los parámetros de producción en el cultivo. El aporte de fertilización con silicio a las plantas evidencia variantes en la respuesta de crecimiento en ganancia de materia seca, lo anterior se manifiesta en el incremento de altura y diámetro de tallo. El Si constituye entre el 0,1 y el 10 % del peso seco de las plantas superiores, la eficiencia del Si está influenciada por los fosfatos en mayor concentración en la solución del suelo, permitiendo que el sistema radical incrementa su masa y volumen, aumentando con ello la capacidad de absorción por superficie de contacto de los elementos como el nitrógeno, calcio, magnesio, potasio, elementos fundamentales para el desarrollo de las estructuras, con lo que se logra obtener plantas de mejor porte, potencializar los componentes de rendimiento, que se refleja en el aumento de materia seca.

**Tabla 8.**

*Comparación de promedios para altura (Alt) e Índice de área foliar (IAF) en el cultivo de raigrás (Lolium sp).*

Tratamientos	NPK	Si	Alt	I.A.F
			Cm	
1	100%	100%	81,98 a	7,81 <sup>a</sup>
2	100%	75%	76,11 ab	5,48bc
3	100%	50%	77,03 ab	4,68bcd
4	100%	0%	74,11 bc	3,62de
5	75%	100%	76,36 ab	7,31 <sup>a</sup>
6	75%	75%	75,58 bc	5,45bc
7	75%	50%	70,93 c	4,10cde
8	75%	0%	71,41 bc	2,79e
9	50%	100%	72,18 bc	6,20ab
10	50%	75%	71,20 bc	5,04bcd
11	50%	50%	71,54 bc	4,10cde
12	50%	0%	70,85 c	3,01e

*Nota.* ALT (Altura de planta), IAF (Índice de área foliar).

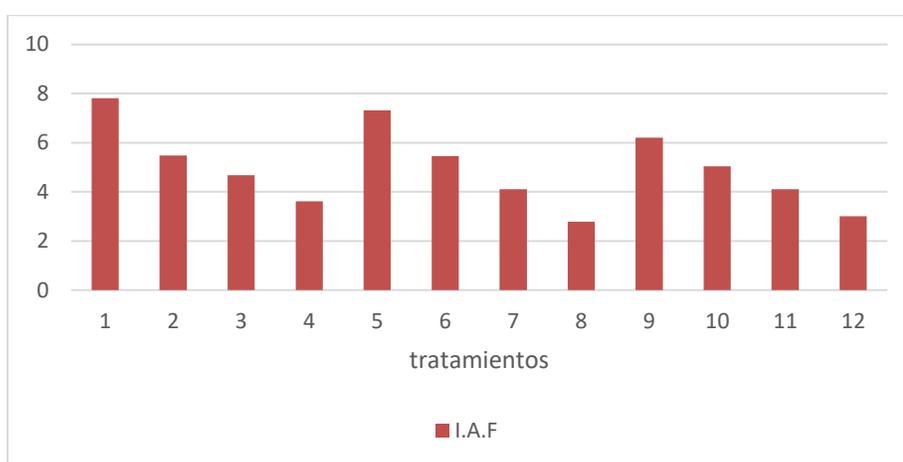
### **2.1.3 Altura de la planta**

La altura de la planta para las variables de NPK, la interacción de NPK x SI y para el factor Si con (49,39), si presentan diferencias. se observó que el T1 con 81,98cm es estadísticamente diferente a los demás tratamientos; con relación a los promedio de altura de la planta los datos que se presentaron fueron T3 con 77,03cm, T5 con 76,36cm seguidos de el T2 con 76,11cm, T6 con 75,58cm y T4 con 74,11cm; las dosis con NPK bajo y Si testigo obtuvieron un beneficio bajo con rangos que representan desde el T9 con 72,18cm hasta el T12 con 70,85cm los cuales evidentemente tienen un menor rendimiento de altura, provocada por la ausencia del nutriente en la etapa de fertilización en el ciclo fenológico vegetativo de siembra. Estos datos son similares a los obtenidos por los obtenidos por Gonzales (2016), aplicando diferentes fórmulas de abonamiento de NPK al pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*), donde obtuvo resultados con una altura máxima de 2.19m en dosis altas de N264-P31-K249. Se ha observado que, según

Loaiza, 2003. En condiciones de campo, el silicio puede estimular el crecimiento, entendido como la acumulación irreversible de materia seca, que se asocia a procesos de elongación, crecimiento celular y la productividad por aumentar la disponibilidad de elementos como el P, Ca, Mg, K y B, al contrarrestar el antagonismo generado en suelos con alta saturación de aluminio y hierro (Epstein y Bloom, 2005; Hodson y Evans, 1995).

#### Figura 4.

*Relación del I.A.F en pasto raigrás (Lolium sp)*



#### 2.1.4 Índice de área foliar

En los resultados obtenidos hubo diferencias significativas en cuanto al factor Si (2740.48), el T1 y T5 sí presentaron variabilidad estadística con los mayores valores 7.84 y 7,31 respectivamente; los valores medios los representan el T9 con 6,20, T2 con 5,48, T6 con 5,45 y el T10 con 5,04 ; los índices más bajos se observaron en el T3 con 4,68, T7 y T11 con 4,10, T4 con 3,62, T12 con testigo 3.01 y por último el T8 con 2,79. Con esto se puede deducir que el Si, influye positivamente en el crecimiento de las plantas y los rendimientos de producción. El Si mejora la capacidad fotosintética, disminuye la tasa transpiratoria, aumenta el crecimiento de las plantas y aumenta la resistencia mecánica de las células, estos son los efectos directos del Si que se acompañan de varios efectos indirectos Valente et al, (2004).

