

EVALUACIÓN DEL PASTO RYEGRASS AUBADE (*Lolium sp.*)  
EN INTERACCIÓN CON DOS FUENTES DE SILICIO  
Y DIFERENTES NIVELES DE NPK

LADY CRISTINA ROSERO CONSTAIN  
EDWIN ORLANDO BENAVIDES PATIÑO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
COLOMBIA  
2015

EVALUACIÓN DEL PASTO RYEGRASS AUBADE (*Lolium sp.*)  
EN INTERACCIÓN CON DOS FUENTES DE SILICIO  
Y DIFERENTES NIVELES DE NPK

Anteproyecto de trabajo de grado presentado como requisito para optar al  
Título de ingeniero agrónomo

EDWIN ORLANDO BENAVIDES PATIÑO  
LADY CRISTINA ROSERO CONSTAIN

Presidente de Trabajo de Grado:

HUGO RUÍZ ERAZO I.A; Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
COLOMBIA  
2015

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

**San Juan de Pasto, Noviembre de 2015**

**EVALUACIÓN DEL PASTO RYEGRASS AUBADE (*Lolium sp.*)  
EN INTERACCIÓN CON DOS FUENTES DE SILICIO  
Y DIFERENTES NIVELES DE NPK**

Cristina Rosero<sup>1</sup>, Edwin Benavides<sup>1</sup>, Hugo Ruiz<sup>2</sup>

**RESUMEN**

El experimento se realizó en la Granja Experimental de Botana, de la Universidad de Nariño, en el municipio de Pasto, su localización geográfica es, latitud 1° 9' 19" N y longitud 77° 16' 32.4" O. Altura promedio de 2873 msnm, temperatura promedio de 12,5°C y la precipitación promedio 698mm/año. Con el objeto de evaluar la productividad del pasto Ryegrass aubade (*Lolium sp.*) en interacción con dos fuentes de silicio y diferentes niveles de NPK, en un suelo Vitric Haplustands. Se estudió un total de 19 tratamientos distribuidos en dosis altas, medias y bajas de NPK donde las dosis altas correspondieron a 529kg/ha de urea, 72kg/ha SFT, 160kg/ha KCl. Las dosis medias fueron el 50% de las dosis altas y las dosis bajas el 25% de las dosis altas, contrastada con diferentes dosis de silicio. Se realizó un Análisis de Varianza para bloques completos al azar con arreglo factorial de 3\*2\*3+1 testigo. Se encontró interacción positiva del NPK medio con silicio alto en las siguientes variables: rendimiento de materia fresca (0,20 t/parcela), altura de plantas (106,28cm), contenido de potasio (3,51%), calcio (0,72%), parte aérea y potasio (2,55%), magnesio (0,15%) Parte raíz. No se encontró diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de silicio utilizadas. Lo cual evidencia que el efecto sinérgico que potencio la productividad del pasto fue el silicio y no el magnesio.

**Palabras clave:** nutrición, ciclos pastoreo, andisoles.

## ABSTRACT

The experiment was performed at the Experimental Farm Botana, University of Nariño, in the village of Catambuco, located 19° 19' N and 77° 16' 32.4" O. 2873 m height, temperature 12, 5C. In order to evaluate the productivity of pasture aubade ryegrass (*Lolium sp.*) Interacting with two sources of silicon and different levels of NPK in a ground vitric Haplustands (AMBA). 529kg / ha of urea, 72kg / ha SFT, 160kg / ha KCl Sox.: 264.5kg / ha urea, 36kg / has a total of 19 treatments distributed in high low NPK dose, medium and where dose (High was obtained . SFT, 80kg / ha KCl Low: 132,25kg / ha urea, 18kg / ha SFT, 40kg / ha KCl) contrasted with high silicon low dose, medium and. Source 1 (High: 100kg / ha, Stockings: 50kg / ha, Low: 25 kg / ha) and Source 2 (High: 41kg / ha, Stockings: 20,5kg / ha, Low: 10,25kg / ha). An analysis of variance for a randomized complete block factorial arrangement of  $3 \times 2 \times 3 + 1$  with witness was performed. The silicon in high doses and half NPK, showed the best statistical performance in the following variables: plant height (106,28cm), forage yield (0.20 t / plot), K (aerial part 3.51 root% and 2.55%), Ca (0.72% aerial part), Mg (root 0.15%).

**Key words:** nutrition, grazing cycles, andisols.

## CONTENIDO

	<b>Pág</b>
INTRODUCCIÓN .....	8
METODOLOGIA .....	10
Análisis de suelos .....	10
Siembra, labores culturales y cosecha .....	10
Variables evaluadas.....	11
Diseño experimental: .....	12
Tratamientos evaluados:.....	12
RESULTADOS Y DISCUSION .....	13
Rendimiento materia fresca (RMF): .....	17
Producción de materia fresca: .....	19
Producción de materia seca:.....	21
Contenido de fósforo en la parte aérea y la raíz .....	22
Contenido de potasio en parte aérea (CKPA):.....	22
Contenido de potasio en raíz (CKPR):.....	24
Contenido de calcio parte aérea (CCaPA) %:.....	25
Contenido de calcio en raíz en el pasto Ryegrass. ....	26
Contenido de magnesio en parte aérea del pasto Ryegrass: .....	27
Contenido de magnesio en raíz en el pasto Ryegrass (CMgPR):.....	27
CONCLUSIONES .....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30

## INTRODUCCIÓN

Los pastos, son plantas cultivadas y utilizadas para la alimentación del ganado mediante el pastoreo directo o mediante la cosecha; constituyen la manera más económica y práctica de alimentar el ganado. A nivel mundial se destaca la utilización del Ryegrass Aubade (*Lolium sp*), el cual es de gran importancia como especie forrajera en las praderas de diversas regiones de Colombia, una de ellas es la región Andina del departamento de Nariño, en el cual se encuentran 355.722 hectáreas en pastos, del total de área cubierta en pastos, el 1.18%, que representan 4214.4 hectáreas corresponden a pastos de corte, el 87.9% (312694 hectáreas) corresponden a pradera tradicional, en tanto que el 10.92%(38813.6) hectáreas pertenecen a praderas mejoradas. (MADR, 2006).

(Caballero, 1985) Afirma que el Ryegrass Aubade (*Lolium sp*) se destaca por ser una pradera de larga duración, gran desarrollo, con el potencial de producir gran cantidad de biomasa de buena calidad, ser precoz, ser apetecible por el ganado y especies menores, además, tener buena calidad nutritiva.

El silicio normalmente, no es considerado como un elemento esencial en la nutrición de las plantas, sin embargo diversos estudios en gramíneas, fertilizadas con silicio han mostrado que puede influir en forma positiva en el crecimiento de las plantas y en los incrementos de producción (Borkowska, 2013) y (Mitani, 2005).

