

EVALUACIÓN PRODUCTIVIDAD DEL ENSILAJE DE MAÍZ (Zea mays) PARA LA ALIMENTACIÓN BOVINA EMPLEANDO AGRICULTURA DE PRECISIÓN

EVALUATION OF MAIZE SILAGE PRODUCTIVITY (ZEA MAYS) FOR BOVINE FEED USING PRECISION AGRICULTURE

Octavio Clavijo Cabrera¹
Rafael Morantes Daza²

Recibido: 26-09-2016 Aceptado: 21-12-2016

Resumen

En el sector ganadero, las condiciones actuales de producción de forraje verde mediante ensilado de maíz (Zea mays) no es rentable, debido a los altos costos de producción y a la baja productividad establecida mediante el manejo tradicional del cultivo de maíz. El presente estudio tiene por objeto evaluar la producción por área de maíz, sin incrementar los costos, aplicando principios de Agricultura específica por sitio, mediante un manejo agronómico específico por sitio de producción y evitar consecuencias como bajos ingresos al productor y deterioro de las condiciones agroambientales de los lotes.

El estudio realizado con aprendices del Tecnólogo en Producción Agropecuaria Ecológica, consistió en determinar el contenido de nutrientes en el suelo utilizando un muestreo segmentado estadísticamente para fertilizar cada fracción de acuerdo con los requerimientos del cultivo; aplicando los nutrientes de forma racional en cada sector del lote, grado y dosis necesario para una alta producción de forraje, es decir, que la productividad se incrementa al utilizar la agricultura de precisión en la producción de maíz, con fines de ensilaje

Palabras claves: Alimentación Bovina, Agricultura de Precisión, Cosecha, Ensilajes de Maíz,

Abstract

In the livestock sector, the current conditions for the production of green fodder by means of maize silage (Zea mays) are not enough profitable due to the high production costs and the low productivity established through the traditional management of the maize crop. The objective of this study is to evaluate the production per maize area, without increasing costs,

1. Colombiano, Médico veterinario, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA) Grupo de Investigación Nova. La Plata, Huila. oclavijo@sena.edu.co, Tel: 56 – 3122104086

2. Colombiano, Ingeniero Agrónomo; Especialista Tecnológico en Agricultura Específica Por Sitio, Gestor Unidad de Emprendimiento (SENA), Grupo de Investigación Nova, La Plata, Huila. rafamorantes@misena.edu.co Tel: 56 – 83166839999

applying specific principles of Site-specific Farming, through a specific agronomic management per production site and thus avoid consequences such as low income to the producer and deterioration of agrienviromental conditions of the lots.

The study was carried out with apprentices of the Technologist in Ecological Agricultural Production. The study consisted in determining the content of nutrients in the soil using a statistically segmented sampling to fertilize each fraction according to the requirements of the crop; by applying the nutrients rationally in each sector of the lot, in a the necessary grade and dose for a high forage production.

Keywords: Agriculture, Bovine Food, Harvesting, Silage, Corn, Precision

Introducción

El mayor inconveniente en la producción de Silo de Maíz es el elevado costo de producción en la etapa de obtención del cultivo cuando como se realiza de forma convencional en la actualidad (Rodríguez, 2008); excluyendo actividades como el suministro adecuado y oportuno de fertilizantes al cultivo mediante un análisis previo de suelos. Tradicionalmente el muestreo de suelos se ha realizado aplicando el concepto matemático del promedio (Espinosa, 2012), concepto que en la práctica trae como CONSECUENCIA UNA ALTA HETEROGENEIDAD DE RESPUESTA DE LA MASA VEGETAL AL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN ES MANEJAR EN FORMA ESPECÍFICA POR SITIO LA ADICIÓN DE NUTRIENTES AL CULTIVO CON LA UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS CLAVES DENTRO DEL SISTEMA COMO LO SON EL GPS PARA EL GEO-POSICIONAMIENTO, (García, Flego, 2008). TENIENDO UNA RESPUESTA HOMOGÉNEA DEL CULTIVAR. Como consecuencia de lo anterior se presenta una alta producción de biomasa por área sembrada (Segura, 2010), lo que ocasiona que se alcance el punto de equilibrio económico que lo haga rentable para el productor y su familia.