Resultados similares los obtuvieron Borda et al, (2007); donde mencionan que los impactos positivos de Si son de gran importancia en el manejo de la fertilidad para el cultivo de Avena sativa, los cuales se observan en la óptima asimilación y transformación eficiente de nutrientes del suelo en incrementos de materia seca aérea, materia seca de raíz, mayores IAF y altura. Los datos obtenidos en esta investigación muestran que obtuvo mayores valores el raigrás *Lolium sp* tratado con Sí ya que de otra manera todos los promedios hubieran sido similares al testigo y tienen concordancia con lo reportado por Valente et al, (2004), quienes han referido que el Si se acompaña de efectos indirectos, que incluyen un aumento de la capacidad fotosintética y un mayor crecimiento de las plantas. Estos resultados demuestran que las plantas fertilizadas con Si refuerzan su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha (Mitani et al, 2005; Epstein, 2009).

## **2.2 Análisis de calidad**

En la tabla 9, se representa el análisis de las variables evaluadas de raigrás *Lolium sp* corte de forraje para análisis bromatológico, las cuales sí presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables y manejan una interacción similar entre sus parámetros.

**Tabla 9.**

Cuadrados medios de las variables ceniza, extracto etéreo (E.E), fibra detergente neutra (FDA), fibra detergente ácida (FDA), proteína cruda (PC), extracto neutro de nitrógeno (ENN), hemicelulosa, en el cultivo de raigrás (*Lolium multiflorum*).

FV	Gl	Ceniza	E. E	F.D. N	F.D.A	P.C	E.N.N	Hemicelulosa
<b>MODELO</b>	20	3,17 **	1,44**	38,81**	16,14**	21,13**	46,29*	8,93**
<b>NPK</b>	2	18,76**	6,01**	160,93**	124,9**	135,24**	176,63*	68,7**
<b>BLOQUE</b>	3	0,30 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	12,46 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>ns</sup>	10,66 <sup>ns</sup>	23,15 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>
<b>SI</b>	3	2,91 <sup>ns</sup>	3,03**	100,67**	11,34 <sup>ns</sup>	27,36*	83,54*	6,77 <sup>ns</sup>
<b>NPK*BLOQUE</b>	6	1,41 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	14,58 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	5,79 <sup>ns</sup>	27,21 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>
<b>E</b>								
<b>NPK*SI</b>	6	1,29 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	4,56*	0,88 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	14,87 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
<b>Error</b>	27	1,21 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	5,75 <sup>ns</sup>	4,38 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>	20,47 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>
<b>Total</b>	47							
<b>R2</b>		0,66	0,73	0,83	0,73	0,68	0,63	0,68
<b>C.V</b>		15,33	22,65	4,77	7,78	18	8,85	7,52

Nota. \*Diferencias significativas  $P < 0,05$ ; \*\* Diferencias Altamente significativas  $P < 0,001$ , ns:

no presenta diferencias estadísticas significativas

Para la variable de Si, se destacaron las variables de E.E (38,03) y F.D.N (100,67).

Mientras que para la variable NPK se presentó diferencias significativas para Ceniza (18.76);

E.E (6,01); F.D.N (160,93); F.D.A (124,9); P.C (135,24); E.N.N (176,63) y Hemicelulosa (68,7).

Se destacó la variable de estudio F.D.N (4.56) con relación a la interacción entre las variables

NPK x Si.

**Tabla 10.**

*Comparación de promedios de las variables ceniza, extracto etéreo (E.E), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), en el cultivo de raigrás (Lolium multiflorum).*

Tratos	NPK	SI	Ceniza	E.E	F.D.N	F.D.A
			%			
1	100%	100%	4.60b	3.29ab	43.19e	25.01cd
2	100%	75%	5.51ab	3.31ab	47.25cde	25.24cd
3	100%	50%	6.43ab	3.16abc	48.33bcde	26.06abcd
4	100%	0%	7.21ab	2.14bcd	50.88abcd	27.25abcd
5	75%	100%	7.90 <sup>a</sup>	3.95a	46.57de	28.19abcd
6	75%	75%	7.69 <sup>a</sup>	3.29abc	47.04de	29.93abc
7	75%	50%	7.87 <sup>a</sup>	3.04abcd	51.85abcd	30.71ab
8	75%	0%	8.00a	2.78abcd	53.55ab	31.32 <sup>a</sup>
9	50%	100%	7.43 <sup>a</sup>	3.13abc	50.88abcd	24.10d
10	50%	75%	7.67 <sup>a</sup>	1.99cd	53.20 ab	24.32d
11	50%	50%	7.82 <sup>a</sup>	1.69cd	54.42 <sup>a</sup>	24.95cd
12	50%	0%	8.11 <sup>a</sup>	1.50d	56.26 <sup>a</sup>	25.52bcd

*Nota.* Cenizas; EE=extractó etéreo; FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente ácida.