En la planta el silicio es transportado desde la raíz a los brotes por medio de la corriente de transporte en el xilema (transpiración) El ácido mono silícico puede penetrar pasivamente a través de las membranas celulares (Aston & Jones, 1976). El transporte activo del ácido mono silícico en las plantas ha tenido poco estudio (De La Cruz, 2012).

De acuerdo a lo expresado por (Apraéz, 2012) el Ryegrass necesita de suelos con altos niveles de fertilidad, es sensible a la sequía y al exceso de agua, por lo tanto requiere una adecuada fertilización la cual debe ser completa y equilibrada. Dentro de los elementos necesarios para un adecuado desarrollo de los pastos, está el silicio.



Numerosos experimentos de campo realizados en diferentes suelos, en cultivos de cucurbitáceas con diversas condiciones climáticas demuestran claramente los beneficios de la aplicación de fertilizantes de silicio para su productividad y calidad (Snyder, 2007).

En un estudio similar en pasto Ryegrass se encontró que cuando interactúan dosis altas de NPK con dosis altas de Silicio, se obtiene la mayor producción de forraje verde 167,2 t/ha/año y a su vez la mayor producción de materia seca 27,44 t/ha/año (Benavides y Legarda, 2012).

También se ha comprobado diferentes respuestas fisiológicas de las plantas frente al silicio como son: mejoramiento en el balance de nutrientes, reducción de la toxicidad de minerales, incremento en las propiedades mecánicas de los tejidos vegetales y un aumento en la resistencia a otros diversos factores abióticos (sales, toxicidad de metales, desbalance nutricional, sequía, radiación UV, altas temperaturas, heladas, etc.) y a factores bióticos (Caicedo, 2007) y (Camargo, 2010).

La optimización de la nutrición de silicio resulta en el aumento de la masa y volumen de las raíces, dándose un incremento total de la superficie de adsorción (Besford, 1986); (Bocharnikova, 1996). Como resultado de la aplicación de fertilizantes de silicio, el peso seco de la cebada aumentó en 21% y 54% a los 20 y 30 días de crecimiento, respectivamente, en relación con las plantas que no recibieron suplemento de silicio (Kudinova, 1975). La fertilización con silicio aumenta la respiración de las raíces (Yamaguchi, 1995).

Con base en lo anterior el objetivo de esta investigación fue, evaluar el efecto de dos fuentes de silicio, en interacción con diferentes dosis de NPK, en la producción de materia fresca, materia seca, altura de la planta; y en la concentración de P, K, Ca y Mg en el cultivo de pasto Ryegrass.

## METODOLOGIA

### Localización del experimento:

El trabajo de investigación se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, en el municipio de Pasto, en un lote localizado a latitud 1° 9' 19" N y longitud 77° 16' 32.4" O, a una altura promedio de 2873m.s.n.m, una temperatura promedio de 12.5°C, y una precipitación media de 698mm/año. Esta zona está clasificada como Montano Bajo (MB) (Holdridge, 1979) y como Vitric Haplustands según (IGAC, 2004).

### Análisis de suelos

Para describir el suelo y su fertilidad, se realizó un análisis de suelos, el cual se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño; y se obtuvieron las siguientes características: Densidad aparente 0.78 g/cc (Bajo), pH 4.3 (Acido), MO: 3.67 % (Alto), fósforo disponible 41.9Mg/Kg (Alto), K de cambio 1.815 cmolcarga/Kg (alto), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Alto) 61.5, Ca de cambio 4.09 cmolcarga/Kg (Medio), Mg de cambio: 1.519 cmolcarga/Kg (Bajo), Al de cambio: 2.54 cmolcarga/Kg (Alto) Laboratorios Universidad de Nariño (2015).

### Siembra, labores culturales y cosecha

El suelo se preparó con arado de cincel a 20 cm de profundidad, posteriormente se realizó dos pases de rastrillo cruzado para culminar con la preparación. Finalmente se realizó una delimitación del terreno y división de cada una de las unidades experimentales con estacas e hilo de polipropileno. Según el diseño experimental propuesto para esta investigación.

La siembra se realizó al voleo en dosis de (35 kg/ha) de semilla certificada de pasto Ryegrass Aubade (*Lolium sp*) según (Benavides y Legarda, 2012).

Los cortes se realizaron cada 60 días con un total de tres cosechas, por tres cortes iguala 180 días.

## Variables evaluadas

**Tabla 1.** Variables evaluadas

Variable	Método de determinación	Autor
Altura de plantas	Medición en cm desde la base de la planta a la punta de la hoja.	(Cortes & Viveros, 1975) (1975)
Rendimiento materia fresca	Aforo de 0,25 m <sup>2</sup> lanzado al azar en cada parcela, luego se pesó y transformó a t/parcela luego a t/ha	(Cortes y Viveros, 1975)
Rendimiento de materia seca	Aforo de 0,25 m <sup>2</sup> lanzado al azar en cada parcela, luego se puso a Secar a 65°C por 48 horas,	Cortes y Viveros, 1975)
Producción de material fresca	Aforo de 0,25 m <sup>2</sup> lanzado al azar en cada parcela, luego se pesó y transformó a t/parcela luego a t/ha	(Cortes y Viveros, 1975)
Producción de materia seca	Aforo de 0,25 m <sup>2</sup> lanzado al azar en cada parcela, luego se puso a Secar a 65°C por 48 horas, después se pesó y transformó a t/parcela	(Cortes y Viveros, 1975)
Concentración de P en la parte aérea y raíz	Digestión con solución 3:1 de HNO <sub>3</sub> /HClO <sub>4</sub> . Se tomó 1 ml del extracto y se adicionó 9 ml de solución coloreadora de fosforo y se realizó la	(Braga & Defelipo, 1974)
Concentración de K en la parte aérea y raíz	Digestión con solución 3:1 de HNO <sub>3</sub> /HClO <sub>4</sub> . Se tomó 0.5 ml del extracto principal y se aforó a 100 ml. Luego se llevó a leer en el espectrofotómetro Beckman Fluor modelo	(Braga y Defelipo, 1974).
Concentración de Ca en la parte aérea y raíz	Cada muestra se llevó al horno a 75°C, durante 24 horas; luego se tamizo y pesó. Luego se determinó el contenido de K por el método de determinación de	(Unigarro & Carreño, 2005).
Concentración de Mg en la parte aérea y	Cada muestra se llevó al horno a 75°C, durante 24 horas; luego se tamizo y pesó. Luego se determinó el contenido	(Unigarro y Carreño, 2005).

### Diseño experimental:

El área del terreno fue de 6898 m<sup>2</sup>, el cual se dividió en 3 bloques, con un área de 2204m<sup>2</sup> cada uno y cada bloque se fraccionó en 19 parcelas de 116m<sup>2</sup>, que correspondieron a los tratamientos; Entre bloques se dejó calles de 1m.