El estudio se realizó en La Granja del SENA, finca la Victoria, vereda la Azufrada, a 75°52'03,3", a 1.173 ms.n.m., con una temperatura promedio de 22 °C y una precipitación promedio anual de 1.057mm. El lote donde se realizó la investigación, ha sido utilizado

para la producción de maíz con fines de ensilaje en forma tradicional, con la metodología empleada se logró alcanzar una mayor producción por área, con los mismo costos empleados anteriormente, aumentando los ingresos económicos. En el área de estudio se realizaron siembras tradicionales que al aplicar la agricultura de precisión se obtuvo el 21.35% más de producción.

1. Materiales y métodos

En la realización del estudio, se utilizaron materiales empleados en la zona y de fácil adquisición por los productores de la región, para que quienes deseen replicar el trabajo lo puedan hacer sin mayor dificultad.

1.1. Materiales

Semilla de maíz ICA-V-305, bolsas plásticas de un kilogramo nuevas, Penetrómetro para medición de compactación del suelo, análisis de suelos parcial (Carrillo P, 1995), balanza con capacidad de 25 kilos, bolsa plástica de polietileno negro con capacidad de 40 kilos, banda elástica para amarre, GPS-garmin, equipo de cómputo.

1.2. Variable evaluadas

Las variables evaluadas en la investigación fueron: compactación del suelo, en Newton/cm², para estimar la dificultad de crecimiento de las raíces del cultivo de maíz; Color-textura al tacto, propiedad física del suelo que permite rápidamente observar cambios en el tipo de suelos; Análisis de suelos parcial para determinar las cantidades de los nutrientes mayores y secundarios presentes en el suelo para realizar la fertilización de acuerdo al requerimiento del cultivo (Espinosa, 2006) y Producción de forraje verde (Kg) para medir la respuesta del cultivo de acuerdo al suelo y fertilización.

1.3. Metodología

Inicialmente se realizó la medición del lote mediante un GPS-Garmin, para determinar el área, que correspondió a 1.420 m². Luego se procedió a calcular el tamaño de grilla, empleando el concepto estadístico de tamaño de muestra, con un Nivel de Confianza del 90%, proporción del 50% y precisión

del 10,0%, para un tamaño de muestra de 64,62 m² y una distancia de grilla de 8,04 metros.(Sánchez, Ligarreto, Leiva, 2012)

1.3.1.Compactación del suelo, en Newton/cm2.



Figura 1. Medición de la resistencia del suelo a ser roturado

La evaluación de la compactación del suelo se realizó en cada uno de los puntos de muestreos determinados en la grilla, mediante un Penetrómetro, el cual mide la resistencia del suelo a ser roturado en Newton/cm².

Para la preparación del suelo se realizó una arada con cincel rígido a una profundidad de 20 cm y luego se hicieron dos pases de rastrillo, cruzados, con intervalo de 15 días.

En el mismo punto donde se determinó la resistencia del suelo a ser roturado, se procedió a tomar las muestras de suelo, utilizando un barreno Holandés. (Carrillo ,Suárez, Sanz ,1995).



Figura 2. Toma de muestras de suelos

1.3.2. Color-textura al tacto.

Cada una de las muestras de suelo se empacó en bolsas nuevas de forma independiente para luego construir una “maqueta de suelos” y congregar mediante la propiedad física del color. Se realizó la agrupación de muestras idénticas, asignando las letras A, B y C para identificar los sublotes.

1.3.3. Análisis de suelos parcial

Las muestras de suelo A, B y C se enviaron al laboratorio de suelos para determinar los principales contenidos de: Acidez (pH), Nitrógeno total (N), Fósforo (P₂O₅), Potasio (K₂O), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Producción (Kg).

1.3.4. Fertilización y Siembra

Inicialmente se trazaron los surcos cada 60 cm, para colocar al fondo el fertilizante de la pre siembra, se tapó con suelo y se sembraron dos granos de maíz cada 20 cm, las siguientes fertilizaciones se realizaron espaciadas cada 15 días, colocando el fertilizante en banda a 10 cm del sur.(Torres, 2012).

