

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL SILICIO EN INTERACCION CON
DIFERENTES NIVELES DE NPK EN LOS CONTENIDOS NUTRICIONALES Y
EN LA PRODUCCIÓN DE PASTO RYEGRASS AUBADE (*Lolium sp*)**

**DANNY SAUL CEBALLOS ORDOÑEZ,
MARIA LUISA ESTRADA ROSERO,**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2014**

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL SILICIO EN INTERACCION CON
DIFERENTES NIVELES DE NPK EN LOS CONTENIDOS NUTRICIONALES Y
EN LA PRODUCCIÓN DE PASTO RYEGRASS AUBADE (*Lolium sp*)**

**DANNY SAUL CEBALLOS ORDOÑEZ,
MARIA LUISA ESTRADA ROSERO,**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

**Asesor:
HUGO RUIZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2014**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCION	8
MATERIALES Y METODOS	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFIA.....	28

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL SILICIO EN INTERACCION CON
DIFERENTES NIVELES DE NPK EN LOS CONTENIDOS NUTRICIONALES Y
EN LA PRODUCCIÓN DE PASTO RYEGRASS AUBADE (*Lolium sp*)**

DANNY SAUL CEBALLOS ORDOÑEZ¹,
MARIA LUISA ESTRADA ROSERO¹,
HUGO RUIZ²

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental de Botana de la Universidad de Nariño, Corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, localizado a 1°9'86" N y -77°16'33.85WO", Altura de 2820 msnm, 12.5°C; el objetivo del proyecto fue contribuir a mejorar la eficiencia de la fertilización del Nitrógeno, Fosforo y Potasio mediante la interacción con Silicio en la producción de pasto Ryegrass Aubade (*Lolium sp*). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 3 niveles de NPK, 2 fuentes de Silicio y 3 niveles de Silicio, con 18 tratamientos y 3 repeticiones. Las dosis utilizadas fueron (Altas: 729.6 kg/ha de urea, 831.3 kg/ha de DAP, 801.97 kg/ha de KCl. Medias: 394.8 kg/ha de urea, 415.65 kg/ha de DAP, 400.98 kg/ha de KCl. Bajas: 182.4 kg/ha de urea, 207.82 kg/ha de DAP, 200.49 kg/ha de KCl) contrastadas con dosis altas, medias y tratamientos sin silicio (Alta 100 kg/ha, media 75 kg/ha). El Silicio en dosis alta, NPK alto y fuente 1 (DIATIOMBY) de silicio, presentó mejores resultados en altura de planta (92.57cm). Las concentraciones de Potasio raíz, Fosforo foliar, Calcio foliar del cultivo de pasto Raigras aubade (*L. sp*) presentaron la mayor concentración en aquellos tratamientos cuya interacción fue la dosis de NPK alta junto con dosis altas de silicio (100 kg/ha). Al utilizar dosis bajas de NPK en ausencia de silicio la concentración de P y K disminuyó. Los tratamientos con dosis media de NPK y alta de silicio presentaron el mayor beneficio económico, convirtiéndose en uno de los más rentables seguido del tratamiento dosis media de NPK y media de silicio.

Palabras Claves: Fertilización, fuente de Silicio, producción, rentabilidad.

¹ Egresado Programa Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. 2014

² Profesor asociado. Facultad de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. 2014

ABSTRACT

This work was conducted at the Experimental Farm of the University Botana Narino judges of Catambuco municipality of Pasto, located 1°9'86 "N and -77°16'33.85WO" Height of 2820 meters, 12.5°C; The aim of the project was to contribute to improving the efficiency of fertilization Nitrogen, Phosphorus and Potassium by interacting with Silicon grass production Ryegrass Aubade (*Lolium sp.*), block design was completely randomized factorial arrangement with 3 levels of NPK, 2 sources of silicon and silicon 3 levels, with 18 treatments and 3 replications. The doses used were (High: 729.6 kg / ha of urea, 831.3 kg / ha of DAP, 801.97 kg / ha KCl Sox. 394.8 kg / ha of urea, 415.65 kg / ha of DAP, 400.98 kg / ha of KCl . Low: 182.4 kg / ha of urea, 207.82 kg / ha of DAP, 200.49 kg / ha KCl) contrasted with high-dose, medium and treatments without silicon (high 100 kg / ha, average 75 kg / ha). Silicon high dose, high NPK and Source 1 (DIATIOVNY) silicon showed better results in plant height (92.57cm). Following concentrations of potassium, phosphorus leaf, leaf crop Calcium aubade grazing ryegrass (*L. sp*) had the highest concentration in those treatments which interaction NPK dose was high with high doses of silicon (100 kg / ha). by using low doses of NPK in the absence of silicon concentration of P and K decreased treatments mean dose of NPK and high silicon showed the highest economic benefit, becoming one of the most profitable followed by the average treatment dose of NPK and a half silicon.

Key words: Fertilization, source of Silicon, production, profitability

INTRODUCCION

En Colombia el cultivo de pastos tiene cada día mayor importancia, se calcula que hay más de 40 millones de hectáreas cultivadas, incluyendo 15 millones de pastos mejorados, siendo la base principal para el sostenimiento y producción del sector ganadero del país.

Nariño es un departamento con un bajo nivel de desarrollo, se maneja una agricultura minifundista por lo tanto en el sector rural de Nariño el 35% de la superficie está compuesta por predios menores de 10 hectáreas, característica social de las pequeñas explotaciones agrícolas como situación predominante en la zona andina, de donde un total de 453.639has., están destinadas para la explotación de pastos que comprende un 14% de la explotación agrícola del departamento (MADR, 2006).