Se seleccionó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3\*2\*3+1 testigo, donde el factor A corresponde a 3 niveles de fertilización con NPK, el factor B 2 fuentes de silicio y el factor C tres niveles de silicio, cada uno con tres repeticiones para un total de 18 tratamientos más 1 testigo (Tabla 2). Los datos obtenidos en las diferentes variables se analizaron en el paquete estadístico INFOSTAT 2011. La comparación de medias se realizó por medio de la prueba de comparación TUKEY.

### Tratamientos evaluados:

Tabla 2. Los Tratamientos evaluados fueron.

Tratamientos	Dosis	NPK	Fuente Si	Dosis	Silicio
T1	Alta	Urea529kg/ha SFT 72kg/ha KCl 160kg/ha	-	Sin silicio	0kg/ha
T2	Alta		Magnesil	Alta	100 kg/ha
T3	Alta		Diatiovny	Alta	41 kg/ha
T4	Alta		Magnesil	Media	50 kg/ha
T5	Alta		Diatiovny	Media	20.5
T6	Alta		Magnesil	Baja	25kg/ha
T7	Alta		Diatiovny	Baja	10.25kg/h
T8	Medi	Urea 397kg/ha SFT 54kg/ha KCl 120 kg/ha	Magnesil	Alta	100 kg/ha
T9	Medi		Diatiovny	Alta	41 kg/ha
T10	Medi		Magnesil	Media	50 kg/ha
T11	Medi		Diatiovny	Media	20.5
T12	Medi		Magnesil	Baja	25kg/ha
T13	Medi		Diatiovny	Baja	10.25kg/h
T14	Baja	Urea 265 kg/ha SFT 36 kg/ha KCl 80 kg/ha	Magnesil	Alta	100 kg/ha
T15	Baja		Diatiovny	Alta	41 kg/ha
T16	Baja		Magnesil	Media	50 kg/ha
T17	Baja		Diatiovny	Media	20.5
T18	Baja		Magnesil	Baja	25kg/ha
T19	Baja		Diatiovny	Baja	10.25kg/h

Fuente: Esta investigación

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Cuadrado medio de las variables evaluadas

**Tabla 3.** Cuadrado medio del análisis de varianza para las variables: Altura de plantas (AP), Rendimiento materia seca (RMS), Rendimiento forraje verde (RMF).

F.V	AP	RMS	RMF
	CM	CM	CM
MODELO	1793,64**	0,01**	0,0011**
BLOQUES	2327,80**	0,00023	0,000059
NPK	10086,69**	0,08**	0,01**
FUENTES SI	705,21	0,0039	0,000059
NPK*FUENTE SI	27,14	0,00079	0,00028
NIVEL SI	17589,49**	0,08**	0,01**
NPK*NIVEL SI	804,52**	0,0043**	0,001**
FUENTE SI*NIVEL SI	832,60	0,00029	0,000087
NPK*FUENTE SI*NIVEL SI	249,69	0,00035	0,00023
CORTE	2515,23	0,02**	0,000063
CORTE*BLOQUE	465,46	0,0002	0,000062
NPK*CORTE	333,99	0,0011	0,00015
FUENTE SI*CORTE	290,12	0,00046	0,000001,6
NIVEL SI*CORTE	237,53	0,00048	0,000014
NPK*FUENTE SI*NIVEL SI*CORTE	89,79	0,0018*	0,00016*
ERROR	117,97	0,00087	0,000092
r <sup>2</sup>	0.85	0.79	0.79
CV	13.77	21.73	21.73

Fuente: Esta investigación

\*\*Altamente significativo

\* Significativo

No significativo

**Tabla 4.** Concentración de potasio parte aérea (CKPA), concentración de potasio raíz (CKR), concentración de calcio parte aérea (CCaPA), concentración de magnesio parte aérea (CMgPA), concentración de magnesio parte raíz (CMgPR).

F.V	CKPA	CKR	CCaPA	CMgPA	CMgPR
	CM	CM	CM	CM	CM
MODELO	2,05**	1,24**	0,08**	0,16	0,0046**
BLOQUES	0,02	0,62*	0,01	0,13	0,0027
NPK	4,38**	4,64**	0,51**	0,3	0,02**
FUENTES SI	3,37**	0,22	0,0015	0,09	0,0017
NPK*FUENTE SI	5,60**	5,05*	0,17**	0,26	0,01**
NIVEL SI	0,56	0,01	0,01	0,09	0,00220
NPK*NIVEL SI	0,70	0,50	0,02**	0,16	0,0024*
FUENTE SI*NIVEL SI	3,63	0,16	0,0006	0,11	0,00041
NPK*FUENTE SI*NIVEL SI	1,08	0,09	0,003,6	0,12	0,00056
ERROR	0,03	0,12	0,0043	0,12	0,00083
r <sup>2</sup>	0.97	0.85	0.91	0.43	76
CV	6.22	21.20	12.90	137.76	23.94

Fuente: Esta investigación.

\*\*Altamente significativo

\* Significativo

No significativa

**Altura (AP):** En el análisis de Varianza para altura se observó diferencias estadísticas para NPK\*nivel de silicio con un (p-valor de 0.0001).

**Tabla 5.** Promedio de la altura de plantas en la interacción NPK y nivel de silicio.

NPK	NIVELSi	Medias n
ALTO	ALTOSi	109.33 18 A
MEDIO	ALTOSi	106.28 18 A
ALTO	MEDIOSi	88.61 18 B
MEDIO	MEDIOSi	82.83 18 B
BAJO	ALTOSi	79.89 18 B C
ALTO	BAJO Si	68.72 18 C D
MEDIO	BAJO Si	64.11 18 D E
BAJO	BAJO Si	56.17 18 E
<u>BAJO</u>	<u>MEDIOSi</u>	<u>53.83 18</u> <u>E</u>

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

En la (tabla 5) se observó que el NPK alto\*nivel Si alto, indica una media de 109.33cm similar a NPK Medio\*nivel Si alto 106.28 cm y estadísticamente diferente a NPK bajo\*nivel Si bajo con una media de 53.83cm y a NPK bajo\*nivel de silicio medio con 53.83.

Como se observa, la dosis media y alta de NPK al interactuar con dosis altas de silicio obtuvo una interacción positiva del silicio con NPK, en cuanto al desarrollo de la planta, obteniéndose así una mayor altura.

Lo contrario muestra la interacción de las dosis bajas de NPK con dosis bajas y medias de silicio.

Lo anterior se debe probablemente, a que el silicio es considerado un transportador de nutrientes, lo que hace que el suficiente suministro de éste elemento puede incrementar la nutrición de NPK, mientras que si no hay la suficiente disponibilidad de silicio para la planta, esta no podrá obtener una buena nutrición. (Silicio en la Agricultura, 2011)

El testigo a pesar de tener las dosis altas de NPK pero sin silicio no obtuvo óptimos resultados, en cambio las que tuvieron la atribución del silicio muestra las mayores alturas, reafirmando de esta manera, la capacidad que tiene el silicio de mejorar la nutrición. Como lo aseguran (Funca, 2013) quienes tras realizar un estudio en la competencia con diferentes gramíneas al aplicarles silicio, éstas aumentaron considerablemente su altura y las volvió más eficientes. Aunque al respecto (Quero, 2008) añadieron que el silicio es un excelente coadyuvante de las plantas para poder resistir a factores bióticos y abióticos.