De acuerdo con los análisis de suelo, se realizaron las siguientes aplicaciones de fertilización:

Tabla 1. Fertilización lote “A”

LOTE A	DAP (Kg*)	KCl (Kg*)	ÚREA (Kg*)	TOTAL	Grs/m
1 abonada	20	5	0	25	18
2 abonada	0	7	8	15	11
3 abonada	0	7	12	19	14
TOTAL (Kg*)	20	19	20	59	

* Producto comercial

Tabla 2. Fertilización empleada en lote "B"

LOTE B	DAP (Kg*)	KCl (Kg*)	ÚREA (Kg*)	TOTAL	Grs/m
1 abonada	20	5	0	25	89
2 abonada	0	6	7	13	46
3 abonada	0	6	10	16	57
TOTAL (Kg*)	20	17	17	54	

* Producto comercial

Tabla 3. Fertilización empleada en lote "C"

LOTE C	DAP (Kg*)	KCl (Kg*)	ÚREA (Kg*)	TOTAL	Grs/m
1 abonada	19	4	0	23	33
2 abonada	0	4	9	13	19
3 abonada	0	4	14	18	26
TOTAL (Kg*)	19	12	23	54	

* Producto comercial

Durante el periodo de desarrollo vegetativo, al cultivo se le realizaron prácticas de control cultural y físico, tanto para arvenses como para plagas.

1.5 . Cosecha

El lote fue cosechado a los 100 días de la siembra; realizando esta labor a ras de tierra, empleando como herramienta un machete y recolectando la totalidad de la planta (tallo, hojas, mazorcas e inflorescencia). El grano de maíz presentaba un estado pastoso-lechoso.

1.6. Ensilado

El material recolectado en campo se transportó al área de corte. Para esta labor, se utilizó una maquina pica pasto, obteniendo un material de 3-4 centímetros de longitud. El material picado se empacó en bolsa plástica negra, calibre 6, mediante el uso de máquina Silopack, con un peso promedio de 40 kilogramos por bolsa, selladas mediante amarre a mano con fibra de polipropileno.

La variable ambiental de pluviometría, durante el estudio, fue de 783 mm.

2. Resultados

Para la evaluación de los datos obtenidos en las diferentes variables estudiadas, se construyeron

tablas de frecuencia, análisis de regresión y varianza.

2.2. Resultados de la compactación del suelo

Se define la compactación del suelo como a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de tierra debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Esta se puede medir como la cantidad de fuerza que se debe realizar sobre un área y se expresa en Newton/centímetro cuadrado (Nwt/cm²)

La mayor resistencia del suelo se presentó en el 8% del área del lote con un rango de 837 a 903 Newton/cm², siendo la resistencia menor de 100 Newton/cm², que correspondió a un 12% del área; el 80% restante está comprendido entre 100 a 837 Newton/cm².

De acuerdo con los anteriores resultados, se decidió utilizar el arado de cincel en la preparación del suelo.



Figura 3. Mapa de compactación de suelos, en Newton/cm²,. Granja La Victoria. La Plata Huila -2015

2.3. Resultados Variabilidad del suelo, por color-textura al tacto

De acuerdo con la grilla de muestreo construida (Rodríguez), se tomaron muestras de suelo debidamente rotuladas para luego montar una “maqueta de suelos” y realizar la segmentación de las muestras mediante la propiedad física del color, identificando claramente tres (3) tipos de color, a los cuales se les asignaron las letras A, B y C para enviar al laboratorio de suelos.

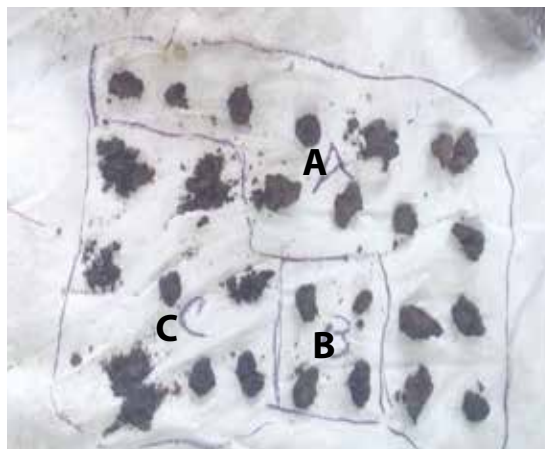


Figura 4. Maqueta de Suelos – Segmentación.