El uso de fertilizantes en las explotaciones ganaderas de clima frío se inició con la introducción de especies forrajeras altamente productivas y con la adopción de sistemas de manejo tecnificados. Según Rivas (2009) los mayores esfuerzos se han orientado principalmente en el desarrollo de nuevo germoplasma forrajero de alta productividad y adaptado a condiciones de baja fertilidad, elevada acidez y prolongados periodos secos, imperantes en extensas áreas de la región.

Algunos aspectos que explican la creciente utilización de fertilizantes son, la creciente demanda de alimentos, el aumento acelerado del precio de la tierra, el progresivo agotamiento de la fertilidad de los suelos, la necesidad de sistemas de producción en el sector ganadero altamente eficientes para ser rentables.

Dentro de un programa de manejo de pastos, la fertilización es la práctica que produce los mejores resultados, en un tiempo relativamente más corto, cuando otros factores del suelo no son limitantes para el desarrollo de las plantas.

Una fertilización balanceada aumenta la calidad y cantidad del forraje, y por consiguiente, se incrementa la capacidad de mantenimiento y producción por unidad de área. Para obtener una buena respuesta a la fertilización es necesario tener en cuenta varios factores relacionados con el suelo, el clima y la planta. Además, se debe considerar la cantidad y clase de fertilizante, la frecuencia, dosis, método y época de aplicación.

Generalmente, los pastos mejorados absorben y utilizan los fertilizantes más efectivamente y crecen más rápidamente a diferencia de un pasto natural; sin embargo si la fertilización no es adecuada, el pasto mejorado pierde mucha de su superioridad al pasto natural (Yoshida, 2005). Si no se hace una fertilización adecuada en el pasto mejorado, todo el gasto para su establecimiento se perderá.

La fertilización es importante no solamente para aumentar la productividad del pasto, sino por su función también de mantener la persistencia del pasto mejorado en la pastura.

Diferentes trabajos científicos realizados por los centro de investigación más importantes del mundo han demostrado que dentro de un plan de fertilización eficiente se deberá incluir elemento tales como el silicio, ya que dichas investigaciones afirman que las plantas son más susceptibles al estrés biótico como abiótico cuando presentan deficiencias de Silicio.

Según Zaragoza (2009), aportar fertilizantes o productos que incorporen silicio tiene un doble efecto sobre el sistema suelo-planta, en primer lugar refuerzan los mecanismos de protección de las plantas contra plagas y enfermedades, y en segundo lugar la aplicación de Silicio en los suelos puede optimizar la fertilidad del mismo mejorando las propiedades hídricas, físicas y químicas del suelo, así mejorando la asimilación de nutrientes por parte de las plantas que se ve reflejado en las altas producciones.

El principal objetivo del desarrollo de este estudio es el de contribuir a mejorar la eficiencia de la fertilización del Nitrógeno, Fosforo y Potasio mediante la interacción con Silicio en la producción y rendimientos del pasto Ryegrass Aubade (*Lolium sp*).

MATERIALES Y METODOS

LOCALIZACION: El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental de Botana de la Universidad de Nariño, Corregimiento de Catambuco, a 7 Km del municipio de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño. Altura de 2820msnm, 12.5°C y precipitación media de 698mm/año. Se clasifica como bosque seco montano.

Según caracterización del IGAC (2004), estos suelos se clasifican y se agrupan a nivel de familia en *Vitric haplustands* (AMBa), caracterizados por ser muy profundos, bien drenados, pertenecen al grupo textural franco limoso y se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas. Químicamente son suelos de reacción fuertemente ácida en el horizonte superior y de moderada a ligeramente ácida a mayor profundidad, alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, bajo contenido de fósforo y fertilidad química alta.

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal ubicado en las instalaciones de la universidad de Nariño sede Torobajo con una altura de 2600m.s.n.m. y con una temperatura promedio de 16°C.

PREPARACION DEL TERRENO: El suelo se preparó con arado de cincel a 20 cm de profundidad, posteriormente se niveló con un pase de rastrillo, adicionalmente se incorporó Carbofuran en dosis de 500cc/ha, durante este proceso, para hacer un control preventivo de la presencia de chizas durante el experimento.

Para el control de malezas se realizaron dos aplicaciones de herbicida (AMINA), la primera antes de la siembra y posteriormente la segunda se realizó cuando el cultivo ya estaba establecido para controlar malezas de hoja ancha e impedir que interfirieran con el normal desarrollo del pasto durante el experimento. Además se realizó una delimitación del terreno y división de cada una de las unidades experimentales.

SIEMBRA: Se utilizó semilla certificada de pasto Raigrás Aubade Neozelandes (*L. sp*) correspondiente a una especie tetraploide en una dosis de 35 kg/ha. Se utilizó el método tradicional de siembra que corresponde al voleo.

FERTILIZACION: Se realizó utilizando las siguientes fuentes, UREA para la disponibilidad de Nitrógeno; DAP para el P_2O_5 y KCL para la disponibilidad de K_2O , adicionalmente utilizamos 2 fuentes de silicio (SiO_2) El total de KCL, DAP y la Urea se aplicaron 20 días después de la siembra.

COSECHA: Se realizó 2 cortes, el primero se realizó a los 45 días después de la siembra y el siguiente a los 45 días después del primer corte.

ÁREA Y DISEÑO EXPERIMENTAL: El área de estudio fue de $2400 m^2$, en el cual se distribuirán 3 bloques de $20m \times 40m$ cada uno; a cada bloque le correspondieron 18 tratamientos, cada tratamiento conto con un área de $40m^2$, además se dejaron calles de $0,30m$ entre sí para diferenciar cada unidad experimental y una distancia que separaba los bloques entre sí de $1m$, lo que facilito las labores del cultivo durante el experimento.