Resultados similares fueron obtenidos en otros cultivos, como avena forrajera (*Avena sativa*) en el cual se observó resultados positivos en la altura de las plantas y mayor diámetro en los tallos al momento de la cosecha (Borda *et al*, 2007).

También (Pizarro, 2012) en el cultivo de pepinillo (*cucumis sativun*) encontró que por cada kilogramo de Si aplicado, ésta planta incremento su altura en 0,105 cm en comparación al tratamiento testigo.

En cultivos de apio (*Apium graveolens*) la fertilización con silicio, ayudo a obtener la mejor altura a los 30 días después de la siembra (Hernandez, 2012). Esto se debe probablemente a la ayuda del silicio, ya que las plantas a las cuales se les aportó silicio, expresaron alturas mayores al momento de la cosecha, pues éste elemento tuvo un efecto benéfico sobre el balance nutricional principalmente de elementos necesarios en las primeras etapas como es el P en el cultivo de avena (Baron, 2007).

En otros resultados, en cultivos como la caña, se encontró excelentes efectos en el aumento de tamaño de tallos y mayor número de hojas activas con el aporte de silicio (Sanchez, 2000).

También se observó que no hubo diferencias significativas entre fuentes, esto puede suceder por diferentes razones como, la forma de aplicación, que en nuestro caso fue al voleo, lo cual, por el tamaño de partícula del fertilizante, se debe manejar de diferentes formas.

La cantidad de lluvias, fue otro factor que pudo incidir en las fuentes, lo cual pudo haber arrastrado los fertilizantes a las zonas más bajas.



Esto mostro; que las fuentes de silicio Magensil y Diatiovny, no se diferencian en su eficiencia en cuanto a la altura, lo cual descarta que el Mg sea el único elemento, que contribuya al crecimiento de la planta, contribución que se le puede atribuir al silicio, debido a que las dos fuentes están compuestas por silicio, además, Diatiovny tiene en su composición 90.01% en SiO<sub>2</sub>, mostrando como resultado, que las plantas que obtuvieron las mejores alturas, fueron a las que se les aplicó cualquiera de las dos fuentes de silicio en interacción con los niveles altos y medios de NPK.

### **Rendimiento materia fresca (RMF):**

El análisis de varianza para rendimiento de materia fresca mostro diferencias estadísticas significativas para NPK\*fuelle\*nivel Si\*corte con un (p- valor 0.0245). La prueba de comparación de medias Tukey indica que **T8** (NPK medio\* Magnesil alto) \*corte 2 es similar a **T2** (NPK alto \*Magnesil alto)\*corte 1, mostrando resultados satisfactorios.

La prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción de los cuatro factores como NPK\*fuelle Si\*nivel Si\*corte nos muestra 15 grupos de tratamientos, en donde, en el primer nivel se observó 24 tratamientos con las mejores medias que varían de 0.23 t/parcela, que llevado a hectárea daría 19.83t/ha siendo el mayor valor encontrado, hasta 0.15 t/parcela, que llevado a hectárea sería 12.93t/ha y van representadas con la letra A, similares estadísticamente. Cabe destacar que los tratamientos de éste grupo con excelente comportamiento en el tiempo son; **T8** (NPK medio\*Magnesil alto), el cual obtuvo 0.21 t/parcela que llevado a hectárea sería 18.10t/ha, en el primer corte, 0.23 t/parcela que llevado a hectárea sería 19.83t/ha, en el segundo corte y 0.18 t/parcela que llevado a hectárea sería 15.52t/ha, en el tercer corte, al igual que el tratamiento **T10** (NPK medio\* Magnesil medio) el cual obtuvo 0.20 t/parcela que llevado a hectárea sería 17.24t/ha, en el primer corte, 0.20 t/parcela que llevado a hectárea sería 17.24t/ha, en el segundo corte y 0.18 t/parcela que llevado a hectárea, sería 15.51t/ha, en el tercer corte.

Lo anterior se debe probablemente, a que el silicio presenta una interacción sinérgica con el NPK potencializando su absorción; teniendo en cuenta que el nivel medio de NPK con el nivel alto de silicio y aun con el nivel medio de silicio tiene rendimientos similares al nivel alto de NPK con los niveles alto y medio de silicio.

Respecto a lo anterior, (Benavides y Legarda, 2012) encontraron datos similares evidenciando que las dosis altas y medias de silicio en interacción con dosis altas y medias de NPK presentan una respuesta positiva, en el Ryegrass. Así mismo (Matichenkov V. , 2004), encontró en arroz, que la fertilización complementada con dosis de Silicio, incrementó el rendimiento y producción de las mismas. También se ha evidenciado, que en un suelo de la India con capacidad de fijación de fósforo del 85Cmoc/Kg a un pH de 4.5, se aplicó silicio (silicato de sodio) y fósforo, dando como resultado un incremento significativo en el rendimiento del cultivo de maíz (Sawarkar, 1985).

De acuerdo a lo expresado por (MEJISULFATOS, 2014) en Colombia con la aplicación de 300 kg/ha de Magnesil, se mejoró el enraizamiento de los pastos en más del 25Cmoc/Kg y se logró un incremento hasta del 32Cmoc/Kg el rendimiento de biomasa como forrajes.

En los cortes se observó que, el primer corte después de 60 días de la siembra, es el de mayor rendimiento con una media de 0.15 t/parcela superando al corte 2 y corte 3 con 0.14 y 0.12 t/parcela, respectivamente. (Pizarro, 2012) Esto puede estar influenciado por las condiciones ambientales, la aplicación del fertilizante, la presencia de patógenos y plagas, pues se observó, que en los dos primeros meses hubo mayor frecuencia de lluvias, así como también, se aplicó la mayoría del fertilizante.

Otro factor fue la presencia de malezas, en el cual se realizó el respectivo control, pues en el primer corte no se presentó mucha población de *Rumex sp.* Y no se evidencio la presencia de roya(*Puccinia sp.*), que si fue muy evidente en el tercer corte, lo cual hacen muy interesante estos resultados, pues teniendo en cuenta que a pesar de que los suelos de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, se consideran fijadores de fósforo, puesto que cuando el ácido orto silícico se forma ( $H_4SO_4$ ), precipita el aluminio Al, probablemente liberando el fosforo hasta un estado lábil, el cual pudo haber hecho el efecto de sustitución de aluminios dejando libre el fosforo que puede ser asimilable, ya que el silicio hace un efecto parecido pero más débil que el efecto de la cal que igualmente precipita el aluminio, y se obtiene mejor nutrición, esto se refleja en el rendimiento de los pastos.

