

**EVALUACION DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE
HIDROPONICO CON DIFERENTES DOSIS DE SILICIO EN DOS
VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays. L.*) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO**

**ELIZABETH GONZÁLEZ M.
JESÚS CEBALLOS M.**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2014**

**EVALUACION DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE
HIDROPONICO CON DIFERENTES DOSIS DE SILICIO EN DOS
VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays. L.*) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO**

**ELIZABETH GONZÁLEZ M.
JESÚS CEBALLOS M.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar la título de Ingeniera
agronómica**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2014**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

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

Artículo 1^{ro} del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Marzo de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
RESULTADOS Y DISCUSION	11
CONCLUSIONES.....	18
BIBLIOGRAFIA	18

**EVALUACION DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE
HIDROPONICO CON DIFERENTES DOSIS DE SILICIO EN DOS
VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays. L.*) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO¹**

**EVALUATION OF THE PRODUCTION OF GREEN FODDER
HYDROPONICALLY GROWN WITH DIFFERENT DOSES OF SILICON
FROM TWO VARIETIES OF MAIZE (*Zea mays. L*) UNDER GREENHOUSE
CONDITIONS**

**Elizabeth González M.², Jesús Ceballos M.², Orlando Benavides B.³, Germán
Chaves J.³, Carlos Andrés Benavides C.³**

RESUMEN

El trabajo se realizó en un invernadero de 400 m² instalado en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, con el objetivo de evaluar sistemas de producción de forraje verde hidropónico en dos variedades de maíz (morocho blanco y morocho amarillo), utilizando solución nutritiva completa más diferentes niveles de silicio. El diseño experimental fue un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) con arreglo factorial que correspondió a la utilización de dos variedades regionales de maíz (morocho blanco y morocho amarillo), como tratamientos a 3 dosis de silicio aplicadas a la solución nutritiva, (0, 5, 10 ml/bomba de 20L) en cada variedad, los tratamientos contaron con tres repeticiones y la unidad experimental estuvo representada por un contenedor. Las variables evaluadas fueron: Nutrientes, fibra, proteína, peso y altura de plantas. Los resultados obtenidos del análisis bromatológico de nutrientes, fibra y proteína mostraron que la calidad nutricional de los forrajes obtenidos fue similar; en cuanto a la variable altura de plantas el Análisis Comparativo indica que el nivel de Silicio 5ml presento el mejor promedio con una altura de 14,48cm, en comparación con los niveles de silicio 0 y 10ml los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre ellos. Para la variable peso, el nivel de Silicio 5ml presento el mejor promedio con una media de 8,62 Kg, a diferencia de los niveles de silicio 0 y 10ml; La interacción entre variedad y nivel de silicio, mostro que la variedad Morocho Blanco con Silicio 5ml fue mejor que las demás interacciones con una media de 9,93Kg presentando diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás tratamientos los cuales no presentaron diferencias entre sus promedios.

Palabras claves: Morocho blanco, morocho amarillo, silicio.

¹ Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

² Estudiantes Programa Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. E-mail: dianaelgm@hotmail.com; chucho-145@hotmail.com

³ Ingenieros Agrónomos. M. Sc. Docentes Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño
E-mail: Orlando.benavides2@gmail.com; g-ch-j@hotmail.com; carlosandresbenavidesc@yahoo.com

ABSTRACT

This work was implemented in a greenhouse of 400m² located in Botana Experimental Farm of the University of Nariño, with the aim of evaluating hydroponic green fodder systems production in two varieties of corn (white and yellow) using nutrient solution with different levels of silicon (0 , 5, 10 ml / pump 20L) . The experimental design was worked with a unreservedly Random Design (DIA) factorial arrangement which corresponded to the use of two regional varieties of corn (white and yellow morocho), where treatments were for 3 doses of silicon applied to the solution nutritious, (0, 5, 10 ml / pump 20L) for each variety, each counted with treatments and three replications experimental unit was represented by a container. The variables evaluated were: Nutrient, fiber, protein, weight and plant height. The results of the compositional analysis of nutrients, fiber and protein showed that the nutritional quality of forages obtained was similar, in terms of the variable plant height Comparative analysis indicates that the level of Silicon 5ml showed the best average with a height of 14.48 cm, compared with silicon levels 0 and 10ml which had no statistical difference between them. For the variable weight Silicon 5ml level showed the best average with an average of 8.62 Kg, unlike silicon levels 0 and 10ml; The interaction between the silicon level range and I showed that with the variety Morocho White silicon 5ml was better than other interactions with an average of 9.93 Kg presenting statistically significant differences compared to the other treatments which did not differ from their averages.