2.4. Resultados Análisis de suelos

Tabla 4. Resultados de Laboratorio del Análisis físico-químico de Suelos

Muestra	pH	M.O %	Aluminio (Al ₃ ⁺)	Amonio (NH ₃ -N)	Nitratos (NO ₃ -N)	Nitritos (NO ₂ -N)	Nitrógeno total	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca ²⁺)
A	5,2	2,6	150	10	15	1	26	7,5	40	2800
B	5,0	4,6	0	40	5	1	46	7,5	55	1400
C	5,0	1,6	300	5	10	1	16	10	80	2800

Muestra	Magnesio (Mg ²⁺)	Densidad Aparente	% satur de humedad	C.E	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura
A	5	1	48	100	55,23	26,01	18,76	FAr
B	5	1	50	100	51,09	28,75	20,16	FAr
C	5	1	50	100	47,23	34,01	18,76	FAr

Acidez (pH): la acidez del suelo, medida como Potencial de Hidrógeno (pH) estuvo comprendida entre 5,0 a 5,2, que se interpreta estadísticamente como sin diferencias.

Nitrógeno Total-N (ppm): al revisar los contenidos de Nitrógeno total (ppm), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sublotes que conforman el lote de producción de maíz para ensilaje, con valores de 16 ppm a 46 ppm, lo que implica la adición diferenciada de fertilizantes nitrogenados.

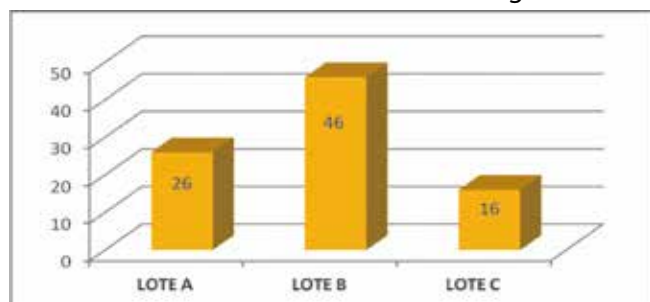


Figura 5. Contenido de nitrógeno total (ppm). Granja La Victoria. La Plata -2015

Fósforo (P₂O₅): los resultados encontrados en cuanto a los contenidos de fósforo, estuvieron entre 7,5 a 10,0 ppm, que correspondió a contenidos bajos. El 67% del área presenta contenidos de 7,5 ppm, mientras el restante 33% correspondió a 10,0 ppm, presentándose diferencias estadísticamente altamente significativas, es decir la adición de fertilizantes fosfatados debe hacerse en forma localizada, variando las dosis, de acuerdo a los contenidos encontrados en el suelo.

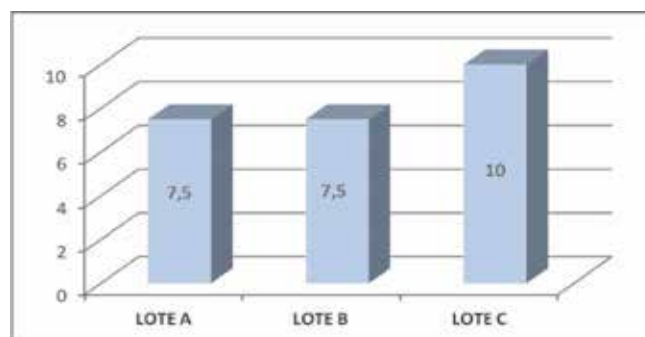


Figura 6. Contenido de Fósforo (P₂O₅) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Potasio (K₂O): La evaluación del contenido de Potasio se enmarcaron entre 40 y 80 ppm. que correspondería a contenidos bajos. El 67% del área presenta contenidos inferiores a 57,2 ppm, mientras el restante 33% correspondió a 80,0 ppm, presentándose diferencias estadísticamente altamente significativas; es decir, la adición de fertilizantes potásicos debe hacerse en forma localizada, variando las dosis, de acuerdo a los contenidos encontrados en el suelo.