(Moncada, 1991) Observaron ante la aplicación de silicatos un efecto temporal en la utilización del fósforo por la planta, atribuyendo tal hecho a una rápida inactivación del aluminio por realización con  $(Fe_2O_3 + Al_2O_3)$ , impidiendo así una íntima reacción entre el fósforo y óxidos de Fe y Al.

## Producción de materia fresca:

**Tabla 5:** Producción de materia fresca del pasto Ryegrass.

<u>NPK</u>	<u>NIVELSI</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>
		<u>n</u>	
MEDIO	ALTO	0,59	6 0,02 A
MEDIO	MEDIO	0,57	6 0,02 A
ALTO	ALTO	0,52	6 0,02 A
ALTO	MEDIO	0,52	6 0,02 A
BAJO	ALTO	0,38	6 0,02 B
ALTO	BAJO	0,34	6 0,02 B
MEDIO	BAJO	0,31	6 0,02 B
BAJO	MEDIO	0,27	6 0,02 B C
BAJO	BAJO	0,19	6 0,02 C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

El Análisis de Varianza para producción de materia fresca (Tabla 3) mostro diferencias estadísticas significativas ( $P= 0.0065$ ) para NPK\*nivel Si y la prueba de medias de Tukey (Tabla 5) indica que la interacción NPK medio \*nivel de silicio alto con 0,59 t/parcela/semestre que llevado a hectárea es (101,7t/ha/año), esto estadísticamente igual a NPK medio\* nivel de silicio medio con 0,57 t/parcela/semestre (98,27t/ha/año), y estadísticamente diferente de NPK medio nivel de silicio bajo con 0,31t /parcela/semestre (53,45t/ha/año).

La producción de pastos en esta investigación 101.7t/ha/año, son mayores con respecto a los encontrados en Antioquia donde se obtuvo una producción de 93t/ha/año (Ochoa S. *et al*, 2013) y menores en comparación a los encontrados en Estados Unidos que se obtuvo una producción de 150t/ha/año de acuerdo a lo reportado por (Bernal, 1998)

Cuando se utilizan dosis medias de NPK en interacción con dosis medias y altas de Silicio se consiguen las mayores producciones del Pasto Ryegrass, este incremento de producción en comparación al tratamiento testigo NPK alto sin silicio se presume se debe a la influencia del silicio en la absorción de nutrientes en las plantas.

En un estudio similar en pasto Ryegrass (Benavides y Legarda, 2012) encontraron que fertilizando con dosis alta de NPK y dosis alta de silicio se obtuvo una producción de 167,2 t/ha/año.

Estudios realizados por (Quero, 2006) señala que el silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas, indicando que desde hace varios años, numerosos reportes de investigación y la producción comercial en campo han demostrado los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con silicio, tal como en la producción de Arroz (15-100Cmoc/Kg), Maíz (15-35Cmoc/Kg), Trigo (10-30Cmoc/Kg), Cebada (10-40Cmoc/Kg), Caña de Azúcar (55-150Cmoc/Kg), diversos frutales como la palta y el mango, (40-70Cmoc/Kg), Zarzamora, Guayaba, hortalizas, tomate, ají (50-150Cmoc/Kg) y otros, como el frijol, pastos forrajeros. También se promueven beneficios al suelo para mantener una agricultura sustentable.

El caso de las gramíneas es bien conocido, debido a que son las plantas de mayor absorción de silicio. De esta forma, cuando se hace fertilización con silicio, los rendimientos se incrementan, pero la razón de porqué la respuesta de los cultivos se ve en un incremento de la producción, aun hoy no se entiende completamente. Sin embargo, se han propuesto varios mecanismos.

Algunos estudios con silicio en diferentes cultivos indican que el incremento en el rendimiento cuando se fertiliza con silicio, pueden estar asociados con la resistencia inducida a estreses bióticos y abióticos, tales como resistencia a plagas y enfermedades, baja toxicidad por Al, Mn, Fe, una mayor disponibilidad de fósforo en el suelo, tallos y hojas más erguidos, y principalmente un aumento en la economía del agua de la planta (Narayan, 2008)

## Producción de materia seca:

**Tabla 6:** Producción de materia seca en el pasto Ryegrass en la interacción NPK y nivel de Si.

<u>NPK</u>	<u>NIVELSI</u>	<u>Medias n E.E.</u>
MEDIO	ALTO	0,17 6 0,01 A
MEDIO	MEDIO	0,15 6 0,01 A B
ALTO	ALTO	0,15 6 0,01 A B
ALTO	MEDIO	0,13 6 0,01 B
BAJO	ALTO	0,08 6 0,01 C
ALTO	BAJO	0,06 6 0,01 C D
BAJO	MEDIO	0,06 6 0,01 C D
MEDIO	BAJO	0,05 6 0,01 C D
<u>BAJO</u>	<u>BAJO</u>	<u>0,04 6 0,01</u> <u>D</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

El Análisis de Varianza para producción de materia seca mostro diferencias estadísticas altamente significativas ( $P$ -valor $<0,0001$ ) para NPK\*nivel Si y la prueba de medias de Tukey (Tabla 6), indica que la interacción NPK medio nivel de silicio alto presenta la media más alta, con 0,17t/parcela/semestre que llevado a (29,31t/ha/año), pero es estadísticamente igual a NPK medio nivel de silicio medio con 0,15t/parcela/semestre que llevado a (25,86t/ha/año), y a su vez, es estadísticamente diferente de NPK bajo nivel de silicio bajo con 0,08t/parcela/semestre que llevado a (13,79t/ha/año) que a su vez es estadísticamente diferente de NPK bajo\* nivel de silicio bajo con 0,04t/parcela/semestre que llevado a (6,89t/ha/año).

En lo anterior se muestra una clara relación entre las dosis altas y medias de silicio con las dosis medias y altas de NPK, siendo estas las de similar producción. Respecto a lo anterior (Loaiza, 2003) afirma que 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 y crecimiento celular. En un ensayo realizado en avena forrajera a nivel de invernadero, los resultados muestran que la aplicación de una dosis de 100mg de silicio en pre siembra, presenta un incremento de materia seca en un 34,9Cmoc/Kg y se asocia a un mejor índice de materia seca a nivel radicular, lo cual implica una mayor capacidad de absorción de nutrientes (Borda, O,2007 citado por UTN, 2011).

### Contenido de fósforo en la parte aérea y la raíz

No hubo diferencias estadísticas significativas para las variables contenido de fósforo en la parte aérea y la raíz, posiblemente debido a, que el suelo tubo 41.9 Mg/Kg (alto) siendo este un nivel óptimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo, de esta manera se expresó en todos los tratamientos contenidos altos de fósforo.

### Contenido de potasio en parte aérea (CKPA):

El análisis de varianza para contenido de Potasio en parte aérea mostro diferencias estadísticas altamente significativas con un ( $P < 0,001$ ) para NPK\*fuelle Si\*nivel Si.