Key Words: Morocho white, Morocho yellow, Silicon.

INTRODUCCION

El departamento de Nariño, Colombia es considerado como una región típica en la explotación de ganado para leche y especialmente para especies menores como el cuy; cerca del 80 % de las familias que viven en la zona rural mantienen pequeños predios con estas especies. Sin embargo, la alimentación utilizada para estos animales es cada día un problema por los efectos negativos del cambio climático y de los requerimientos agronómicos para la producción de forraje. (AGRONET, 2009)

Lo anterior reviste una importancia real ya que preocupa a los ganaderos y productores de especies menores, dada la creciente variabilidad de climas y las posibles contingencias adversas como plagas y enfermedades e incertidumbre por resistir una situación negativa que represente disminución en los ingresos familiares y deterioro de la producción (Espinoza *et al.*, 2004)

Las variaciones climáticas, aunadas a la baja calidad de los forrajes utilizados en la producción pecuaria, constituyen factores que restringen el desarrollo adecuado de la ganadería nacional. Por ello, los productores agropecuarios suministran a sus animales, dietas suplementarias basadas en

alimentos concentrados según lo manifiestan Espinoza *et al.*, (2004), las cuales cada vez se hacen más costosas, porque los insumos para su elaboración son importados.

El cultivo de plantas con fines forrajeros (maíz, cebada, avena, sorgo y alfalfa), en medio hidropónico, puede resultar provechoso en la alimentación animal, permitiendo cultivar especies altamente productivas en medios artificiales o sustratos, en donde las raíces se desarrollan adecuadamente (Urias, 1997).

La producción de forraje bajo sistemas tradicionales implica una serie de trabajos de adecuación que comprende actividades de preparación de terreno, manejo agronómico del cultivo y obtención de cosechas de forraje que superan en tiempo más de 60 días y la producción por metro cuadrado es mucho menor que en condiciones hidropónicas. Por otra parte para obtener de 1 a 8 kg de materia seca de alimento utilizando cultivos en suelo se emplea un m³ de agua, mientras que utilizando este mismo volumen de agua en forraje verde hidropónico se obtienen alrededor de 100 kg (FAO, 2006).

En la práctica, el Forraje Verde Hidropónico (FVH) consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo (FAO, 2002). Su uso se destina para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves (Müller *et al.*, 2005a; Herrera *et al.*, 2007).

El FVH ofrece una serie de ventajas, como producción forrajera durante todo el año, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, aporte de complejos vitamínicos necesarios, no ocasionan trastornos digestivos y exhiben una rápida recuperación de la inversión (FAO, 2002; Müller *et al.*, 2005b).

Los fenómenos climatológicos, tales como sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas, han venido incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales (FAO, 2006).

Así mismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por períodos prolongados la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales causando en general, alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción. Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas, heno o ensilados. Ello redundaría en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan prevenir pérdidas productivas especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de especies menores (FAO, 2006). Frente a estas circunstancias surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de FVH.

El forraje verde hidropónico efectuado a partir de semillas de maíz, cebada, trigo, etc., aporta en términos generales gran valor nutricional representado en: mayor energía, proteína y digestibilidad según los reportes encontrados en FAO, (2006); Es una alternativa de producción

para los ganaderos y productores de Nariño y del País que mejorarían la alimentación animal, además de ofrecer la ventaja en cuanto al aprovechamiento de toda la estructura de la planta.

Una de las plantas más utilizadas con fines forrajeros ha sido el maíz (*Zea mays* L.) por su elevado valor nutritivo y altos rendimientos permitiendo que en diversos medios de producción hidropónicos, se generen elevados y constantes volúmenes de FVH de maíz, produciendo alimento a la mitad del costo convencional de forrajes cultivados a campo abierto. (FAO, 2006).