Se seleccionó un diseño experimental de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 3 niveles de NPK, 2 fuentes de Silicio y 3 niveles de Silicio, para lo cual se hacen 18 combinaciones o tratamientos que con tres repeticiones o bloques resultaron 54 unidades experimentales.

Los niveles de NPK con los que se trabajaron fueron ajustados al contenido nutricional del pasto Aubade y según el análisis de suelo, los cuales correspondieron a:

Nivel o dosis Alto: En los tratamientos las dosis altas se basaron en los requerimientos del pasto Raigrás Aubade Neozelandes (*Lolium sp*): Nitrógeno $432 kg/ha$, $P_2 O_5$ $110 kg/ha$, y K_2O $480 kg/ha$; según Fried y Broeshart; Mendoza, citados por Legarda y Benavides

(2012); teniendo en cuenta el análisis de suelos y el área a utilizar las dosis utilizadas fueron, dosis altas 729.6Kg/ha de urea; 831.3Kg de DAP y 801.97 Kg/ha de KCL.

Nivel o dosis Medio: Para las dosis medias se empleó el 50% de las dosis altas.

Nivel o dosis Bajo: Para las dosis bajas se empleara el 50% de las dosis medias.

Los valores antes mencionado fueron ajustados nuestra área experimental 2160m². Las fuentes de silicio que se utilizaron durante el experimento corresponden a la siguiente descripción:

Tabla 1. Fuentes de Silicio

FUENTE 1 DIATIOMBY	FUENTE 2 MAGNESIL P XA
<p style="text-align: center;">Oxido de Silicio (SiO₂) 90-97%, Hierro (Fe) 0.5%</p>	<p style="text-align: center;">Oxido de Silicio (SiO₂) 50% Fosforo total 3% MgO 4% CaO soluble 6% Azufre total 3.0% Boro 0.05% Zinc 0.12%</p>

Fuente. Este estudio

Los niveles de Silicio utilizados se aplicaron con base a la información suministrada por Mejisulfatos citados por Legarda y Benavides (2012), los cuales correspondían a las siguientes dosis: **Alta** 100 kg/ha, **Media** 50kg/ha, y **Cero** (sin SiO₂). Para ello se necesitó 5.50 Kg de Silicio (SiO₂) de cada fuente para cubrir cada uno de los tratamientos correspondientes dentro del área experimental. La combinación de los tres factores da los siguientes tratamientos:

Tabla 2. Tratamientos

Tratamiento	Niveles de NPK	Fuente de Silicio	Niveles de Silicio
1	Bajo	Fuente 1	Sin Silicio
2	Bajo	Fuente 1	Silicio medio
3	Bajo	Fuente 1	Silicio alto
4	Bajo	Fuente 2	Sin Silicio
5	Bajo	Fuente 2	Silicio medio
6	Bajo	Fuente 2	Silicio alto
7	Medio	Fuente 1	Sin Silicio
8	Medio	Fuente 1	Silicio medio
9	Medio	Fuente 1	Silicio alto
10	Medio	Fuente 2	Sin Silicio
11	Medio	Fuente 2	Silicio medio
12	Medio	Fuente 2	Silicio alto
13	Alto	Fuente 1	Sin Silicio
14	Alto	Fuente 1	Silicio medio
15	Alto	Fuente 1	Silicio alto
16	Alto	Fuente 2	Sin Silicio
17	Alto	Fuente 2	Silicio medio
18	Alto	Fuente 2	Silicio alto

Fuente. Este estudio

ANALISIS ESTADISTICO: Para probar el efecto de cada uno de los factores y sus interacciones (tratamientos) se realizó un análisis de varianza de bloques completamente al azar con factorial en una serie de experimentos sobre el tiempo, teniendo en cuenta que sobre el mismo experimento se hará la evaluación de dos cortes. La comparación de promedios se realizó mediante una prueba de Tukey para evidenciar las diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

VARIABLES A EVALUAR: La metodología para cada variable evaluada se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Variables evaluadas

VARIABLES	MÉTODOS DE DETERMINACION	AUTOR
Altura de planta	Medición en cm desde la base de la planta a la punta de la hoja	Cortes y Viveros (1975)
Producción de forraje verde	Peso y transformación a t/ha	Cortes y Viveros (1975)
Producción de materia seca	Secar a 65°C por 48 horas, pesar y transformar a t/ha.	Cortes y Viveros (1975)
Concentración de P en la parte aérea y raíz.	Digestión con solución 3:1 de HNO ₃ /HClO ₄ 1ml del extracto + 9ml de solución coloreadora de P, se realizara lectura en el espectrofotómetro UV/vis modelo 7230	Braga y Defelipo, (1974)
Concentración de P en el suelo	Se llevo al horno a 75°C por 24 horas, tamizar y pesar, determinar la concentración de P por el método de extracción con fluoruro-acido diluidos	Unigarro y Carreño (2001)
Concentración de K, Ca y Mg en la parte aérea y raíz.	Digestión con solución 3:1 de HNO ₃ /HClO ₄ 0.5ml del extracto principal, se afora a 100ml, se realizara lectura en el espectrofotómetro Perkin Elmmmer modelo 2380	Braga y Defelipo, (1974)
Concentración de K Ca y Mg en el suelo	Se llevó al horno a 75°C por 24 horas, tamizar y pesar, determinar la concentración de K por el método de determinación de bases.	
Análisis económico	Indicadores de efectividad económica, costo, beneficio y rentabilidad.	Polimeni,(2000), citados por Legarda y Benavides (2012)

Fuente. Este estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALTURA DE LA PLANTA: El análisis de varianza (anexo 1) mostro diferencias significativas en la influencia de la altura de las plantas con un ($P \leq 0,05$), teniendo en cuenta la comparación de promedios por medio de Tukey (tabla 4), los mejores tratamientos fueron aquellos que dentro del plan de fertilización incluían al Silicio en dosis altas. Los tratamientos que mostraron mejores resultados eran producto de la combinación de dosis altas de NPK, dosis altas de Silicio con la fuente 1 (DIATIOVNY) durante el segundo corte, con un valor medio de 92.57cm de altura de plantas.