**Tabla 7:** Contenido de potasio en % parte aérea en la interacción NPK +niveles de silicio\*fuelle de silicio.

NPK	FUENTESI	NIVELSI	Medias n	E.E.	
MEDIO	MAGNESIL	ALTOSI	4,59	3 0,11	A
ALTO	MAGNESIL	MEDIOSI	4,39	3 0,11	A
ALTO	MAGNESIL	ALTOSI	4,11	3 0,11	A B
MEDIO	MAGNESIL	MEDIOSI	3,77	3 0,11	B C
ALTO	DIATIOVNY	ALTOSI	3,25	3 0,11	C D
ALTO	DIATIOVNY	BAJOSI	3,19	3 0,11	D
BAJO	MAGNESIL	ALTOSI	3,11	3 0,11	D
BAJO	DIATIOVNY	ALTOSI	3,09	3 0,11	D
ALTO	DIATIOVNY	MEDIOSI	3,03	3 0,11	D
ALTO	MAGNESIL	BAJOSI	2,79	3 0,11	D E
MEDIO	DIATIOVNY	BAJOSI	2,47	3 0,11	E F
MEDIO	DIATIOVNY	ALTOSI	2,44	3 0,11	E F
BAJO	MAGNESIL	MEDIOSI	2,43	3 0,11	E F
MEDIO	DIATIOVNY	MEDIOSI	2,40	3 0,11	E F
BAJO	DIATIOVNY	BAJOSI	2,13	3 0,11	F
BAJO	MAGNESIL	BAJOSI	2,08	3 0,11	F
BAJO	DIATIOVNY	MEDIOSI	2,07	3 0,11	F
<u>MEDIO</u>	<u>MAGNESIL</u>	<u>BAJOSI</u>	<u>1,31</u>	<u>3 0,11</u>	
			<u>G</u>		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Y la prueba de medias de Tukey indica que el tratamiento NPK medio Magnesil alto con una media 4.59% es similar a los tratamientos NPK medio Magnesil alto y NPK alto Magnesil alto con medias de 4.39% y 4.11% respectivamente y diferencias estadísticas altamente significativas con los tratamientos NPK medio Diatiovny bajo y NPK medio\*Diatiiovny alto con medias de 2.47% y 2.44%, respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, se observó que tanto las dosis medias y altas de Magnesil, combinadas con dosis altas y medias de NPK, presentaron igual respuesta, incrementando la concentración de potasio en la parte aérea, esto probablemente, debido a que el silicio actúa de manera sinérgica con el potasio potencializando su absorción. Cabe destacar que el tratamiento testigo (NPK alto), es superado por los tratamientos que también tienen dosis altas de NPK pero en presencia de Silicio.

(Horna, 2007) resultados similares fueron encontrados con la aplicación de silicio en el cultivo de arroz, de ésta forma el sistema radical de la planta al tomar los elementos con mayor facilidad, logra aumentar la biomasa o población de raíces, de donde a mayor desarrollo del sistema radical, mayor absorción de nutrientes, mayor vitalidad y producción de la planta.

Datos similares fueron encontrados por (Benavides y Legarda) en un estudio realizado en pastos Ryegrass utilizando dosis altas de NPK con dosis altas de Silicio, obteniendo un nivel promedio de potasio en parte aérea de 3.11%. Como lo indica (Quevedo, 2007) el silicio, al incrementar los iones baja el contenido de aluminio y hierro, de esta forma actúa como regulador del pH del suelo, por mecanismo electroestático, bloqueando Fe, Al, Mn, elementos causantes de la acidez de los suelos, permitiendo liberar al potasio.

De acuerdo a (Marchner, 2002) para un normal crecimiento de Ryegrass, se debe garantizar una concentración foliar de potasio entre el 2 y 5%, lo cual indica que el potasio presente en las plantas de Ryegrass del experimento, es bueno, sin embargo, hay variaciones considerables de éste lo cual se presume, se debe a las diferentes interacciones de la fertilización con NPK y Sí. Cabe resaltar que el potasio es uno de los elementos que más extraen los pastos (Rincón, 2008).

### Contenido de potasio en raíz (CKPR):

**Tabla 8:** Contenido de potasio (%) en raíz del pasto Ryegrass, con interacción de NPK y silicio.

NPK	NIVELSI	Medias	n	E.E.	
ALTO	ALTOSI	2,73	6	0,14	A
MEDIO	ALTOSI	2,55	6	0,14	A B
ALTO	MEDIOSI	1,99	6	0,14	B C
MEDIO	MEDIOSI	1,90	6	0,14	B C D
ALTO	BAJOSI	1,43	6	0,14	C D E
BAJO	ALTOSI	1,30	6	0,14	D E
MEDIO	BAJOSI	1,07	6	0,14	E
BAJO	MEDIOSI	1,07	6	0,14	E
<u>BAJO</u>	<u>BAJOSI</u>	<u>0,89</u>	<u>6</u>	<u>0,14</u>	<u>E</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

El análisis de varianza para contenido de Potasio en raíz (Tabla 4) mostro diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,001$ ) para NPK\*nivel Si y la prueba de medias de Tukey (Tabla 8) indica que el tratamiento NPK alto silicio alto con 2.73% es similar al tratamiento NPK medio silicio alto con una media de 2.55% y a su vez estadísticamente diferentes de NPK bajo silicio alto con 1.30% y NPK alto silicio bajo con 1.43% los cuales son estadísticamente diferentes de NPK bajo silicio bajo con 0.89%.

Se establece que tanto NPK medio como NPK alto, actúan de manera similar cuando interactúan con silicio alto, incrementando los porcentajes de potasio en raíz y superando casi en la mitad al tratamiento testigo (NPK alto, en ausencia de silicio).

El incremento anterior, se debe probablemente, a que el silicio agrícola es un potencializador desarrollado para incrementar la absorción radicular de los nutrientes, lo cual mejora los equilibrios de nutrientes alrededor de la raíz, aumentando el desarrollo radicular y potenciando la asimilación de nutrientes en la planta (Hernandez, 2012)



El potasio, es el nutriente que en mayor cantidad se absorbe por los Ryegrass. El potasio tiene varias funciones en la planta y afecta la absorción de otros nutrientes, interviene en la fotosíntesis, en la velocidad de desarrollo y valor nutritivo para el ganado, de aquí radica la importancia de mantener un buen balance de éste nutriente en los pastos y una alternativa para mantener niveles altos de éste en las plantas, se presume, es la fertilización con NPK acompañada de silicio (YARA, 2015)

En estudios realizados se ha encontrado que en las plantas, el potasio y el silicio son asimilados principalmente por las raíces y la capacidad de acumularse en los tejidos es variable (Chiba, 2009) siendo varias las monocotiledoneas acumuladoras de éstos elementos como; *Lolium sp.*, *Avena sp.*, *Oryza sativa*, *Triticum aestivum*, etc. Consideradas plantas acumuladoras de potasio y silicio, con la absorción activa del sistema radicular (Oliveira, 2009).