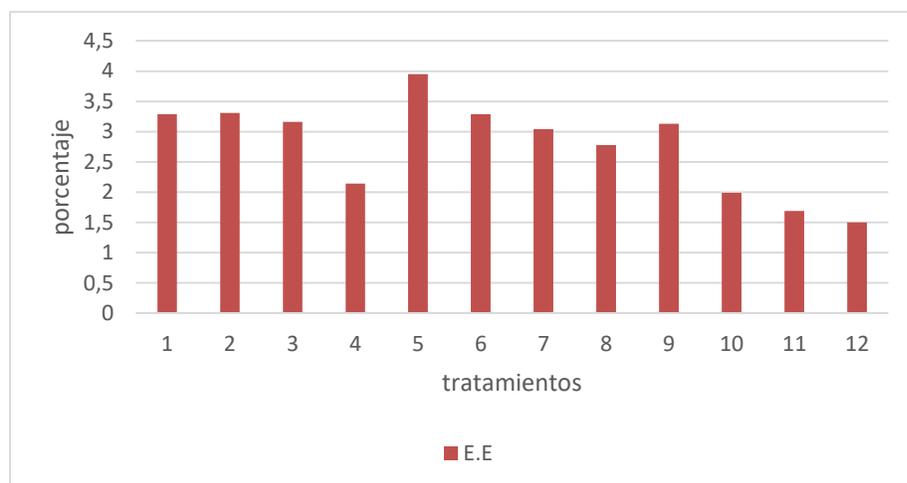
### 2.2.1 Ceniza

En el análisis de varianza los datos con diferencias de contenido de ceniza son los siguiente: para el T1 con alto nivel de NPK y de Si con 4,60 % , el más bajos al igual que el T2 5,51% , T3 6,43% y T4 con 7,21% que tiene como característica general tener un alto contenido de NPK, con respecto a los tratamientos que contienen niveles de NPK medio se presentan diferencias significativas en el T5 7,90% , T7 con 7,87%, T6 7,69%, T11 con 7,82% ; en los niveles bajos de NPK los tratamiento que presentaron mayor porcentaje fueron T12 8,11% y T8 con 8,00%. Teniendo en cuenta los datos anteriormente mencionados, el contenido de cenizas no experimentó cambios en función de los niveles de Si, presentándose igual a los que no tenían contenido de silicio adicionado. Con relación al contenido de ceniza Sánchez y Villalobos, 2018; aseguran que el contenido de cenizas es afectado por la movilización de nutrientes minerales en el suelo en relación con la precipitación. Investigaciones como la de Gutiérrez 2014 hace

referencia a que la omisión de Si no altera la composición bromatológica del pasto y no hay diferencias significativas en los tratamientos que tienen ausencia de este mineral.

### Figura 5.

*Relación de E.E en pasto raigrás (Lolium sp)*



#### 2.2.2 Extracto Etéreo

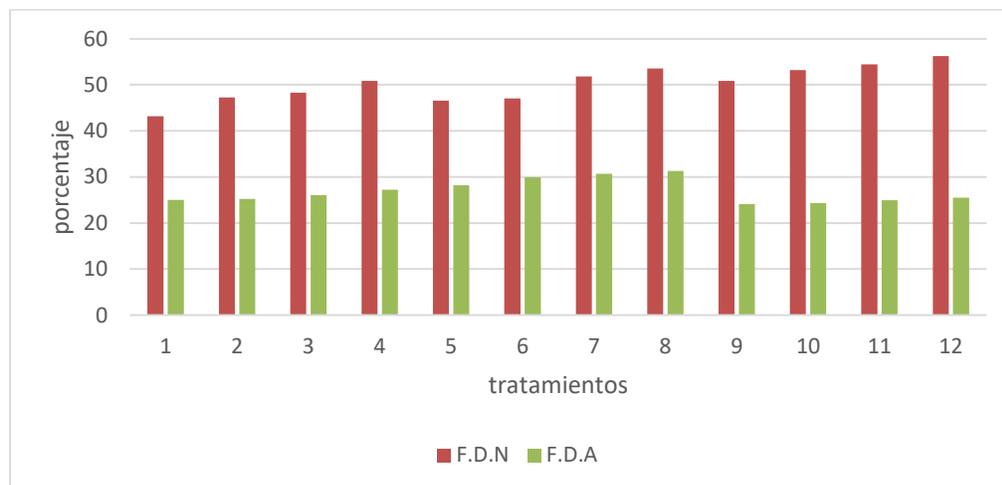
El tratamiento que presentó diferencias significativas en el Extracto Etéreo respecto a los demás fue el T5 con 3.95% que corresponde al NPK medio más Si alto, seguidos por el T2 con 3.31%, T1 al igual que el T6 con 3.29%, T3 3.16%, T9 3.13% y T7 3.04%; los valores promedios son el T8 con 2.78% y el T4 2.14%; las dosis bajas de NPK más SI medio y bajo con 1.99% y 1.69%, Si cero con 1.50%.

Benzada y et al., 2017, encontraron valores superiores del 4.53% de E.E en ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) en comparación a lo reportado en el T5 con 3.95% que es un porcentaje alto que demuestra la alta fertilización de NPK para el aporte de nutrientes del pasto, parecidos a los resultados encontrados por Bojorquez et al., 2015, reflejan la amplia variación que existe en la composición nutricional del ryegrass italiano cultivado bajo las condiciones climáticas y características del suelo similares a la región. Avella, 2017. En las épocas de mayor

pluviosidad se presentaron alto porcentaje de EE con 2,6% siendo un valor muy superior; con lo reportado por Avellaneda y otros (2008) que obtuvo un valor de 2,29 %.