Tabla 4. Prueba de Tukey de las interacciones de dosis NPK*Fuente de Silicio*dosis de Silicio de tratamientos y su influencia en las variables biológicas, Altura, Forraje Verde y Materia Seca.

VARIABLES BIOLÓGICAS	DOSIS NPK	FUENTE SILICIO	DOSIS SILICIO	CORTE	MEDIA
ALTURA *	Alto	DIATIOVNY	Alto	II	92,57 A
	Bajo	MAGNESIL	sin silicio	I	53,94 G
FORRAJE VERDE			Alto	I	22,91 A
			sin silicio	II	12,74 C
MATERIA SECA	Medio			I	3,87 B
	Bajo			II	2,66 A

Fuente. Este estudio

* Significativa la interacción de los tres factores con un ($P \leq 0,05$).

Además se observó que aquellos tratamientos que tenían dosis bajas de NPK y cero Silicio se encontraban dentro de los tratamientos con valores más bajos con respecto a los demás, la media de estos se encuentra en 53.94cm. Asimismo se observa un aumento en la altura de las plantas significativo en el segundo periodo, es decir después de 45 días del primer corte.

La fuente que muestra los mejores resultados en base a la altura de las plantas en cada uno de los tratamientos en cada corte es la fuente 1 (DIATIOVNY) con respecto a la fuente 2 (MAGNESIL P XA).

Los resultados muestran un evidente desarrollo y crecimiento de las hojas, al igual que un mayor número. De acuerdo con Korndörfer y Datnoff (2004), el silicio es un elemento que estimula el crecimiento de algunas plantas, por lo que es considerado como altamente benéfico, incluso esencial para un grupo de ellas. Matichenkov (2004) considera que la utilización de Silicio en una práctica de fertilización mejora el desarrollo de raíces de las plantas y puede aumentar su masa radicular en un 150%.

Lo anterior sugiere un mejor aprovechamiento de nutrientes por parte de la planta cuando alguno de los tratamientos tiene incorporada la fertilización con Silicio, esto se debe a que este elemento promueve la rigidez y elasticidad de la pared celular al ser un elemento estructural en las células y tejidos vegetales, que es donde generalmente se acumula para mejorar el crecimiento y fertilidad.

Según Quero (2007), Muchas especies acumulan concentraciones apreciables de sílice en sus tejidos y mejoran su crecimiento y fertilidad cuando se les suministra cantidades adecuadas de silicio. En las gramíneas, no solamente se deposita en la pared celular de la epidermis, pelos, brácteas, etc., sino también en el interior, como sucede en las células del xilema.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE (FV): El análisis de varianza (anexo 1) nos indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos conformados por la combinación de niveles de fertilización de NPK en presencia de Silicio en la producción de Forraje Verde. Teniendo en cuenta la tabla de Tukey (ver tabla 4), la producción de forraje verde se ve favorecida cuando se fertiliza con Silicio en dosis altas utilizando la fuente 1 (DIATIOVNY), se observa un valor medio de 22.91Ton/ha/año/FV,

Los tratamientos que presentaron medias con valores no significativos fueron aquellos que trabajaron sin presencia de Silicio durante la fertilización, el valor medio es de 12.74 Ton/ha/año de forraje verde.

Esto nos lleva a afirmar que si incorporamos Silicio dentro de cualquier plan de fertilización puede hacer que las cosechas sean más abundantes; así lo afirma Clarkson (1980), cuando menciona que este elemento como fertilizante incrementa la productividad, calidad de las cosechas agrícolas además ha demostrado los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con silicio, en diferentes cultivos tales como, arroz, cebada, caña de azúcar, frutales y otros, como el frijol y pastos forrajeros.

La interacción de las dosis altas de Silicio con dosis medias o bajas de NPK permiten afirmar que si se opta por utilizar esta nueva alternativa de fertilización no solo en gramíneas sino en cualquier otro cultivo vamos a tener buenas cosechas, más productivas, ya que se menciona que la planta debe tener una buena absorción de Silicio que actúe sobre la fisiología de las plantas, además de desempeñar su papel como protector y regulador de la fotosíntesis y otras actividades enzimáticas lo que trae como consecuencia, mejorar los rendimientos y producción de los cultivos. (AGROMIL, 2006).

MATERIA SECA: Al realizar los análisis estadísticos se encontró que hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el porcentaje de materia seca en los tratamientos donde se incluían dosis medias de NPK, podemos observar que las medias se encuentran dentro del valor de 3.87% de materia seca, además la presencia de silicio dentro de estos tratamientos es muy apropiada ya que la interacción de ellas nos permite obtener un incremento.

Por el contrario los valores más bajos se reportan cuando se trabaja con dosis bajas de NPK, sin presencia de silicio. De la misma manera después de 45 días al realizar el segundo corte, se observa que el porcentaje de materia seca disminuye con respecto al primer corte, se expresa con un valor medio de 2,66%. Loaiza, (2003) afirma que en condiciones de

campo, el silicio puede estimular el crecimiento que es entendido como la acumulación irreversible de materia seca, que se asocia a procesos de elongación y crecimiento celular.