#### **Contenido de calcio parte aérea (CCaPA) %:**

El Análisis de Varianza para contenido de calcio en la parte aérea, mostro diferencias estadísticas significativas para NPK\*nivel Si. La prueba de comparación de medias de Tukey indica que NPK alto\*nivel Si alto con una media de 0,72% es estadísticamente similar a NPK medio\*nivel Si alto y NPK alto\* nivel Si medio con medias 0.72% ,0.65%, respectivamente y estadísticamente diferente a NPK bajo\* nivel Si bajo con una media de 0.28%. (Tabla 9).

**Tabla 9:** prueba de Tukey para contenido de calcio (%) parte aérea.

<u>NPK</u>	<u>NIVELSI</u>	<u>Medias n E.E.</u>
ALTO	ALTOSI	0,72 6 0,03 A
MEDIO	ALTOSI	0,72 6 0,03 A
ALTO	MEDIOSI	0,65 6 0,03 A B
MEDIO	MEDIOSI	0,57 6 0,03 B C
ALTO	BAJOSI	0,51 6 0,03 C D
MEDIO	BAJOSI	0,43 6 0,03 D E
BAJO	ALTOSI	0,37 6 0,03 E F
BAJO	MEDIOSI	0,29 6 0,03 F
<u>BAJO</u>	<u>BAJOSI</u>	<u>0,28 6 0,03</u> <u>F</u>

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Los tratamientos de mejor resultado son cuando interactúan NPK medio y alto con nivel Si medio y alto, lo cual se le puede atribuir a la acción del silicio ya que el silicio tiene acción sinérgica con el Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo). Los seis elementos presentan una acción sinérgica que optimiza el desarrollo del cultivo y la producción de la cosecha (Pizarro, 2012) hecho corroborado por (sephu, 2009).

Estos elementos son claves en la estructura de las paredes celulares primarias y se encuentra en los pectatos de calcio de la lámina media, que actúa como agente cementante para incrementar la adhesión entre células, dándoles una mejor estabilidad (Chavarriaga, 2008).

Con respecto a lo anterior, las moléculas absorbidas de ácido mono silícico, son acumuladas en los tejidos epidérmicos y forman la cubierta de sílice-celulosa, donde el silicio está ligado con pectina y calcio, como resultado, se forma la doble capa cuticular que protege y refuerza mecánicamente los vegetales (Matichenkov, 2008)

Para (Jones, 2003), el silicio, también interviene en la división y expansión celular. Está ligado a la acción de las auxinas; además, el anión del ácido monosilícico ( $H_4SiO_4$ )- puede reemplazar el anión fosfato  $[HPO_4]^{2-}$  del calcio, magnesio, aluminio, hierro y fosfatos.

(Matichenkov V. , 2004)El silicio también actúa como liberador, 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.

### **Contenido de calcio en raíz en el pasto Ryegrass.**

Para el contenido de calcio en raíz, se encontró diferencias significativas en efectos simples, como NPK con un p-valor de  $<0.0001$ , para fuentes de Si con un p-valor de 0.0053 y para nivel de Si con un p-valor de  $<0.0001$ , en la prueba de medias de Tukey los valores más altos se encuentran en 0.27%,0.30%, 0.28%, respectivamente.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos, no hubo diferencias estadísticas significativas para las variables contenido de calcio en la raíz, posiblemente debido a, que el suelo tubo 4.09cmolcarga/Kg (medio) siendo este

un nivel adecuado para un correcto crecimiento y desarrollo del cultivo, de esta manera se expresó en todos los tratamientos niveles similares de calcio.

### **Contenido de magnesio en parte aérea del pasto Ryegrass:**

No hubo diferencias estadísticas significativas para las variables contenido de magnesio en parte aérea, esto se debe probablemente a que los contenidos de Mg en el suelo fueron 1.519 cmolcarga/Kg (bajo), además el pasto Ryegrass no es muy eficiente para extraer magnesio, adicionándole a esto, los altos niveles de NPK encontrados en el suelo, como en este caso, más los fertilizantes aplicados, pudieron causar que el magnesio descienda dramáticamente. Puesto que según (Ricardo, 1998) asegura que el exceso de elementos mayores como NPK aumentan la proteína de los pastos, pero bajan los contenidos de Mg, por lo que es necesario mantener niveles adecuados de los nutrientes.

### **Contenido de magnesio en raíz en el pasto Ryegrass (CMgPR):**

El Análisis de Varianza para contenido de magnesio en raíz (Tabla 4) mostro diferencias estadísticas significativas ( $P= 0,0399$ ) para NPK\*nivel Si.

**Tabla 10:** Prueba de comparación de medias de Tukey de Contenido de Magnesio en raíz (%) para pasto Ryegrass.

NPK	NIVELSI	Medias n E.E.
ALTO	MEDIOSI	0,17 6 0,01 A
ALTO	ALTOSI	0,16 6 0,01 A
MEDIO	MEDIOSI	0,16 6 0,01 A
MEDIO	ALTOSI	0,15 6 0,01 A
ALTO	BAJOSI	0,12 6 0,01 A B
BAJO	MEDIOSI	0,09 6 0,01 B
MEDIO	BAJOSI	0,08 6 0,01 B
BAJO	BAJOSI	0,08 6 0,01 B
BAJO	ALTOSI	0,08 6 0,01 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

La prueba de medias de Tukey indica que NPK medio silicio medio con 0,16% es igual a NPK alto silicio alto y similar a NPK alto silicio medio con 0,17%. Y a su vez estadísticamente diferente de NPK bajo silicio bajo con 0,08% y de NPK bajo silicio medio con 0,09%.

Se presume que el aumento en la concentración de Mg, se deba a la fertilización con Sí. Respecto a lo anterior (Quero, 2008), señala que la aplicación de silicio a los cultivos induce una distribución uniforme de los nutrientes, lo cual se deba posiblemente al interactuar sinérgicamente con ellos, formando especies iónicas, por lo que es importante considerar la participación del silicio en la movilidad y distribución de los nutrientes catiónicos como el Mg.

## CONCLUSIONES

Se encontró interacción positiva del NPK medio con silicio alto en las siguientes variables: rendimiento de materia fresca (0,20 t/parcela), altura de plantas (106,28cm), contenido de potasio (3,51%), calcio (0,72%), parte aérea y potasio (2,55%), magnesio (0,15%) Parte raíz.

No se encontró diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de silicio utilizadas. Lo cual evidencia que el efecto sinérgico que potencio la productividad del pasto fue el silicio y no el magnesio.

## BIBLIOGRAFÍA

Apraéz, J. (2012). Rendimiento agronomico del pasto Raigras Aubade bajo cinco niveles de porquinaza y fertilizante mineral. Revista de ciencias agrícolas, p.10-15.

Aston, M., y Jones, M. (1976). A study of the transpiration surfaces of Avena sterilis L. var. algerian leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement. Planta, p. 121-129.

