

**EFFECTO DEL AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ ZEA MAYS L. EN
SUELOS DE PUIPALES, NARIÑO**

**EULER FERNANDO ABASOLO SALAZAR.
LUIS FERNANDO INGUILÁN INGUILÁN.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2012**

**EFFECTO DEL AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ ZEA MAYS L. EN
SUELOS DE PUIPALES, NARIÑO**

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

**EULER FERNANDO ABASOLO SALAZAR.
LUIS FERNANDO INGUILÁN INGUILÁN.**

Director:

HERNÁN BURBANO ORJUELA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2012**

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

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

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Asesor

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2013

**EFFECTO DEL AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ *ZEA MAYS* L.
EN SUELOS DE PUPIALES, NARIÑO. ***

EFFECT OF SULPHUR ON THE YIELD OF CORN *Zea mays* L. IN SOILS OF
PUPIALES, NARIÑO.

Euler Fernando Abasolo Salazar.¹

Luis Fernando Inguilán Inguilán.¹

Hernán Burbano.²

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres fuentes de Azufre (Yeso, S y SAM) en dos dosis (50 y 100 kg.ha⁻¹) en el cultivo de maíz *Zea mays* L., variedad Udenar Canario 100 en la Vereda Calpután, municipio de Pupiales, Nariño, Colombia. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura del nudo de la mazorca superior, número de nudos por planta, número de mazorcas por planta, número de hileras, número de granos por hileras, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de la mazorca, diámetro del raquis de la mazorca, peso del grano de una mazorca, número de granos en 100 gramos y rendimiento junto a un análisis económico. Los tratamientos con fuente SAM dosis de 50 y 100 kg.ha⁻¹ presentaron mejor comportamiento en la variable de crecimiento, seguido del tratamiento con Azufre elemental. Los tratamientos con Yeso y Testigo respondieron a los menores valores de altura y número de nudos. En cuanto a rendimiento los tratamientos con SAM y Azufre elemental presentaron los mejores promedios, destacándose el T7 (SAM 100) con 3701.45 kg.ha⁻¹. El análisis económico mostró como SAM y Azufre elemental fueron los de mayor rentabilidad.

Palabras claves: azufre, fuentes, fertilización, maíz.

* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 2013.

¹ Estudiantes de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail; eulerfernandoabasolo@hotmail.com; fernandoingui1019@hotmail.com.

² Ing. Agr. M.Sc. PhD. Presidente de Tesis. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Colombia.

ABSTRACT

In the present work was evaluated the effect of three sources of sulfur (plaster, S and SAM) in two doses, (50 and 100 kg/ha) in the *Zea Mays L.*, crop variety Udenar Canario 100 in Calputàn village of Pupiales municipal, Nariño Colombia. It was used an experimental design of randomized complete blocks with seven treatments and four repetitions. The evaluated variables were: height of knot of the upper corn, number of knots per plant, number of rows, number of grains per rows, length of corn, diameter of the corn, weight of the corn, weight of the grains of corn, number of grains in 100 grams and performance with an economical analysis. The results showed that treatments with SAM source and its two doses showed the best performance in the growth variables followed by treatments with gypsum like the witness showed the lowest values of height and number of knots. Regarding to the performing components the treatments with SAM and elemental sulfur showed the best averages, standing out the performance of T₇ (SAM 100) with 3701.45 kg/ha⁻¹. The economical analysis showed that treatments with SAM and elemental sulfur are more profitable.

Key words: sulphur, sources, fertilization, corn.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION.....	8
MATERIALES Y METODOS.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

INTRODUCCION

El maíz *Zea mays* L. se encuentra distribuido en todo el territorio colombiano, debido a la existencia de una gran diversidad de tipos y variedades con adaptación a todas las condiciones climáticas. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3500 m.s.n.m. En Nariño, este cultivo forma parte esencial de la dieta alimenticia de los agricultores y es un alimento básico para los animales; además de la importancia para la generación de empleo rural y la ocupación del área agrícola. Cuenta con 7.436 hectáreas distribuidas entre los 2.000 y 3.000 msnm, con un rendimiento promedio anual de 1.33 t.ha⁻¹ (Ordoñez, 2006). Rendimientos bajos debido al escaso potencial productivo de las variedades regionales y al desconocimiento del manejo del maíz, como cultivo comercial, principalmente en lo concerniente al uso de semilla de calidad, fertilización adecuada y manejo de problemas fitosanitarios, que se traducen en pobres rendimientos y dejan al agricultor un muy escaso margen de comercialización, haciendo del maíz un cultivo de subsistencia (Criollo *et al.* 2002).