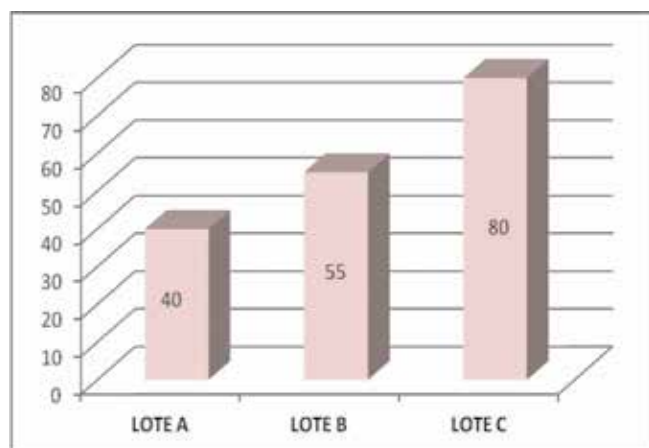


Figura 7. Contenido de Potasio (K₂O) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Calcio (Ca⁺⁺): los contenidos de calcio encontrados en las muestras, estuvieron entre 1.400 a 2.800 ppm, que corresponde a contenidos altos en el suelo. El 33% del área presenta contenidos de 1.400 ppm, mientras que el 67% correspondió a 2.800 ppm, presentándose diferencias estadísticamente altamente significativas entre los sublotes.

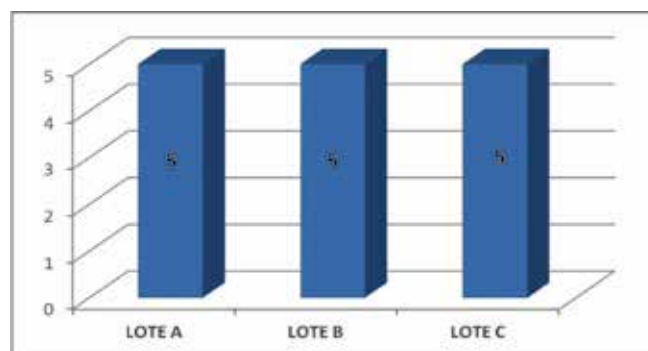


Figura 8. Contenido de Calcio (CaO) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Magnesio (Mg⁺⁺): En cuanto al contenido de magnesio, no se presentan diferencias estadísticas, mostrando un único valor de 5 ppm en todas las muestras, siendo este resultado bajo en el contenido del suelo. La adición de este nutriente está supeditando al equilibrio entre las bases intercambiables.

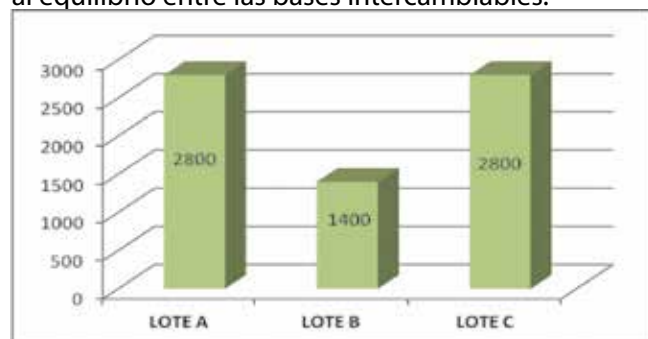


Figura 9. Contenido de Magnesio (MgO) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Relación entre bases intercambiables: En cuanto al balance de los cationes de Ca, Mg y K, se presentó un desbalance entre ellos, donde se presenta un exceso de calcio y un déficit de magnesio y potasio

respectivamente.

Tabla 5. Tabla comparativa de las relaciones de los cationes Ca, Mg y K.