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. Pasto: Universidad de Nariño.

Bernal, J. (1998). Fertilizacion de pastos mejorados. Fertilizacion de cultivos de clima frio.

Besford, R. (1986). The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. Ann.Bot, P.343-351.

Bocharnikova, E. (1996). The study of direct silicon effect on root demographics of some cereals. of some cereals.in: proceedings of the Fifth Symposium of the international Society of Root Research.

Borda, O.,2007 citado por UTN. (2011). Efecto del silicio como complemento de la fertilizacion edafica y foliar en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de arbol. repositorio UTN, 2-93.

Borda, O., Baron , F., y Gomez , m. (2007). El Silicio como elemnto benefico en la avena forajera (Avena Sativa L.): respuestas fisiologicas y manejo. Agronomia Colombiana, 273-271.

Borda, O., Baron, F., y Gomez, M. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (Avena sativa L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. Agronomia Colombiana, 3-4.

Borkowska, A. (2013). Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses . *Agrophys*, p.225-232.

Braga, J., & Defelipo, B. (1974). Determinacao espectrofotometrica em extratos de solo e material vegetal. *ceres*.

Caballero, D. (1985). Producción lechera de la Sierra Ecuatoriana. Quito, Ecuador.  
Caicedo, M. (2007). Efecto de la aplicacion de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de de café variedad Colombia. *Agron. 15(1)*.; P27-37.

Camargo, M. (2010). Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. *Bragantia*, p.937-944.

Chavarriaga, W. (2008). Efecto de la Aplicacion de Dosis de Silicio sobre el desarrollo en almacigo de plantulas de cafe Variedad Colombia. *agronomia*, 1-20.  
Chiba, Y. (2009). HvLSi 1 is a silicon influx transporter in barley. *Plant Journal*, 810-818.

Cortes, F., y Viveros, M. (1975). Guia de Laboratorio Universidad de Nariño, 108 p.  
Datnoff, L., Snyder, G., y Korndorfer, G. (2001). *Silicon in Agriculture*. Amsterdam: ELSEVIER SCIENCE.

De La Cruz, M. (2012). Fertilización foliar con potasio, calcio y silicio en Fresa. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.

EFMA. (2006). NUTRICION VEGETEAL. YARA, 5-20.

Filho, O. F. (2010). El silicio y la resistencia de las plantas al ataque de hongos patógenos. *DIATOM*, 5-22.

Funcal, P. Y. (2013). efecto dEL SILICIO y plaguicidas EN LA FERTILIDAD DEL. *Agronomia Masoamericana*, 10-20.

Hernandez, N. D. (2012). USO DE TRES MEJORADORES DE RETENCIÓN DE NUTRIENTES EN EL. Ecuador: cevallos.

Holdridge. (1979). Ecología. IICA, 216p.

Horna, Z. (2007). La palma, 22.

Horna, Z., y Muñoz, M. (2007). resultado de la producción de silicio orgánico en base a la cascarilla (*Oryza sativa* L). arroz Quevedo -ecuador. La palma, 30-32.

IGAC. (2004). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño . INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, Tomo III. 73p.

Kudinova, L. (1975). The effect of silicon on growth , size of leaf area and sorbed surface of plant roots . Agrochemistry, p.117-120.

Loaiza, C. (2003). Fisiología vegetal. Universidad de Caldas, pp. 8-15.

MADR. (2006). MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. consolidado de agricultura Nariño, 5, 13-144.

Marchner, H. (2002). Mineral nutrition of higher plants. Londres: Academic press.  
Matichenkov, V. (2-5 de agosto de 2004). Silicon in Food. Recuperado el 1 de junio de 2015, de Agriculture and Environment. International Conference and Exhibition: [Http://www.sifertilizer.com](http://www.sifertilizer.com)

Matichenkov. (2008). DEFICIENCIA Y FUNCIONALIDAD DEL SÍLICE EN SUELOS,. soilACE, 5-10.

MEJISULFATOS. (20 de octubre de 2014). El silicio en la agricultura moderna. Recuperado el 12 de enero de 2015, de Mejisulfatos Si es eliado verde : <http://mejisulfatos.com/el-silicio-en-la-agricultura-moderna/>

Mitani, N. (2005). Uptake system of silicon in different plant species. Journal of experimental botany, p.1255-1261.



Moncada , J., Puentes, O., y Mesa, J. (1991). EFECTO DEL SILICIO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN UN ADEPT Y UN OXISOL. *Agronomía Colombiana*, 317-32.

Moncada , J., y Puentes, O. (1991). EFECTO DEL SILICIO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN UN ADEPT Y OXISOL. *Agronomía Colombiana*, 317-3321.

Moncada, J. (1991). *Agronomía Colombiana*, 317-321.

Narayan, k. y. (2008). Silicon nutrition and sugarcane production. *Plant Nutrition*.  
Ochoa Posada, S., Ceron, J., Arenas, J., Hamedt, J., y Alvarez, A. (2013). Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium sp.*) en potreros de. *Ciencia Agrarias*, 12-20.

Oliveira, L. (2009). Silicon in bean and rice plants: absorption, transport, redistribution, and tolerance to cadmium. (PhD. Thesis), 1-157.

Pizarro, M. M. (2012). USO DE DIFERENTES DOSIS DE CALCIO Y SILICIO PARA. Tarapoto-Peru: creative commons.

Quero, E. (2006). Silicio en la producción agrícola. *Protección de hortalizas y frutas* , 25:37-41.

Quero, E. (2008). Instituto Tecnológico Superior de Urapan, 3p.

Quevedo, Z. (2007). Efectos del silicio en la producción nutrición vegetal producción del silicio orgánico. 145p.

Rincón, A. (2008). Fertilidad y extracción de nutrientes en la asociación de maíz-pastos en suelos ácidos del Piedemonte Llanero de Colombia. *Agronomía Colombiana* 26 (2), 322-331.

Sanchez, p. (2000). *Suelos del tropico*. IICA, 235.

Sawarkar, M. y. (1985). Effect of silicate and phosphate. Indian: Soil Sci.

sephu. (2009). SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PRODUCTOS HÚMICOS. Zaragoza España: sintes.

SILIFORCE. (15 de octubre de 2011). Silicio en la Agricultura. Recuperado el 28 de 09 de 2015, de Fundación cajamar: <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferecia/01-silicio-en-agricultura-1399454448.pdf>

Snyder, G. (2007). Silicon. Handbook of plant nutrition, p.121-144.

Unigarro, A., y Carreño, M. (2005). Metodos quimicos para el analisis de suelos. Universidad de Nariño. Pasto.

Yamaguchi, T. (1995). Relationship between root respiration and silica: calcium ratio and ammonium concentration in bleeding sap from stem in rice plants during the ripening stage. Jpn. J. Crop Sci., 64: 529-536.

YARA. (2015). Nutrición vegetal de praderas. Bogota: YARA.