Tabla 5. Prueba de Tukey de las interacciones de dosis NPK*Fuente de Silicio*dosis de Silicio y su influencia en la concentración en el material vegetal y suelo de las variables químicas Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio

VARIABLES QUIMICAS	DOSIS NPK	FUENTE SILICIO	DOSIS SILICIO	Medias
FOSFORO FOLIAR	Alto		Alto	7.45 A
	Medio		sin silicio	4.25 D
FOSFORO SUELO			Alto	29,59 A
			Sin silicio	20.16 B
FOSFORO RAIZ*	alto	MAGNESIL	Alto	3,30 A
	Bajo	MAGNESIL	sin silicio	1.32 E
POTASIO FOLIAR			Alto	222,89 A
			sin silicio	122,78 C
POTASIO SUELO			Alto	0,26 A
			Sin silicio	0,17 C
POTASIO RAIZ	Alto		Alto	18,00 A
	Alto		sin silicio	10,88 E
CALCIO FOLIAR	Alto		Alto	22,29 A
	Bajo		sin silicio	13,80 E
CALCIO SUELO	Medio		Alto	12.17 A
	Bajo		sin silicio	10.25 C
MAGNESIO FOLIAR			Alto	5.91 A
			sin silicio	4.68 B
MAGNESIO SUELO	Alto		Medio	3.71 A
	Bajo		Sin silicio	3.13 B

Fuente. Este estudio

La interacción de los factores DOSIS NPK *DOSIS SILICIO*FUENTE DE SILICIO fueron significativos para la variable Potasio Raíz; La interacción DOSIS NPK *DOSIS SILICIO fueron significativo para Calcio y Magnesio Suelo con un ($P \leq 0,05$),

CONCENTRACIÓN DE FOSFORO

El análisis de varianza nos muestra que existen diferencias altamente significativas y significativas en la influencia de la dosis de silicio y dosis de NPK en la concentración de fosforo en la parte aérea de la planta. En la parte radicular hubo diferencia altamente significativa en el efecto de la interacción de dosis de NPK por fuente de silicio y dosis de silicio en la asimilación de fosforo en las evaluaciones correspondientes con un ($P \leq 0,05$) de probabilidad estadística como lo indica la tabla 5.

Así mismo la comparación de promedios por medio de la prueba de Tukey indica que los mejores tratamientos son aquellos que tienen dosis alta de silicio y NPK, presentando los valores más altos de concentración de fosforo en la parte foliar, con un valor de medias de 7.45ppm. En contraste la aplicación de dosis bajas de NPK y dosis de cero silicio reporta los valores más bajos de fosforo en la parte foliar con un valor de 4.25ppm.

En la parte radicular los tratamientos con la mayor concentración de fosforo son los tratamientos e interacciones que poseen dosis alta de silicio, fuente dos de silicio y alto NPK con un valor de 3.30ppm, por otro lado las dosis de NPK bajo sin silicio es uno de los tratamientos con la más baja concentración de fosforo con un valor de fosforo en la parte radicular de 1.32ppm siendo el silicio en gran medida el responsable ya que posiblemente este elemento influye de manera positiva en la aprovechamiento del fosforo por parte de la planta, expresado en la concentración de este elemento en el tejido de la parte foliar como raíz.

Estos resultados concuerdan con lo expresado por (Navarro & Navarro, 2000). Quienes afirman que Se ha demostrado una notable correlación silicio fósforo (Si-P), ya que el aporte al suelo de fertilizantes silícicos solubles incrementa la asimilación del fósforo por la planta, posiblemente debido a un intercambio de los fosfatos absorbidos a los hidróxidos por silicatos.

En estudios realizados por Caicedo y Chavarriaga (2008), encontraron que la aplicación de DAP por sí sola presenta bajas respuestas, pero aseguran el beneficio de la aplicación conjunta de fósforo y silicio. La concentración de fosforo en el suelo indica que existen diferencias significativas en la influencia de la dosis de silicio sobre la concentración de fosforo en el suelo al nivel del 0.05 de probabilidad estadística como lo indica la tabla.

La prueba de Tukey muestra que la dosis alta de silicio alcanzó las mayores concentraciones de fosforo en el suelo con un valor promedio para los dos cortes de 29.59 ppm en disparidad se encontró que al no aplicar silicio se obtuvo las más bajas concentraciones con un promedio de 20.16ppm.

Estudios realizados por Chueiri (2004), concuerdan con estos resultados ya que afirma que la gran mayoría de nuestros suelos tienen gran poder de fijación del fósforo; lo que los hace grandes competidores con las plantas por el fósforo suministrado por el fertilizante. Cada vez que se aplican fertilizantes fosfatados en el suelo, se tienen pérdidas por fijación. Entre otros factores, esta pérdida será mayor cuando mayor haya sido la “intemperización” sufrida por el suelo, y cuando más arcillosa sea su textura. Cuando el fósforo está fijado en el suelo en forma de fosfato de calcio, al adicionar silicio hidratado, se produce una reacción química que libera silicato de calcio, agua y ácido fosfórico, que es la forma asimilable para la planta.

Guerrero *et al* (1972), afirman que el silicio induce una disminución en la intensidad de la precipitación de los fosfatos especialmente la precipitación a los fosfatos de hierro provocando así un incremento significativo del fósforo aprovechable.

CONCENTRACIÓN DE POTASIO

De acuerdo al análisis de varianza nos muestra que existen diferencias altamente significativas en la influencia de la dosis de silicio y NPK en el contenido de potasio en el material vegetal, en las dos evaluaciones primer y segundo corte al nivel del 0.05 de probabilidad estadística (tabla 5).

Así mismo la comparación de promedios por medio de la prueba de Tukey indica que los mejores tratamientos son aquellos que tienen dosis alta de silicio y NPK presentando los valores más altos de concentración de potasio en la parte foliar y en la raíz, con un valor promedio de 222.89ppm y 18ppm respectivamente. En contraste la aplicación de dosis alta de NPK sin silicio reporta los valores más bajos de potasio en la parte foliar como radicular con valores 122.05ppm y 10.885ppm, Correspondientemente para los dos cortes. Esto ocurre probablemente a un efecto de sinergismo ejercido por el silicio sobre el potasio. Lo anterior se revalida por lo expresado por Quero citado por Pulgarin (2011), que afirma que la aplicación de silicio establece un efecto sobre los otros nutrientes presentes en el suelo como el potasio.