### Figura 6.

*Relación de FDN y FDA en pasto raigrás (Lolium sp)*



### 2.2.3 Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Ácida

En el análisis de varianza en NPK x Si se encontraron diferencias estadísticamente significativas con ( $p < 0,05$ ) para FDN (4,56) en el modelo el rango está en 0,83 indicado que para esta variable el modelo está en un 83% de fiabilidad siendo un modelo aceptable porque supera el 80%.

Analizando la FDN en relación de FDA, hubo un porcentaje significativo en cuanto a los T12 con 56.26%- 25,52%; seguidos de rangos similares T11 con 54,42%- 24-95%, T8 con 53,55%- 31,32%, T10 con 53,20%- 24,32%, T7 con 51,85%- 30,71%, T4 con 50,48%- 27,25% y T9 con 50,88%- 24,10%; los valores promedios fueron el T1 con 43,19%, T5 con 46,57%, T3 con 48,33%, T2 con 47,25% y T6 con 47,04% observando que en la cantidad alta de NPK más silicio se presenta mayor balance de FDN y FDA.

En un análisis realizado por la FOSS Analytics Beyond Measure, 2018; expresa que los

valores de la FDN son importantes ya que reflejan la cantidad de forraje que puede consumir el animal. A medida que aumenta el porcentaje de la FDN la ingesta de materia seca por lo general se reduce, además, Villalobos y Sánchez, 2012, los valores bajos de FDN y FDA pueden favorecer un mayor consumo de MS y por lo tanto una mayor producción de leche, debido a que ambos son indicadores del llenado físico del animal y de la calidad de la fibra consumida. En los sistemas de pastoreo se busca estimular el consumo de MS proveniente del pasto, pues así se asegura que el rumen tenga una condición adecuada para favorecer los procesos de fermentación, sin embargo, la FDN del pasto debe tener una calidad adecuada de tal forma que el llenado físico sea lento para no comprometer el consumo. (Aikman et al., 2008)

En consecuencia, para esta investigación los valores más bajos de FDN Y FDA fueron de 43,19 % T1 (alto en NPK y alto en silicio) y T9 con 24.10% (bajo en NPK y medio en silicio) respectivamente. Según Villalobos y Sánchez, (2010), el contenido promedio para el pasto ryegrass perenne es de 25,57%, se relaciona negativamente con la digestibilidad y el aporte de energía de pasto; indicando que T1 teniendo un porcentaje más bajo a diferencia del T12, es un pasto más aprovechable por el animal y contiene mayor energía nutricional.

**Tabla 11.**

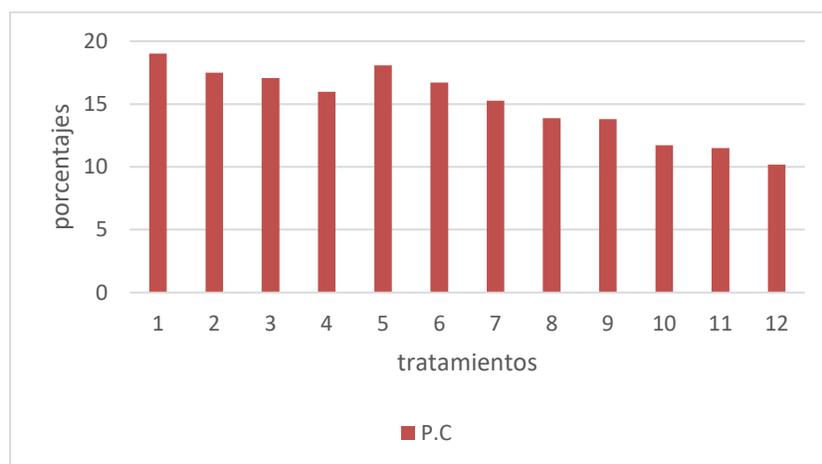
*Comparación de promedio en proteína cruda, extracto no nitrogenado y hemicelulosa del cultivo del raigrás (Lolium sp)*

Tratos	NPK	SI	P.C	E.N.N	Hemicelulosa
			%		
1	100%	100%	19.03a	46.69b	26.05ab
2	100%	75%	17.49ab	48.43ab	26.86 <sup>a</sup>
3	100%	50%	17.08ab	49.80ab	25.15ab
4	100%	0%	15.98abc	50.60ab	24.38abc
5	75%	100%	18.08ab	47.72ab	23.77abc
6	75%	75%	16.72abc	48.50ab	23.21abc
7	75%	50%	15.26abc	49.69ab	22.84abc
8	75%	0%	13.88abc	52.14ab	22.51abc
9	50%	100%	13.81abc	48.07ab	22.22bc
10	50%	75%	11.72bc	56.02ab	21.75bc
11	50%	50%	11.50bc	57.44ab	21.75bc
12	50%	0%	10.19c	58.16a	20.30c

Nota. PC=Proteína Cruda; ENN=Extracto no Nitrogenado y Hemicelulosa.