Por su parte, los fertilizantes con Silicio asimilable, tanto en forma sólida como líquida, se presentan como una herramienta muy tecnológica para la lucha contra la desertificación y la sostenibilidad de la agricultura intensiva en zonas áridas y semiáridas, así como en cultivos hidropónicos sin suelo. Los beneficios de la mayor concentración de silicio y suministrar minerales ricos en silicio a través de los procesos de fertilización, permiten una solución económica y rentable para la producción agrícola, incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas destacando los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con silicio, (Maíz 15-35%); también se promueven beneficios al suelo para mantener una agricultura sustentable. (Quero, 2007).

La fertilización Mineral con silicio tiene un doble efecto en el sistema Suelo-Planta. Primeramente, la nutrición con silicio al cultivo refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha, la autoprotección contra enfermedades causadas por hongos y bacterias, el ataque de insectos y ácaros y de las condiciones desfavorables de clima, al estimular el desarrollo y actividad de estructuras poliméricas en la cutícula, los tricomas y fitolitos en la superficie de las hojas. En segundo lugar, el tratamiento con sustancias con silicio biogeoquímicamente activo optimiza la fertilidad a través de mejorar la retención y disponibilidad del agua, sus propiedades físicas y químicas y de mantener los nutrientes en forma disponible para la planta. La aplicación de fertilizantes minerales con silicio es obligatoria para una agricultura sustentable y altamente efectiva en cualquier tipo de suelo, sobre todo en aquellos donde el ph es inferior a 6.0. (Rivera, *et. al.*, 2010).

Por lo anterior, se deben implementar alternativas a fin de suministrar recursos alimenticios tales como plantas forrajeras, las cuales, en la mayoría de los casos exhiben elevada calidad nutricional, se producen a bajo costo y son de fácil manejo para la producción animal. Con la implementación de este proyecto, los productores de especies menores podrían emprender procesos de producción que contribuyan a mejorar la alimentación de dichas especies, a obtener forraje verde en menor tiempo que el tradicional en suelo y a soportar la variabilidad del clima.

Dada la necesidad de presentar una solución ante las limitaciones expuestas anteriormente, la presente investigación se orientó en evaluar sistemas de producción de forraje verde hidropónico bajo invernadero en dos variedades regionales de maíz (*Zea mays*. L) (morocho blanco y morocho amarillo), utilizando solución nutritiva completa más diferentes niveles de silicio, determinando la producción de materia seca y nutrientes a partir de análisis bromatológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El trabajo se realizó en un invernadero instalado en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en el Altiplano de Pasto, la cual se encuentra a una altitud de 2820 msnm, con temperatura promedio de 13°C, precipitación media anual de 910,3 mm y humedad relativa de 75% (IDEAM, 2010). Los análisis para contenido de macronutrientes y micronutrientes, fibra y proteína de cada una de las variedades de maíz evaluadas, se realizaron en los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, Sede Torobajo.

Invernadero. El invernadero es una instalación con estructura metálica cuyas dimensiones corresponden a un área de 400 m² y una altura lateral de 3m y altura al centro de 5m; con cubierta de plástico transparente calibre seis con filtro UV y piso en cemento; la orientación del invernadero es de Norte a Sur, teniendo en cuenta la dirección de los vientos. La humedad relativa, la temperatura y la aireación dependen directamente de las condiciones climáticas del invernadero. En el invernadero se dispusieron dos módulos, fabricados en ángulo de aluminio levantados a 30 cm del piso, cada uno con tres niveles los cuales se encuentran a un espacio vertical de 80cm y una pendiente de 1%. Los módulos sirven como soporte para las bandejas, dándoles una profundidad de 3cm. Estos módulos se cubrieron con polietileno negro calibre 2 durante el periodo de germinación de la semilla. Los contenedores correspondieron a bandejas de asbesto cemento, con dimensiones de 60 cm de ancho por 1.60 m de largo y 3 cm de profundidad, en las cuales se depositó la semilla sirviendo como cama para la misma y posterior producción del forraje.