En investigaciones hechas por Hernández, *et al* (2011), encontraron que emplear materiales ricos en silicio mejora la nutrición con fósforo, hierro, potasio y zinc; ya que el silicio activa el intercambio catiónico y la movilización de nutrientes.

La concentración de potasio en el suelo indica que existen diferencias significativas en la influencia de la dosis de silicio y NPK sobre la concentración de potasio en el suelo al nivel del 0.05 de probabilidad estadística como lo indica la tabla 5.

La prueba de Tukey muestra que la dosis de NPK medio intervino hasta los 45 días que corresponde al primer corte el cual obtuvo la mayor concentración de potasio en el suelo con un valor de 0.26ppm. En cuanto la aplicación de silicio en dosis alta intervino de forma inversa obteniendo el nivel más bajo de potasio en el suelo con un contenido promedio de 0.17ppm.

Evidenciándose un efecto potencializador ejercido por el silicio sobre la asimilación del potasio por parte de la planta obteniendo contenidos bajos de potasio en presencia de dosis altas de silicio lo cual concuerda con estudios realizados por Aguirre (2010) quien dice que los suelos dependiendo de la capacidad de intercambio catiónico que posean, puede

absorber los nutrientes en las cargas eléctricas de los coloides, unos con mayor o menor fuerza de absorción, dificultando en algunos casos su absorción por las plantas. Para lograr que los nutrientes entren en la solución del suelo, el silicio se intercambia con estos, quedando adherido a los coloides, liberándolos y permitiendo de esta, manera que queden disponibles para las plantas.

Quero (2007), quien afirma que en la fase soluble del suelo se encuentra el silicio en la forma de ácido ortosilícico, el cual forma sales con los cationes presentes, dando lugar a silicatos que promueven la creación de gradientes de concentración de nutrientes minerales como el potasio desde el suelo hasta la planta.

CONCENTRACION DE CALCIO

La concentración de Calcio en la parte foliar fue altamente significativa en los tratamientos de NPK alto y medio en presencia de silicio, teniendo en cuenta la comparación de promedios por medio de Tukey (tabla 5), se observó que aquellos tratamientos que contienen NPK alto y silicio alto presentaron un mejor comportamiento, con un valor de medias de 22.29ppm de calcio, por el contrario tratamientos con NPK bajo en ausencia de silicio mostraron los valores más bajos de concentración, con un valor de medias de 13.80ppm de calcio.

Cabe destacar que la fuente de Silicio que más contribuyó a la absorción de Calcio dentro de la parte aérea fue la fuente 2(MAGNESIL P XA) que expreso de manera significativa los valores de concentración con respecto a la fuente 1.

La concentración de calcio en el suelo, fue significativa en los tratamientos con NPK medio y silicio alto, teniendo en cuenta la comparación de promedios de Tukey (tabla 5), indica que la mayor concentración de calcio en el suelo fue de 12.17ppm que corresponde a la interacción de dosis media de NPK por dosis altas de silicio.

Los tratamientos con NPK que no presentaron comportamiento significativo fueron aquellos que tenían NPK bajo sin presencia de silicio, la concentración se encuentran en 10,25ppm de calcio.

la interacción de los dos cortes nos muestra que los mejores tratamientos fueron los de NPK alto con Silicio alto durante el primer y segundo corte, además que los tratamientos con valores más bajos fueron aquellos con NPK Bajo y sin Silicio durante el primer corte, esto nos indica que la presencia de silicio en el suelo a través del tiempo aumenta la disponibilidad de los demás elementos y por lo tanto favorece la concentración tanto de calcio como de otros elementos mostrándose favorable para las próximas cosechas.

CONCENTRACIÓN DE MAGNESIO

El análisis de varianza (anexo 1) de la concentración de magnesio en la parte aérea mostro diferencias altamente significativas en la influencia de dosis de NPK por fuente de silicio. Teniendo en cuenta la tabla de Tukey (tabla 5), las interacciones con silicio alto obtuvieron la mayor concentración que corresponde 5.91ppm de Magnesio.

La presencia de magnesio en el suelo y en la parte radicular mostro un comportamiento relativamente normal ya que no se observó diferencias significativas entre los tratamientos y su interacción, esto se debe a que el silicio es un elemento que para lograr que los nutrientes entren a la solución del suelo, se intercambia con estos, quedando el silicio adherido a los coloides, liberándolos y permitiéndoles de esta manera que queden disponibles para las plantas, (Berumen, 2006).

ANALISIS ECONOMICO

Teniendo en cuenta la tabla 5 que indica el análisis económico de cada uno de los tratamientos, se puede afirmar que el mejor de los tratamientos fue el T6 que corresponde a NPK bajo, Silicio alto y fuente 2(MAGNESIL P XA), presento una rentabilidad superior al

100%, el beneficio fue muy significativo; seguido del T5 que también presenta un comportamiento similar, con una rentabilidad del 66%.

Mientras que los tratamientos con dosis altas de NPK y alto Silicio no presentaron rentabilidad, estos representan valores de beneficios negativos por lo tanto no se muestran útiles para su desarrollo. Los demás tratamientos muestran un valor de rentabilidad estable que facilita que el productor adopte uno de estos sistemas y se ponga en práctica dentro de sus explotaciones.