**Figura 7.**

*Relación de P.C en pasto raigrás (Lolium sp)*



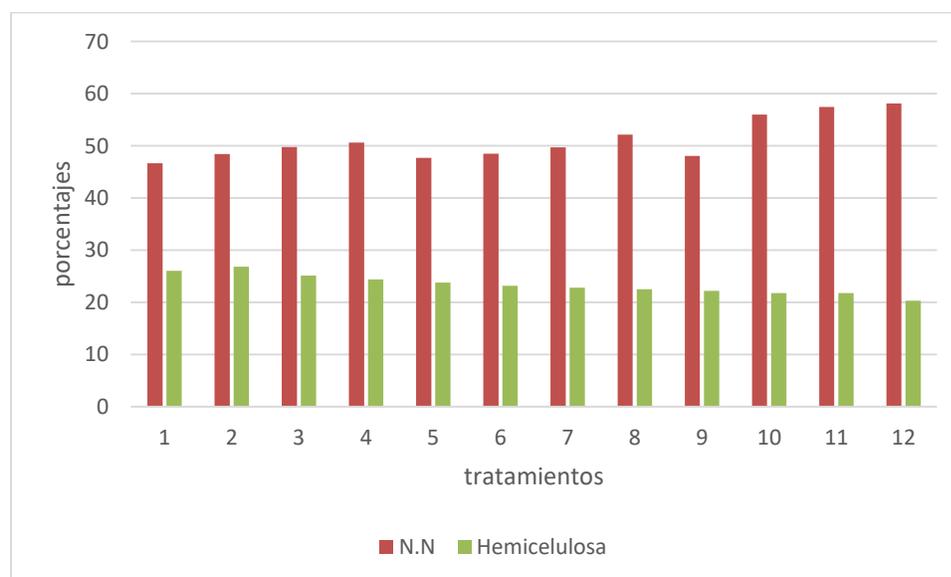
#### 2.2.4 Proteína cruda

El porcentaje de PC en los tratamientos con contenido de NPK diferente a los niveles de Si fue el T1 con 19.03% con un rango 18,00 de aceptabilidad; los T5 con 18.08%, T2 con 17.49% y T3 con 17.08%; en contenido medio del NPK los valores promedios fueron de T6 con

16.72%, T4 con 15.98% y T7 con 15.26%; en los tratamientos con bajo contenido de NPK los valores de proteína cruda fueron de T8 con 13.88%, T9 con 13.81%, T10 con 11.72%, T11 con 11.50% y T11 con 10.50% y T12 con 10.19%. El contenido de PC del pasto expresado está acorde con el promedio de alimentos balanceados del mercado, el cual es probable que tenga una alta proporción de proteína degradable y aprovechable por los microorganismos del rumen, además, la disponibilidad de proteína de los forrajes es especialmente importante. Los promedios encontrados de PC del 25, 21% por Villalobos y Sánchez, 2010; son valores altos como el T1 con 19,03%; indicando que es significativamente mejor ya que los sistemas de producción lechera deben mantener una nutrición balanceada que sea agradable para el rumen, además deben ofrecer fuentes de fibra que ayudan a mantener un consumo de MS, disminuir la incidencia de acidosis ruminal e incrementar el aprovechamiento que hacen los animales del alimento ingerido. (Aikman et al. 2008).

### Figura 8.

*Relación de E.N.N y Hemicelulosa en pasto raigrás (Lolium sp)*



### **2.2.5 Extracto no Nitrogenado y Hemicelulosa**

En cuanto al contenido de ENN sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en cuanto a NPK (176,63) y Silicio (83,54). los índices promedios para nivel de NPK alto más SI alto en T1 fueron valores bajos de 46.69% al igual que T5 con 47.72%, los porcentajes intermedios fueron el T2 con 48.43%, T9 con 48.07%, T7 con 49.69% y T3 con 49.80%; los contenidos más bajos de NPK fueron el T11 con 57.44%, T10 con 56.02%, T8 con 52.14% y T4 con 50.60%; mientras que el NPK bajo sin presencia de Si T12 presentó el más elevado indicador con 58.16%. Se ha demostrado que la fertilización con nitrógeno reduce el contenido de ENN raigrás (Marino et al., 2009).

Los índices observados en los parámetros de la hemicelulosa si fueron estadísticamente diferentes para la variable NPK (68,7). Los promedios de NPK alto x Si que obtuvieron los mayores valores porcentuales son el T2 con 26.86, además del T1 con 26.05, T3 con 25.15 y T4 con 24.38. Según Villalobos y Sánchez (2010), se encontró resultados promedios de celulosa del pasto raigrás perenne a lo largo del año de 24,19%. Este aumento posiblemente se deba, a que los cambios en la composición química asociados a un incremento en la madurez resultan en una reducción de los carbohidratos fácilmente fermentable (contenido celular) y un incremento de los estructurales (celulosa y hemicelulosa) y de la lignina. (Romero, 2008).

### **2.3 Análisis económico y presupuestal para los tratamientos propuestos**

En la tabla 12, se presentan los datos de ingresos, egresos, utilidad y rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados, con respecto a estos datos es necesario establecer el costo de cada uno de los rubros que se utilizaron durante todo el ciclo de producción del cultivo durante la evaluación.