Riego. Se instaló un sistema de riego por nebulización, de acuerdo a las condiciones internas del invernadero y requerimientos del cultivo. Para el equipo de riego se utilizó manguera de 16 milímetros de diámetro y 25 metros de longitud para cada módulo, de la cual estuvieron suspendidos los micro aspersores ubicados a 40 cm de altura de las bandejas de cultivo; además se acopló un filtro de malla ubicado en la tubería principal para evitar la entrada de impurezas a los aspersores.

Diseño Experimental. Se trabajó con un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) con arreglo factorial el cual correspondió a la utilización de dos variedades regionales de maíz (morocho blanco y morocho amarillo), donde los tratamientos correspondieron a 3 dosis de silicio aplicadas a la solución nutritiva, (0, 5, 10 ml/bomba de 20L) en cada variedad, cada uno de los tratamientos conto con tres repeticiones y la unidad experimental estuvo representada por un contenedor.

Material vegetal. Las variedades regionales de maíz (morocho blanco y morocho amarillo) empleadas en el experimento correspondieron a aquellas que son de común utilización por los ganaderos del departamento de Nariño consideradas como de buena producción de forraje. En el ensayo se utilizó un total de 54 Kg de semilla para las 18 bandejas, siendo 27 Kg de cada variedad, 9 Kg por cada tratamiento y 3 Kg por cada bandeja.

Preparación de la semilla. Esta actividad consistió en romper el estado de latencia, en que se encontraba la semilla; para esto se imbibieron durante un periodo de 24 horas según lo

recomendado por Quispe A. (2011), lo cual además permitió retirar las impurezas y semillas vanas.

Siembra. Cumplido el tiempo de imbibición se procedió a depositar la semilla homogéneamente en las bandejas (3 kg semilla de maíz por bandeja) tapándose posteriormente con plástico negro para mantener humedad y temperatura ambiental requeridas por el maíz. Cuando se logró un 95% de germinación se retiró el plástico quedando expuestas a condiciones de humedad y temperatura adecuadas para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cada bandeja

Solución nutritiva. La solución nutritiva empleada correspondió a una formula soluble NPK (25-5-5), la cual fue enriquecida con una fuente de Silicio soluble para efectos del estudio de acuerdo a la propuesta según los tratamientos. La aplicación de estos fertilizantes se realizó utilizando una bomba de 5 litros de acuerdo a las dosis de estudio. Las dosis de fertilización planteadas se aplicaron dejando un día por medio y las concentraciones de silicio fueron aplicadas a los 10 y 18 días después de la germinación.

Variables Evaluadas

Análisis de nutrientes, fibra y proteína.

El análisis de nutrientes, fibra y proteína en el forraje se realizó mediante análisis bromatológico, utilizando como métodos de evaluación los siguientes: digestión ácido-base para fibra, Kjeldahl para proteína y digestión vía húmeda para nutrientes, realizando la posterior lectura de los diferentes extractos en el espectrofotómetro de absorción atómica. Las muestras analizadas se tomaron de la parte central de un área de 15cm² de cada bandeja, con el fin de evitar el efecto de borde.

Peso y Altura

La altura y peso fresco fueron medidos de la muestra central al final del experimento, al momento de la cosecha (25 días después de germinación) de cada una de las unidades experimentales.

Análisis estadístico.

Los datos obtenidos se sometieron a un Análisis de Varianza. Aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas significativas se sometieron a la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Nutrientes, fibra y proteína

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis bromatológico de nutrientes, fibra y proteína en el FVH la calidad nutricional de los forrajes obtenidos fue similar (Tablas 1 -2). Lo anterior evidencia que cualquiera de las variedades utilizadas para este ensayo son adecuadas para la

producción de FVH ya que ambas poseen buena calidad nutricional de acuerdo con los reportes dados por estudios realizados por la FAO (2006), en donde se menciona que un forraje de buena calidad se determina por el estado fenológico de la planta, lo que indica que a mayor madurez menor valor nutricional. Los forrajes jóvenes poseen buenas cantidades de fibra, proteína y grasas, factores que determinan la calidad del forraje lo cual se verá reflejado en la alta digestibilidad por parte las especies a las cuales les sea suministrado.

Tabla 1. Reporte de Resultados Laboratorio de Bromatología para la variedad de Maíz Morocho blanco.