Tabla 6. Cuadro de análisis económico

ACTIVIDADES		TRATAMIENTOS																		
COSTOS VARIABLES		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	
MANO DE OBRA (JORNAL)	unidad																			
Preparación de suelo	4	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000
Siembra	4	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000
Fertilización	4	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000	\$56000
Control de malezas	2	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000	\$28000
Total \$		196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000	196000
INSUMOS																				
Semilla		35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg	35 kg
		\$192.500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500	\$192500
FERTILIZACION	UREA	182,4Kg/ha	182,4Kg/ha	182,4Kg/ha	182,4Kg/ha	182,4Kg/ha	182,4Kg/ha	364,8Kg/ha	729,6Kg/ha	729,6Kg/ha	729,6Kg/ha	729,6Kg/ha	729,6Kg/ha	729,6Kg/ha						
		\$ 196.992	\$ 196.992	\$ 196.992	\$ 196.992	\$ 196.992	\$ 196.992	\$ 393.984	\$ 393.984	\$ 393.984	\$ 393.984	\$ 393.984	\$ 393.984	\$ 393.984	\$ 787.968	\$ 787.968	\$ 787.968	\$ 787.968	\$ 787.968	\$ 787.968
	DAP	207,82	207,82	207,82	207,82	207,82	207,82	415,65	415,65	415,65	415,65	415,65	415,65	415,65	831,3Kg/ha	831,3Kg/ha	831,3Kg/ha	831,3Kg/ha	831,3Kg/ha	831,3Kg/ha
		\$ 288.870	\$ 288.870	\$ 288.870	\$ 288.870	\$ 288.870	\$ 288.870	\$ 577.754	\$ 577.754	\$ 577.754	\$ 577.754	\$ 577.754	\$ 577.754	\$ 577.754	\$ 1'155.507	\$ 1'155.507	\$ 1'155.507	\$ 1'155.507	\$ 1'155.507	\$ 1'155.507
	KCL	200,49	200,49	200,49	200,49	200,49	200,49	400,98	400,98	400,98	400,98	400,98	400,98	400,98	801,97Kg/ha	801,97Kg/ha	801,97Kg/ha	801,97Kg/ha	801,97Kg/ha	801,97Kg/ha
		\$ 212.520	\$ 212.520	\$ 212.520	\$ 212.520	\$ 212.520	\$ 212.520	\$ 425.040	\$ 425.040	\$ 425.040	\$ 425.040	\$ 425.040	\$ 425.040	\$ 425.040	\$ 850.100	\$ 850.100	\$ 850.100	\$ 850.100	\$ 850.100	\$ 850.100
	DIATOMBY	0	50	100	0	0	0	0	50	100	0	0	0	0	0	50	100	0	0	0
		0	\$184.000	\$368.000	0	0	0	0	\$184.000	\$368.000	0	0	0	0	0	\$184.000	\$368.000	0	0	0
	MAGNESIL	0	0	0	0	50	100	0	0	0	0	75	100	0	0	0	0	0	75	100
		0	0	0	0	\$72.750	\$145.500	0	0	0	0	\$109.125	\$145.500	0	0	0	0	0	\$109.125	\$145.500
INSUMOS TOTAL		\$890.882	\$1'074.882	\$1'258.882	\$890.882	\$1'000.007	\$1'036.382	\$1'589.278	\$1'773.278	\$1'957.278	\$1'589.278	\$1'698.403	\$1'734.778	\$2'986.075	\$3'170.075	\$3'354.075	\$2'986.075	\$3'095.200	\$3'131.575	
Otros (1% costos variables)		\$10.868,8	\$12.708,82	\$14.548,82	\$10868,8	\$11.960	\$12.323,82	\$17.852,78	\$19.692,78	\$21.532,78	\$17.852,78	\$18.944,03	\$19.307,78	\$31.820,75	\$33.660,75	\$35.500,75	\$31.820,75	\$32.912	\$33.275,75	
SUBTOTAL		\$1'097.750	\$1'283.590	\$1'469.430	\$1'097.750	\$1'208.857	\$1'244.705	\$1'803.130	\$1'988.970	\$2'174.810	\$1'803.130	\$1'913.347	\$1'950.085	\$3'321.895	\$3'399.735	\$3'585.575	\$3'321.895	\$3'324.112	\$3'360.850	

COSTOS FIJOS																			
Administración (3% de costos variables)	32.606,46	38.126,45	43.646,46	32.606,46	35.880,21	36.971,46	53.558,32	59.078,34	64.598,34	53.558,34	56.832,09	57.993,34	95.462,25	100.982,25	106.502,25	95.462,25	98.736	99.827,25	
Imprevistos (5% de costos variables)	54.344,1	63.544,1	72.744,1	54.344,1	59.800,35	61.619,1	89.263,9	98.463,9	107.663,9	89.263,9	94.720,15	96.538,9	159.103,75	168.303,75	177.503,75	159.103,75	164.560	166.378,75	
SUBTOTAL	86.950,56	101.670,56	116.390,56	86.950,56	95.680,56	98.590,56	142.822,24	157.542,24	172.262,24	142.822,24	151.552,24	154.462,2	254.566	269.286	284.006	254.566	263.296	266.206	
PRODUCCIÓN																			
Producción de forraje verde (ton/ha/año)	67,98	71,32	97,99	75,32	88,32	110,32	82,32	110,19	117,99	78,99	125,76	101,99	79,33	114,98	99,99	98,31	115,67	132,02	
COSTOS TOTALES (\$)	\$1'184.700	\$1'385.260	\$1'585.820	\$1'184.700	\$1'343.295	\$1'304.537	\$1'945.952	\$2'146.512	\$2'347.072	\$1'945.952	\$2'064.899	\$2'104.547	\$3'576.461	\$3'669.021	\$3'869.581	\$3'576.461	\$3'587.408	\$3'627.056	
BENEFICIO BRUTO (\$)	\$1'699.500	\$1'783.00	\$2'449.750	\$1'883.000	\$2'208.000	\$2'758.000	\$2'058.000	\$2'754.750	\$2'949.750	\$1'974.750	\$3'144.000	\$2'549.750	\$1'983.250	\$2'874.500	\$2'499.750	\$2'457.750	\$2'891.750	\$3'300.500	
BENEFICIO NETO (\$)	\$514.800	\$397.740	\$863.930	\$698.300	\$864.705	\$1'453.463	\$112.048	\$608.238	\$602.678	\$28.798	\$1'079.101	\$445.203	-\$1'593.211	-\$794.521	-\$1'369.831	-\$1'118.711	-\$695.658	-\$326.556	
RENTABILIDAD (%)	43	28	54	58	66	111	5	28	25	1	52	21	-44	-21	-35	-31	-19	-9	