**Tabla 12.**

*Análisis económico y presupuestal para los tratamientos propuestos del cultivo de raigrás (Lolium sp).*

COSTOS VARIABLES																								
Actividad	Tratamientos																							
	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		T11		T12	
MANO DE OBRA	Uni	Costo	Uni	Costo	Uni	Costo	Uni	Costo	Uni	Costo														
Preparación de lote	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000
Siembra	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000
Fertilización	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000	2	\$ 50.000
Control de malezas	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000	1	\$ 25.000
<b>Sub total Mano de Obra</b>	\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000		\$ 150.000	
<b>INSUMOS</b>																								
Semillas RYEGRASS AUBADE. (Kg/ha)	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000	50	\$ 200.000
Fertilizante simple UREA. (Kg/ha)	764	\$ 1.337.000	764	\$ 1.337.000	764	\$ 1.337.000	764	\$ 1.337.000	573	\$ 1.002.750	573	\$ 1.002.750	573	\$ 1.002.750	573	\$ 1.002.750	382	\$ 668.500	382	\$ 668.500	382	\$ 668.500	382	\$ 668.500
Fertilizante DAP. (Kg/ha)	164	\$ 350.304	164	\$ 350.304	164	\$ 350.304	164	\$ 350.304	123	\$ 262.728	123	\$ 262.728	123	\$ 262.728	123	\$ 262.728	82	\$ 175.152	82	\$ 175.152	82	\$ 175.152	82	\$ 175.152
Fertilizante KCl. (Kg/ha)	179	\$ 286.400	179	\$ 286.400	179	\$ 286.400	179	\$ 286.400	134	\$ 214.400	134	\$ 214.400	134	\$ 214.400	134	\$ 214.400	89	\$ 142.400	89	\$ 142.400	89	\$ 142.400	89	\$ 142.400
Fertilizante simple Magnesil. (Kg/ha)	450	\$ 790.200	337	\$ 591.772	225	\$ 395.100	0	\$ -	450	\$ 790.200	337	\$ 591.772	225	\$ 395.100	0	\$ -	450	\$ 790.200	337	\$ 591.772	225	\$ 395.100	0	\$ -
<b>Sub total de Insumos</b>	\$ 2.963.904,00		\$ 2.765.476,00		\$ 2.568.804,00		\$ 2.173.704,00		\$ 2.470.078,00		\$ 2.271.650,00		\$ 2.074.978,00		\$ 1.679.878,00		\$ 1.976.252,00		\$ 1.777.824,00		\$ 1.581.152,00		\$ 1.186.052,00	
<b>COSTOS FIJOS</b>																								
<b>ADMINISTRACION</b>																								
servicio de agua	\$ 88.917		\$ 82.964		\$ 77.064		\$ 65.211		\$ 74.102		\$ 68.150		\$ 62.249		\$ 50.396		\$ 59.288		\$ 53.335		\$ 47.435		\$ 35.582	
Sis. de Riego.	\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000		\$ 100.000	
<b>Sub total</b>	\$ 188.917		\$ 182.964		\$ 177.064		\$ 165.211		\$ 174.102		\$ 168.150		\$ 162.249		\$ 150.396		\$ 159.288		\$ 153.335		\$ 147.435		\$ 135.582	
<b>BENEFICIOS</b>																								
<b>PRODUCCION</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>												
Forraje verde Ton/ha-1	81	67	61	60	63	59	52	52	59	55	46	41												
<b>Costos totales</b>	\$ 3.302.821	\$ 3.098.440	\$ 2.895.868	\$ 2.488.915	\$ 2.794.180	\$ 2.589.800	\$ 2.387.227	\$ 1.980.274	\$ 2.285.540	\$ 2.081.159	\$ 1.878.587	\$ 1.471.634												
<b>Beneficio Bruto</b>	\$ 1.628.200	\$ 1.348.600	\$ 1.220.600	\$ 1.200.200	\$ 1.265.400	\$ 1.188.400	\$ 1.038.600	\$ 1.035.600	\$ 1.187.400	\$ 1.102.800	\$ 929.800	\$ 828.800												
<b>Beneficio Neto</b>	\$ 1.674.621	\$ 1.749.840	\$ 1.675.268	\$ 1.288.715	\$ 1.528.780	\$ 1.401.400	\$ 1.348.627	\$ 944.674	\$ 1.098.140	\$ 978.359	\$ 948.787	\$ 642.834												
<b>RENTABILIDAD %</b>	50,70	56,47	57,85	51,78	54,71	54,11	56,49	47,70	48,05	47,01	50,51	43,68												

Fuente. Este estudio

## Conclusiones

En el cultivo del Raigrás (*Lolium sp*), la interacción NPK (764-164-60 kg ha<sup>-1</sup>) y Si (100 kg ha<sup>-1</sup>), presentaron los mejores valores para forraje verde (81.41 t/ha<sup>-1</sup>); materia seca (10,93 t/ha<sup>-1</sup>); altura de planta (81,98 cm) e IAF (7.84 cm<sup>2</sup>).

La aplicación de las principales fuentes de NPK 100% (764-164-60 kg ha<sup>-1</sup>) más Si 100 kg ha<sup>-1</sup> en Raigrás (*Lolium sp*), mejoraron los contenidos nutricionales de la MS consumida por el animal, obteniendo respuestas positivas de calidad al estudio del Si en cuanto a las variables bromatológicas.