Muestra	Ca + Mg/ k		Ca/Mg		Ca/K		Mg/K	
	Encontrado	Ideal	Encontrado	Ideal	Encontrado	Ideal	Encontrado	Ideal
LOTE A	70,13	8,00	560,00	3,00	70,00	6,00	0,13	2,00
LOTE B	25,55	8,00	280,00	3,00	25,45	6,00	0,09	2,00
LOTE C	35,06	8,00	560,00	3,00	35,00	6,00	0,06	2,00

2.5. Producción de maíz para ensilaje

Para esta variable, se definió evaluar la productividad a los 100 días de la siembra, presentándose diferencias estadísticas altamente significativas entre los lotes "B"- "C" y el lote "A"; el sublote "A" presentó la mayor productividad, con 4,83 kilogramos de maíz (planta completa) por metro cuadrado, mientras que el sublote "B" registró la menor productividad con 3,00 kilogramos de maíz (planta completa) por metro cuadrado, La producción total del lote fue de 5.807 kilogramos de forraje verde, para un indicador de 40,8 toneladas/hectárea.

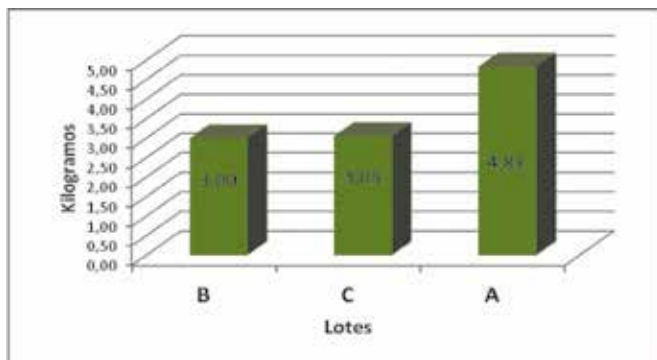


Figura 9. Producción en kg/m². Granja La Victoria. La Plata -2015

2.6. Interacciones entre la producción de forraje verde y el suelo

Para determinar el grado de interacción entre la producción de forraje verde para ensilaje y el suelo, se realizaron comparaciones mediante análisis de regresión.

2.6.1. Producción de Forraje Verde vs. Acidez del suelo (pH).

Al efectuar el análisis de regresión para el PH vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9996 lo que nos indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del PH del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojo un valor de $F=43.020$ frente al F tabulado de 0,096; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la

producción de maíz en función del pH del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 0,9994$, con una ecuación lineal: $Y=9,0428x-42,19$; donde y = Producción de Maíz y X = pH.

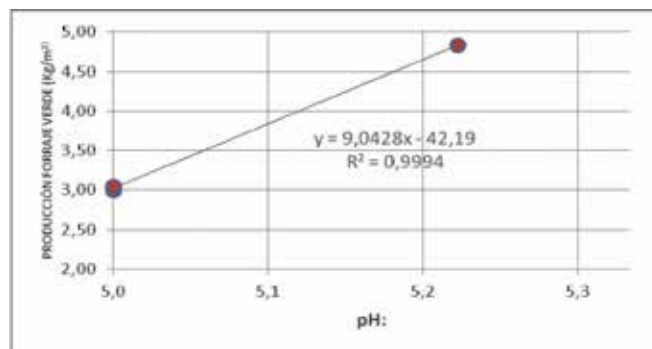


Figura 9. Curva de regresión ajustada para el pH vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.2. Producción de Forraje Verde vs. Nitrógeno Total

Al efectuar el análisis de regresión para el Nitrógeno vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,8767 lo que nos indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del Nitrógeno total del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojo un valor de $F= 6,6437$ frente al F tabulado de 0,2356; lo anterior nos indica que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Nitrógeno total del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 1,0000$, con una ecuación lineal: $y = -0,009x^2 + 0,5562x - 3,5457$; donde y = Producción de Maíz y X = N total. Se encontró que después de 30 ppm de Nitrógeno total la producción de maíz decreció notoriamente, posiblemente debido al desbalance nutricional del suelo.