Fuente. Este estudio

CONCLUSIONES

Al haber interacción de dosis altas de silicio (100Kg/ha) para la fuente 1 con dosis altas de NPK (Urea 729 kg/ha, SFT 72 kg/ha, DAP 831.), incrementaron la altura de la planta.

La producción de forraje verde (Ton/ha/año) aumento en aquellos tratamiento donde se utilizó la dosis de silicio alto.

Las concentraciones de potasio raíz, Fosforo foliar, calcio foliar del cultivo de pasto Raigras aubade (*L. sp*), fueron influenciados por la interacción de dosis de NPK altas.

La concentración de calcio en el suelo del cultivo de pasto Raigras aubade (*L. sp*), fue afectada por la interacción de dosis media de NPK (394.8 kg/ha de urea, 415.65 kg/ha de DAP, 400.98 kg/ha de KCl Con dosis altas silicio (100 kg/ha).

La mayor rentabilidad económica se obtuvo cuando se aplicó dosis bajas de NPK (182.4 kg/ha de urea, 207.82 kg/ha de DAP, 200.49 kg/ha de KCl), combinadas con dosis altas de silicio (100 kg/ha) empleando MAGNESIL P XA como fuente 2.

El silicio es un elemento muy importante dentro de la nutrición de las plantas gracias a su papel de potencializador y acondicionador.

BIBLIOGRAFIA

AGROMIL. Beneficios del Silicio para la agricultura. México: s.n., 2006.

AGUIRRE MANCILLA C.L. y RAYA PEREZ J.C. El silicio en las plantas, Centro de investigación Aplicada del Instituto Tecnológico Superior de Uruapan (CIA-ITESU) carretera, Uruapan-carapan No.5555, Colonia La Basilia, Uruapan, Michoacan,C.P.60015,mexico., e-mail: cancilla@tecurupan.com.mx. 2010.

CAICEDO, L. y CHAVARRIAGA, W. Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas.Manizales. 2007. 30 p.

CHUEIRI, W. A. “El fósforo en los suelos tropicales”. [En línea]. *Revista El productor*. 2004. Disponible en: www.revistaelproductor.com/ setiembre2003/fertilización (citado: 10 de noviembre de 2005).

CLARKSON D.T. *et al.* The mineral nutrition of higher plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* Vol. 31 1980. pag. 293-298.

EQUIPO TÉCNICO PLAN FRUTÍCOLA NACIONAL DE COLOMBIA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Gobernación de Nariño. 2006.

GUERRERO, R. *et al.* Estado y fijación del fosforo en suelos volcánicos del sur de Colombia. II panel sobre suelos volcánicos de América. Universidad de Nariño. Pasto. 1972. 59-81p.

HERNÁNDEZ, R. *et al.* Residual industrial como complemento en la fertilización sustentable. *El hombre y la máquina*. Vol. 37. México: s.n. 2011. 68p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. Pasto- Colombia. 2004. 735 p.

KORNDÖRFER, G. H. & DATNOFF, L. E. . “Efeito do Silicio no Crescimento e Produtividade das Culturas”. [En línea] *Silício na Agricultura*. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. 2004. Disponible en: <http://sifertilizer.com>.

LEGARDA, D. y BENAVIDES, E. Respuesta del pasto Raigras Aubade (*lolium sp.*) A Dosis de silicio en interacción con diferentes dosis de npk. Universidad de Nariño. Pasto 2004.

LOAIZA, C. Fisiología vegetal. Ed. Manizales: Universidad de Caldas, Manizales, 2013. pp. 8-15.

MATICHENKOV, Vladimir. “Silicon in Food”. [On line]. *Agriculture and Environment. International Conference and Exhibition*. (2-5 August2004). Pushchino, Russia. 2004. Disponible en <Http://www.sifertilizer.com>

NAVARRO, S. & NAVARRO, G. . *Química Agrícola*. Barcelona: Mundiprensa. 2000. pp. 424-427.

QUERO, E. Citado por PULGARIN, S. Respuesta de una mezcla forrajera establecida en clima frio, a la aplicación de silicato de magnesio. Quito: Escuela politécnica Nacional del Ecuador. 2011. 65p.

QUERO, E. Remineralización de suelos con materiales ricos en silicio. México: Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. 2007. 3p.

RIVAS, Libardo R. Impacto económico de la adopción de pastos mejorados en América Latina Tropical. México: Centro internacional de Agricultura Tropical, 2009.

YOSHIDA Nobui. Manejo de Pasto Mejorado. Instituto Pro Mejoramiento de la Ganadería (PROMEGA) – JICA. 2005 y Müller Héctor, 2008. El Manejo del Pasto, Clave en el Éxito Ganadero. La Nación, Secc. 5ª Campo, 19.07.08:11.

ZARAGOZA. Sociedad Española de Productos Húmicos, SEPHU. N° 028. 14 de mayo 2009.
info@sephu.com.