De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación, el tratamiento que mayor rendimiento genera en FV, MS, ALT e IAF es el tratamiento tres (T3) (NPK 100% más Si 50%), de mayor beneficio neto, con un rendimiento de 61t/h<sup>-1</sup> y rentabilidad del 57,85%.

## Recomendaciones

Se recomienda continuar con la evaluación a partir de la dosis del T3 (NPK 100% mas Si 50%) que es buena una dosis que se concuerda a los altos índices de respuesta en cuanto a MS, FV, alt e IAF y con una alta composición bromatológica del pasto raigrás (*Lolium sp*) para mejorar las aplicaciones de fertilización en el suelo además de ser una dosis accesible económicamente.

También se recomienda llegar al agricultor con la demostración de parcelas con las dosis de fertilización ajustadas que mejoren la composición de la alimentación y producción del ganado de leche en la zona sabanera del departamento de Nariño.

## Bibliografía

- Aikman, AB, Harrison, TM y Lin, D. (2008). Evidencia de engrosamiento de la corteza del Himalaya temprano (44 Ma), Tethyan Himalaya, sureste del Tíbet. *Earth and Planetary Science Letters*, 274 (1-2), 14-23.
- Avellaneda. (2008). Marco and Lee, Jeong-Hyun, Statistical Arbitrage in the U.S. Equities Market (July 11). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1153505> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1153505>
- Agrinova Science. (s.f.). *Descripción de Agrinova Science*. S.n. Obtenido de: <https://agri-nova.com/noticias/el-silicio-en-agricultura/>
- Baron, H. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *SciELO*, p 273 - 279.
- Benavides y Legarda. (2012). *Respuesta del Pasto Raigrás Aubade (Lolium sp) a Dosis de Silicio en Interacción con Diferentes Dosis de NPK*. Universidad de Nariño.
- Bezada Q., Sandra; Arbaiza F., Teresa; Carcelén C., Fernando; San Martín H., Felipe; López L., Christian; Rojas E., Jean; Rivadeneira, Virginia; Espezúa F., Oscar; Guevara V., Jorge; Vélez M., Víctor. (2017). Predicción de la Composición Química y Fibra Detergente Neutro de Rye Grass Italiano (*Lolium multiflorum* Lam) mediante Espectroscopía de Reflectancia en 28(3), 2017, pp. 538- 548 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371853133007>
- Bloodnick, E. (2018). *Role of copper in plant culture*. PRO-MIX Greenhouse Growing, Quebec.
- Borda, O. A., Barón, F. H., & Gómez, M. I. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Agronomía*

*Colombiana*, 25(2), 273-279.

Bojórquez CL, Rojas JD, Ordóñez JH. (2015). *Pastos cultivados en el valle del Mantaro*. Fondo Editorial UNMSM. 147 p.

Cochran, G. & Cox, M. (1990). *Diseños experimentales*. Edit. Trillas.

Codazzi, I. G. (2006). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.

Dwain, L (2008). *Estrategias Nutricionales Para Cambiar los Componentes de la Leche*.

Obtenido el 2 de febrero de 2015, de Estrategias Nutricionales Para Cambiar los Componentes de la Leche.

<http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Factor/Estrategias.pdf>

Epstein, E. y A.J. Bloom. (2005). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.

*Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA*.

Epstein, E. (2009). Silicon: Its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 155-160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>

Fedegan. (2012). *Portal web*. Obtenido de:

[http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/page/portal/estadisticas1/cifras%20de%20referencia/1%20sector%20ganadero\\_%20cifras%20referencia%20\(septiembre\\_2012\).pdf](http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/page/portal/estadisticas1/cifras%20de%20referencia/1%20sector%20ganadero_%20cifras%20referencia%20(septiembre_2012).pdf).

Gonzales, R. (2016). *Rendimiento del pasto King Grass con cuatro fórmulas de abonamiento en Tingo María –Huánuco*. <file:///C:/Users/dell/Downloads/ZTC2016008.pdf>.

Hodson, M. J., & Evans, D. E. (1995). Aluminum/silicon interactions in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, 46(271), 161-171. <https://doi.org/10.1093/jxb/46.2.161>

Hodson, M. J., White, P. J., Mead, A., & Broadley, M. R. (2005). Phylogenetic variation in the

- silicon composition of plants. *Annals of Botany*, 96(6), 1027-1046.  
<https://doi.org/101093/aob/mci255>
- Holdridge, L. R. (1979). *Ecología Basada en Zonas de Vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- IGAC. (2006). *Sistema de Clasificación de Suelos de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- ISTA. (1976) International Seed Testing Association. International rules for seed testing. *Seed Sci. & Technol.* 4: 3-49
- Legarda, D., & Benavides, E. (2012). *Respuesta del pasto Raigrás Aubade (Lolium Sp) a dosis de silicio en interacción con diferentes dosis de NPK*.
- Loaiza, C. (2003). *Fisiología vegetal*. Ed. Universidad de Caldas, Manizales.
- Lopez, D. L., Cuesta, G. B., & Eraso, M. H. R. (2015). Respuesta del pasto raigrass aubade (lolium sp.) a dosis de silicio en interaccion con diferentes dosis de npk. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 13(1), 99-109.
- Ma, JF y Takahashi, E. (2002). *Investigación de suelos, fertilizantes y silicio vegetal en Japón*. Elsevier. S.n.
- Marino, A., & Agnusdei, M. (2009). Nutricion mineral en verdeos y pasturas: manejo de alto impacto productivo. *In Jornada técnica sobre sanidad animal y nutrición mineral en recursos forrajeros* (1)2
- Mejisulfato. (2014). *Portal web*. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=49vri0qvNgI>
- Mitani, N., & Ma, J. F. (2005). Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of Experimental Botany*, 56(414), 1255-1261. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri121>.
- Oscar Di Marco, 2011. Estimación de Calidad de los Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias,

- Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce Dr. Oscar Di Marco. Producir XXI, Bs. As., 20(240):24-30. \*Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce. odimarco@balcarce.inta.gov.ar - 02266-439100. www.produccion-animal.com.ar
- Rains, DW, Epstein, E., Zasoski, RJ y Aslam, M. (2006). Absorción activa de silicio por el trigo. *Planta y Suelo*. 280 (1), 223-228.
- Riveiro, J., Moret, D., & Echeverría, S. (1999). *Métodos de muestreo y análisis de suelos*. Editorial Mundi-Prensa
- Rodríguez, A., Pérez, J., García, M., y López, R. (2000). Estimación del índice de área foliar en cultivos de maíz. *Revista Agronómica*, 28(1), 45-52. 1
- Romero (2008). *Nutrición*. Obtenido de:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6235/1/UPS-%20YT00271.pdf>).
- Universidad de Nariño Obtenido de:  
<https://www.udenar.edu.co/dependencias/vicerrectoria-academica/granjas/chimangual/>
- Schaller, J., Hodson, MJ y Struyf, E. (2017). ¿Es la disponibilidad relativa de Si/Ca crucial para el desempeño de los ecosistemas de pastizales?. *Ecosfera* , 8 (3), e01726.
- Valente, A., Morais, R., Couto, C., & Correira, J. H. (2004). Modeling, simulation and testing of a silicon soil moisture sensor based on the dual-probe heat-pulse method. *Sensors and Actuators A: Physical*, 115(2-3), 434-439. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2004.04.056>
- Villalobos, L y Arce, J. (05 de junio de 2013). *Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (cynodon nlemfuensis), kikuyo (kikuyuocloa clandestina) y Raigrás perenne (lolium perenne) en lecherías de costa rica*. Obtenido el 1 de diciembre de 2014, de producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana

- (cynodon nlemfuensis), kikuyo (kikuyuocloa clandestina) y Raigrás perenne (lolium perenne) en lecherías de costa rica. [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v37n02\\_091.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v37n02_091.pdf)
- Villalobos, L. & Sánchez, J. M. (2010). *Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (Lolium perenne) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. Agronomía Costarricense*, 34(1), 61-73.
- Villalobos, L. (2006). *Disponibilidad y valor nutricional del pasto Ryegrass Perenne tetraploide (Lolium perenne) en las zonas altas de Costa Rica*. Obtenido el 29 de julio de 2015, de Disponibilidad y valor nutricional del pasto Ryegrass Perenne tetraploide (Lolium perenne) en las zonas altas de Costa Rica.: <file:///C:/Users/Hugo/Downloads/27325.pdf>
- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). *Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (Lolium perenne) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. Agronomía costarricense*, 34(1), 31-42.

## **Anexos**

### **Anexo A. Análisis de suelos**

### **Anexo B. Cálculo de plan de fertilización**

### **Anexo C. Salidas estadísticas parámetros de investigación.**

Consultar: [https://drive.google.com/file/d/12UYpxDPGx\\_j8BVTEywZ-8bJbkiCSTKRY/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/12UYpxDPGx_j8BVTEywZ-8bJbkiCSTKRY/view?usp=share_link)

## GLOSARIO

### **Raigrás Aubade (*Lolium sp.*)**

Son plantas forrajeras utilizadas en mayor grado en las zonas lecheras del altiplano Cundiboyacense y Nariño. Este tipo de pasturas se han utilizado especialmente en lecherías tecnificadas, siendo exigentes en calidad de suelo, fertilización y riego.

**Proteína cruda (PC%)** este método se basa en la cuantificación de nitrógeno por el método Kjeldahl y la conversión a proteína, multiplicando por un factor, generalmente 6,25.

**Fibra detergente neutra (FDN%)** este método consiste en hervir la muestra con un detergente neutro, se solubiliza el contenido celular y la pectina, dejando un residuo fibroso insoluble que es la pared celular en plantas, constituida por celulosa, Hemicelulosa y lignina.

**Fibra detergente Acida (FDA%)** es un metodo que por medio de ebullición del residuo de F.D.N. con un detergente ácido, se hidroliza la Hemicelulosa que se encuentra libre y la que se está combinada con la lignina, dejando la celulosa y la lignina como Fibra Detergente Ácido

**Ceniza.** El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y cuantificación gravimétrica del residuo.

**Extracto etéreo.** Se realiza la extracción con un solvente orgánico como éter etílico sobre una muestra previamente seca. Incluye sustancias como glicéridos, fosfolípidos, esteroides, ácidos grasos libres, pigmentos carotenoides y clorofílicos y vitaminas liposolubles.

**Extracto no nitrogenado** Este valor se estima por diferencia, restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas. Ésta constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos, mucilagos y también incluye cantidades variables de celulosa y ligninas.