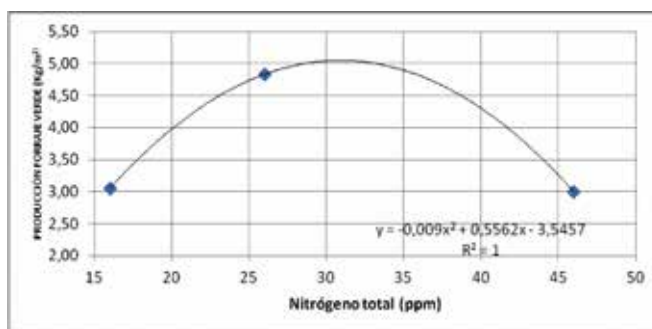


Figura 10. Curva de regresión ajustada para el N total vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.3. Producción de Forraje Verde vs. Fósforo (P2O5)

Al efectuar el análisis de regresión para el Fósforo vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9485 lo que nos indica una alta correlación de la producción de maíz en función del Fósforo del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 17,9411$ frente al F tabulado de 0,1475; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Fósforo del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 0,2287$, con una ecuación lineal: $y = -0,346x + 6,5102$; donde $y =$ Producción de Maíz y $X = P2O5$. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de -0,47817, lo que indica una correlación inversa de tipo medio.

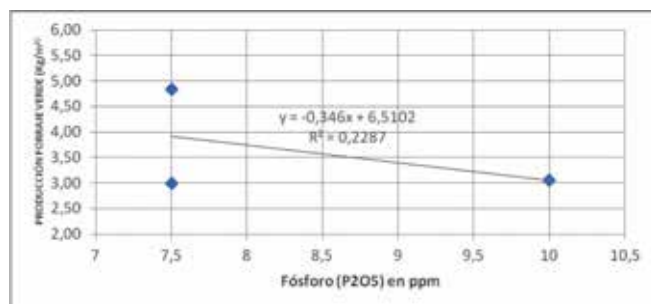


Figura 11. Curva de regresión ajustada para el Fósforo vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.4. Producción de Forraje Verde vs. Potasio (K2O)

Al efectuar el análisis de regresión para el Potasio vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,8887 lo que indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del Potasio del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 7,5163$ frente al F tabulado de 0,2226; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Fósforo del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 1,000$, con una ecuación lineal: $y = 0,0031x^2 - 0,4178x + 16,567$; donde $y =$ Producción de Maíz y $X = K2O$. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de -0,7699, lo que indica una correlación inversa de tipo alto.

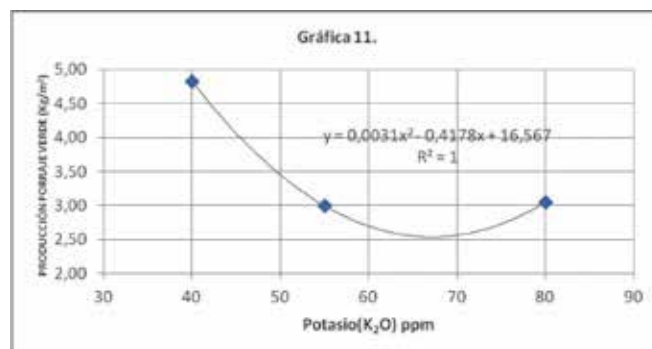


Figura 12. Curva de regresión ajustada para el Potasio vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.5. Producción de Forraje Verde vs. Calcio (Ca++)

Al efectuar el análisis de regresión para el Calcio vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9691 lo que nos indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del Calcio del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 30,9656$ frente al F tabulado de 0,1131; lo anterior indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Calcio del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 0,272$, con una ecuación lineal: $y = 0,0007x + 2,0541$; donde $y =$ Producción de Maíz y $X = Ca++$. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de 0,5215, lo que indica una correlación directa de tipo medio.

2.6.6. Producción de Forraje Verde vs. Magnesio (Mg++)

Al efectuar el análisis de regresión para el Magnesio vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9734 lo que indica una alta correlación de la producción de maíz en función del Magnesio del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 36,1662$ frente al F tabulado de 0,1048. Lo anterior indica que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Magnesio del suelo. Se destaca que el contenido de Magnesio en el suelo fue el mismo para todos los sublotos.