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE DE DETECCION	MAIZ HIDROPONICO	
					B.H	B.S
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	82,36	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	17,63	
Extracto etéreo	Extracción soxhlet	Gravimétrica	g/100g	-	0,94	5,30
Fibra cruda	Digestión ácido-base	Gravimétrica	g/100g	-	2	11,3
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Volumétrica	g/100g	-	2,48	14,06
Fibra detergente neutro	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	-	6,11	34,60
Fibra detergente ácido	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	-	2,08	11,83
Hemicelulosa	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	-	4,02	22,83
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g	-	0,04	0,21
Fosforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Espectrofotométrica	g/100g	-	0,08	0,43
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g	-	0,03	0,18
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g	-	0,13	0,72
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	Espectrofotométrica	g/100g	-	0,03	0,16
Hierro	Oxidación	Espectrofotométrica	mg/Kg	-	18,33	1,04

	húmeda, EAA					
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	1,67	9,53
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	8,33	47,2
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	0,83	4,76

FUENTE: Laboratorios Especializados- Universidad De Nariño

Tabla 2. Reporte de Resultados Laboratorio de Bromatología para la variedad de Maíz MorochoAmarillo.

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE DE DETECCION	MAIZ HIDROPONICO	
					B.H	B.S
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	83,3	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	16,7	
Extracto etéreo	Extracción soxhlet	Gravimétrica	g/100g	-	0,85	5,12
Fibra cruda	Digestión ácido-base	Gravimétrica	g/100g	-	1,77	10,66
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Volumétrica	g/100g	-	2,16	12,96
Fibra detergente neutro	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	-	5,69	34,13
Fibra detergente ácido	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	-	1,95	11,7
Hemicelulosa	Van Soest Secuencial. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	-	3,74	22,43
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	g/100g	-	0,04	0,24
Fosforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Espectrofotometrica	g/100g	-	0,08	0,47
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	g/100g	-	0,03	0,17
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	g/100g	-	0,14	0,83
Azufre	Oxidación húmeda,	Espectrofotometrica	g/100g	-	0,03	0,18

	Turbidimetría					
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	23,86	1,42
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	2,07	12,49
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	10,1	60,96
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometrica	mg/Kg	-	0,76	4,56

FUENTE: Laboratorios Especializados- Universidad De Nariño

El maíz blanco no posee mayor valor nutricional o cantidad de fibra que el amarillo aseguran estudios de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de SAGARPA. (FAO, 2006).

Según FAO y CIMMYT, (1997) desde el punto de vista biológico y genético, el maíz blanco es muy similar al amarillo, si bien hay una diferencia en la apariencia a causa de la ausencia de los pigmentos de aceite de carotina que originan el color del grano amarillo. Las condiciones de producción y los métodos de cultivo son en gran medida idénticos.

La edad o estado de madurez de la planta es tal vez el más importante y determinante de la calidad nutritiva del forraje. Durante el proceso de crecimiento de la planta, después del estado foliar inicial hay un rápido incremento de materia seca y un cambio continuo en los componentes orgánicos e inorgánicos. A medida que avanza el estado de madurez, la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) ocurren en mayor velocidad que el incremento de los carbohidratos solubles; además, los componentes nitrogenados progresivamente constituyen una menor proporción de materia seca. Esto se debe a la pérdida de hojas como al aumento progresivo de la lignina, uno de los componentes estructurales que forman parte esencial de la membrana celular, el cual dificulta la digestión y disminuye el valor nutritivo de los pastos. (Pírela, 2005).

Altura de plantas

Con base en los resultados del análisis de varianza (Tabla 3), se observaron diferencias estadísticas altamente significativas en el nivel de silicio (N Si). Con respecto a la variedad y a la interacción variedad por nivel de silicio (VAR* N Si) no se presentaron diferencias significativas en la variable altura.

Tabla 3. Análisis de varianza de la producción de forraje verde hidropónico del efecto de la dosis de Silicio sobre la altura y el peso de planta de maíz (*Zea mays. l.*) (cm), variedades Morocho Blanco y morocho amarillo, bajo condiciones de invernadero.