2.6.7. Producción de Forraje Verde vs. Compactación del suelo (Nwt/cm²)

Al efectuar el análisis de regresión para la Compactación del suelo vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9329 lo que indica, una alta correlación de la producción de maíz en función de la Compactación del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojo un valor de F= 13,4421 frente al F tabulado de 0,1695; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función de la Compactación del suelo. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de -0,9268, lo que indica una correlación inversa de tipo alto.

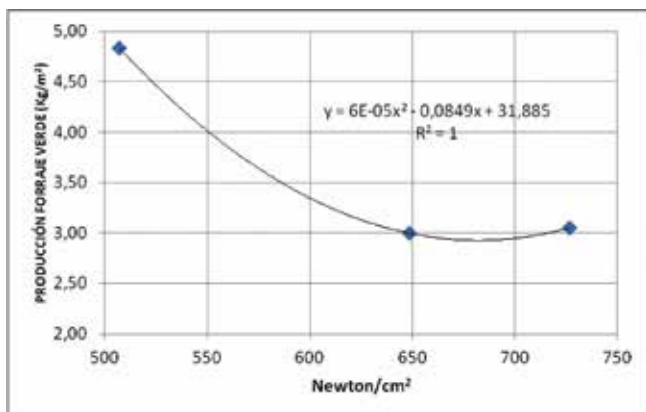


Figura 13. Curva de regresión ajustada para Resistencia del Suelo vs Producción de Forraje Verde de Maíz

Conclusiones

En el suelo del lote se encontraron diferencias significativas en lo físico; no se puede homogenizar las muestras de suelos, pretendiendo emplear el concepto de promedio, ya que son suelos inexistentes, lo cual se comprueba con los resultados de los análisis de suelos realizados. Se debe enviar a laboratorio las muestras que sean necesarias, de acuerdo a la precisión que se quiera tener en los resultados.

La productividad se incrementa en un 20% al utilizar la agricultura de precisión en la producción de maíz, con fines de ensilaje y se puede utilizar por un productor promedio de la región.

El mayor costo de los planes de fertilización no es un factor que influya negativamente en la productividad del ensilaje de maíz, por el contrario mejora la producción por unidad de área.

Bibliografía

1. Adolfo, G., & Moreno, L. (2012). Variabilidad del Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Maíz para Choclo (Zea mays L .) como Respuesta a Diferencias en las Propiedades Químicas del Suelo en la Sabana de Bogotá , Colombia, 65(26), 6579–6583.
2. García, E., Flego, Fernando. (2008). Agricultura de precisión. Revista Ciencia y Tecnología. Recuperado de http://www.palermo.edu/ingenieria/Ciencia_y_tecnologia/ciencia_y_tecno_8.html
3. Sánchez Torres, Jaiver Danilo; Ligarreto Moreno, Gustavo Adolfo; Leiva Barón, Fabio Rodrigo Variabilidad del Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Maíz para Choclo (Zea mays L.) como Respuesta a Diferencias en las Propiedades Químicas del Suelo en la Sabana de Bogotá, Colombia Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 65, núm. 2, 2012, pp. 6579-6590 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.
4. Carrillo P, Federico I. Suárez V, Senén. Sanz U, J. R. (1995). Cómo obtener una buena muestra para el análisis de suelos. ISSN-0120-0178, AVANCES TÉ, 1–4.
5. Espinosa, J. (n.d.). Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales. INFORMACIONES AGRONÓMICAS, (2012), 39(39), 9–13.
6. Espinosa, J. (2006). Tendencia en el manejo sostenible de la fertilidad del suelo. X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo, 1–7.
7. Rodríguez, J., González, A. M., Rodrigo, F., & Guerrero, L. (2008). Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz (Zea mays

L.) en la Sabana de Bogotá Site-specific soil fertilization in maize crop (*Zea mays* L.) at Bogotá plateau, 26(2), 308–321.

8. Segura, L. F., Correa, S., Vásquez, J. M., Valle, U., & Arte, E. D. E. L. (2010). EJERCICIO EAD Agricultura de Precisión. Facultad de Ciencias de La Administración Universidad Del Valle Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 53.