F.V.	gl	Altura	Peso
Modelo.	5	17,82	4,65
VARIEDAD	1	9,83 ns	3,04 ns
N Si	2	35,61**	6,42**
VAR*N Si	2	4,03ns	3,69 *
Error	12	3,95	0,85
Total	17		

* = Diferencias significativas; $p < 0,05$ ** = Diferencias Altamente significativas; $p < 0,01$
ns = Diferencias no significativas

Como se indica en la Tabla 4, El Análisis Comparativo de cuadrados medios, indica que el nivel de Silicio 5ml presento el mejor promedio con una altura de 14,48cm, en comparación con los niveles de silicio 0 y 10ml los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, con alturas de 10.52cm y 10.05cm respectivamente, lo cual evidencia el efecto positivo que ejerció la concentración de silicio nivel medio (5ml) para esta variable.

Como lo menciona Horna, (2007) muchas especies acumulan concentraciones apreciables de silicio en sus tejidos y mejoran su crecimiento y fertilidad cuando se les suministra cantidades adecuadas de silicio. El silicio se deposita en forma amorfa en las paredes celulares. Contribuye con las propiedades mecánicas de la pared como son la rigidez y la elasticidad. 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 buliformes y en el xilema.

Según Reina (2010) La presencia de Silicio en las plantas, hace que de las hojas y tallos se incremente la cantidad de oxígeno que expulsan las plantas hacia la raíz llegando al parénquima, oxidando de ésta manera la rizosfera logrando que el Fe y Mn reducido se oxide, evitando una excesiva toma de éstos elementos que pueden llegar a ser tóxicos para la planta. El Silicio refuerza en la planta su capacidad de distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha, tiene acción sinérgica con el Calcio, el Magnesio y el Potasio, mejorando la vida media de las cosechas percederas, incrementando la eficiencia de las prácticas de post-cosecha. (Quero y Cárdenas, 2007).

En las gramíneas el Si se acumula en cantidades mayores que cualquier otro elemento inorgánico. Excepto en ciertas algas, diatomeas y equisetáceas (cola de caballo), el Si no es considerado un elemento esencial para las plantas. Como resultado de esto, el Si es omitido en la formulación de soluciones de cultivo de uso rutinario y no es considerado en muchas investigaciones de fisiología vegetal. Sin embargo, las evidencias muestran que las estructuras de las plantas que crecen en ausencia de Si frecuentemente son más débiles y su crecimiento, desarrollo, viabilidad y reproducción son anormales, son más susceptibles al estrés abiótico, como toxicidad por

metales, fácilmente invadidas por organismos patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros. La mayoría de estas respuestas se observan en plantas que crecen en suelos pobres en Si (Epstein, 1994).

Para Moyeja, (2006) las plantas con deficiencia o exceso en silicio son quebradizas y susceptibles a enfermedades fúngicas.

Tabla 4. Análisis comparativo (Test de Tukey) de la producción de forraje verde hidropónico del efecto de la dosis de Silicio sobre la altura de planta de maíz (*Zea mays. L.*) (cm), variedades Morocho Blanco y morocho amarillo, bajo condiciones de invernadero.

N Si	Medias	.
Silicio 5ml	14,48	a
Silicio 0ml	10,52	b
Silicio 10ml	10,05	b

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

Peso de plantas

En la Tabla 3 se puede observar que se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en el nivel de silicio (N Si) y diferencias significativas en la interacción entre variedad y nivel de silicio (VAR* N Si) Con respecto a la variedad no se presentaron diferencias significativas en la variable peso.

Como se muestra en la Tabla 6, El Análisis Comparativo para la variable peso de planta indica que el nivel de Silicio 5ml presento el mejor promedio con una media de 8,62 Kg, a diferencia de los niveles de silicio 0 y 10ml los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos, con medias de 6,83 Kg y 6,82 Kg respectivamente.

Tabla 6. Análisis comparativo (Test de Tukey) de la producción de forraje verde hidropónico del efecto de la dosis de Silicio sobre el peso de planta de maíz (*Zea mays. L.*) (cm), variedades Morocho Blanco y morocho amarillo, bajo condiciones de invernadero.

N Si	Medias	.
Silicio 5ml	8,62	a
Silicio 0ml	6,83	b
Silicio 10ml	6,82	b

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

De acuerdo a lo mencionado por Cázares, (2010) las dosis adecuadas de silicio incrementan la resistencia de la planta a las condiciones adversas del clima (estrés y heladas), incrementando el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40%. Además de evitar el volcamiento en las gramíneas y el desgarre de las ramas fructíferas en las dicotiledóneas. También ayuda al desarrollo del sistema radicular de la planta y puede incrementar la masa de raíces de un 50 a 200%, por lo que también estimula el macollamiento, lo que no sucede con las plantas con deficiencia o exceso en silicio puesto a que estas son quebradizas y susceptibles a plagas y enfermedades.

En Colombia se vienen realizando estudios preliminares en algunos cultivos a nivel extensivo, pero son resultados hasta ahora incipientes, con los cuales se han obtenido datos con la aplicación de silicio; a manera de ejemplo se pueden mencionar algunos con aplicación edáfica en el Valle del Cauca, donde se lograron incrementos de 20 a 40 toneladas de caña por hectárea y entre el 0.5y 2.0 de azúcar. En arroz incrementos del 20 a 40 sacos de 62.5 kg por hectárea y mejorando la calidad de trilla. De la misma forma en maíz lograron incrementos entre 500 y 1000 kg de maíz por hectárea y en general las gramíneas al ser las más estudiadas a nivel mundial, reporta un incremento el 10% y 20% de incremento en la producción (Reina, 2010).

Tabla 7. Análisis comparativo (Test de Tukey) de la producción de forraje verde hidropónico del efecto de la dosis de Silicio sobre las variedades de maíz (*Zea mays. l.*) Morocho Blanco y morocho amarillo, bajo condiciones de invernadero.

VAR	*	N Si	Medias
MB		Silicio 5ml	9,93 a
MA		Silicio 5ml	7,30 b
MA		Silicio 0ml	6,90 b
MA		Silicio 10ml	6,83 b
MB		Silicio 10ml	6,80 b
MB		Silicio 0ml	6,77 b

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

La interacción entre variedad y nivel de silicio (VAR* N Si) (Tabla 7), mostro que la variedad Morocho Blanco con Silicio 5ml fue mejor que las demás interacciones con una media de 9,93Kg presentando diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás tratamientos los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sus promedios que variaron entre 6,77 y 7,30 Kg.

El silicio juega un papel muy importante en las plantas. Este elemento controla el desarrollo del sistema de raíz, incrementa la resistencia de las plantas al estrés abiótico (alta y baja temperatura, viento, alta concentración de sales y metales pesados, hidrocarburos, aluminio, etc.), y bióticos (insectos, hongos, enfermedades, etc.). El silicio no está considerado en la agricultura como un

microelemento esencial en el desarrollo de las plantas cultivadas, pero las principales gramíneas (arroz, caña de azúcar, sorgo, maíz, trigo, millo, avena), forrajeras (kikuyo, bermuda, alfalfa), frutales (mango, aguacate, plátano, banano, feijoa), y otras como tomate, pepino, algodón, frijol y crucíferas, responden con mayor productividad y sanidad vegetal al aumento de silicio activo disponible en el suelo. (Reina, 2010).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico de nutrientes, fibra y proteína en el FVH mostraron que la calidad nutricional de los forrajes obtenidos tanto para morocho blanco como amarillo fue similar lo cual evidencia que cualquiera de las variedades utilizadas para este ensayo son adecuadas para la producción de FVH ya que ambas poseen buena calidad nutricional de acuerdo con los parámetros teóricos.

La aplicación de nivel medio de silicio (5ml) presento los mejores resultados en las variables peso y altura para las dos variedades de maíz, siendo esta una dosis adecuada para la producción de FVH.

Los análisis realizados respecto al efecto de la dosis de silicio por la variedad en el peso de plantas muestra la capacidad que posee la variedad morocho blanco de asimilar mejor este nutriente representándolo en su mayor ganancia de peso lo cual no se observó en la variedad morocho amarillo en donde no hubo diferencias significativas.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ AGRONET, 2009. Sistema de información de precios e insumos y factores asociados a la producción. Disponible en : <http://agronet.gov.co/>
- ✚ CAZAREZ, J. 2010. Con silicio, hasta 24 toneladas de maíz por hectárea. El Diario. Los Mochis México. Disponible en: <http://www.eldiariodelosmochis.com.mx/movil/publicacion.php?id=50256>. consulta noviembre 2013.
- ✚ EPSTEIN, E. 1994 The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91: 11–17
- ✚ ESPINOZA, F., ARGENTI, G., URDANETA, C., ARAQUE, A., FUENTES, J., PALMA, C., Y BELLO, C. 2004. Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. Revista Zootecnia Tropical., 22(4): 303-315.

- ✚ FAO y CIMMVT, 1997.El maíz blanco Un cereal de consumo humano tradicional en los países en desarrollo. En: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/w2698s/w2698s00.pdf>. Consulta octubre 2013

- ✚ FAO, 2006. Manual técnico forraje verde hidropónico. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago- Chile. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/009/ah472s/ah472s00.htm>. consulta septiembre 2013

- ✚ FAO. 2002. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile, Chile.

- ✚ HERRERA, A., DEPABLOS, R., LÓPEZ, M., BENEZERRA, G., y RÍOS, L. 2007. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso.Revista Científica FCV-LUZ, XVII (4): 372-379.
- ✚ **HORNA, R. 2007. Efectos del silicio en la nutrición vegetal- producción de silicio orgánico. Agripitus. Quevedo Ecuador. Disponible en:**
[http://www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec/eventos/2007/congreso_biotechnologia/biotechnologia/archivos/832.pdf)
[/eventos/2007/congreso_biotechnologia/biotechnologia/archivos/832.pdf](http://www.uteq.edu.ec/eventos/2007/congreso_biotechnologia/biotechnologia/archivos/832.pdf).
Consulta noviembre 2013

- ✚ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2010. Pasto Nariño. Boletín divulgativo de información climatológica anual.
- ✚ **MOYEJA, J 2006. Nutrición Vegetal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP); Universidad De Los Andes (ULA). Mérida Venezuela.**
Disponible en:
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/18585/2/articulo3.pdf>.
Consulta enero 2014

- ✚ MÜLLER, L.; MANFRON, V.; SANTOS, S.; MEDEIROS, V.; HAUT, D.; DOURADO, E.; BINOTTO, E., y. BANDEIRA, A. 2005 a. Produção e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho, *Zea mays* L., com diferentes densidades de semeadura e datas de colheita. Revista Zootecnia Tropical. 23(2): 105-119.

- ✚ MÜLLER, L.; SANTOS, S.; MANFRON, V.; HAUT, D.; BINOTTO, S.; MEDEIROS, V., y DOURADO, E. 2005 b. Produção e qualidade bromatológica de gramíneas em sistema hidropônico. Uruguaiana, Revista da FZVA (Brasil), 12(1): 88-97.

- ✚ PIRELA, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Instituto nacional de investigaciones agrícolas. Disponible en: <http://www.avpa.ula.ve>. Consulta febrero 2014.

- ✚ QUERO, G., y CARDENAS V. 2007 Nueva tecnología para incrementar la producción agrícola tecnificada y tradicional y mejorar la calidad agrícola de los suelos, Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. Michoacán México.

- ✚ QUERO, G. 2007. Fertilización para el crecimiento germinativo en cultivos bajo invernadero. División de Investigación, Instituto Tecnológico Superior de Uripan. Michoacán México.

- ✚ QUISPE, A.2011. Forraje verde hidropónico. Centro De Investigación De Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. En: [http://www. Lanolina.edu.pe](http://www.Lanolina.edu.pe)
- ✚ REINA, H. 2010. **Importancia del silicio en suelo y plantas. Disponible en: http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=37011. Consulta noviembre 2013**

- ✚ RIVERA, A.; MORONTA, M.; GONZÁLEZ, M.; GONZÁLEZ, D.; PERDOMO, D.; GARCÍA, D.; y HERNÁNDEZ, G. 2010 Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. Revista. Zootecnia Tropical., 28(1): 33-41. 2010

- ✚ URIAS, E. 1997. Hidroponía. Como cultivar sin tierra. Red de Hidroponía. Lima, Perú.