El maíz es exigente en nitrógeno y fósforo, menos en potasio, aunque se ha encontrado una estrecha relación entre el estado nutricional del nitrógeno y del azufre, porque cerca del 80% del nitrógeno y azufre incorporados en compuestos orgánicos de las plantas lo hacen en las proteínas cuando ambos elementos se encuentran en proporciones adecuadas. (Benavides, 1998). El azufre es considerado por algunos autores como el cuarto elemento mayor después del nitrógeno, fósforo y potasio (Bornemisza, 1990). Las plantas toman el azufre que proviene de la mineralización de la materia orgánica aunque también pueden aprovecharlo desde una forma inorgánica proveniente principalmente de sulfatos (López, 1987). También absorben muy pequeñas cantidades de dióxido de azufre (SO₂) a través de las hojas; por tanto, el origen normal del azufre para el crecimiento y desarrollo de las plantas es el suelo.

Entre las fuentes azufradas usadas en la fertilización se encuentran, el azufre elemental que se usa como fungicida y pesticida, pero que también se aplica como fertilizante incorporándolo tanto a los fertilizantes líquidos como a los sólidos, pero su utilización

como fertilizante es mínima ya que presenta problemas, pues una vez agregado al suelo debe ser oxidado a sulfato para poder ser absorbido por la planta (Benavides, 1998).

Por su parte el Yeso cuya fórmula es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, existe en yacimientos minerales, o como subproducto en la obtención de ácido fosfórico; poco se utiliza como fertilizante por las dificultades para su aplicación, debido a su condición polvosa y a su baja solubilidad en agua. Es útil en la recuperación de suelos salino-sódicos y sódicos. Su contenido de azufre es relativamente bajo entre el 13 y el 18%, siendo mayor el de calcio que está en el 20%, sin embargo se lo considera como una buena fuente de azufre por tratarse de una sal neutra (YESOYAM, 2007).

Otra fuente es el sulfato de amonio, uno de los fertilizantes nitrogenados más antiguos; en 1975 en el mundo se estaban aplicando cinco millones de toneladas de esta fuente. Se produce mediante síntesis industrial a partir del ácido sulfúrico y amoníaco o se obtiene como subproducto de siderúrgica. Es un fertilizante bien conocido y cotizado agronómicamente. Aparte de ser una fuente nitrogenada provee azufre inmediatamente disponible para la planta (ISQUISA, 2007).

Sin embargo a pesar de que el azufre es un nutrimento importante no solo en la producción de las cosechas, sino también en la calidad de las mismas son pocos los trabajos realizados en evaluación de fertilización azufrada en maíz. Esta circunstancia entre otras, no ha permitido elevar los rendimientos, ni ha contribuido a los sistemas de desarrollo agrícola asociado a esta especie. Se destaca el trabajo realizado por Guerrero y Burbano (1970), en suelos de la Sabana de Bogotá y los Llano Orientales, bajo condiciones de invernadero, que registra respuestas positivas a las aplicaciones de azufre en la producción de materia seca y en la absorción del nutrimento por las plantas de sorgo. En estos suelos la aplicación de 60 kg de azufre por hectárea incrementó la producción de materia seca y la absorción de azufre por la planta. Por su parte Galeano (1985) en el Valle del Cauca determinó incrementos significativos en rendimiento de sacarosa (250%) y productividad de caña. Cuando se aplicaron diferentes dosis de azufre (48 kg de Yeso ha^{-1} , 50 kg de sulfato de magnesio y 22 kg de azufre elemental), los mejores resultados se obtuvieron cuando se aplicó azufre elemental. En el cultivo de la papa, Chacón y Rosero (1989) demostraron que

la fertilización tradicional con N, P, K, acompañada de una fertilización con azufre a partir de sulfato de calcio o sulfato de amonio, tiende a incrementar el tamaño de los tubérculos, con base en una mejor nutrición de la planta.

Por ser el azufre, un elemento tan importante en la dinámica fisiológica y desarrollo de las plantas y por estar en tan bajas concentraciones en su forma disponible en los suelos del departamento de Nariño (andisoles), se planteó la presente investigación que tuvo como objetivos: evaluar la aplicación de diferentes dosis y fuentes de azufre, sobre el rendimiento del maíz Udenar Canario 100 en un suelo del municipio de Pupiales, Nariño. Además de realizar un análisis económico, para establecer la fuente de azufre y dosis más adecuada económicamente para este cultivo.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó entre Agosto de 2010 y Enero de 2011, en el municipio de Pupiales, Vereda Calpután ubicada geográficamente a $77^{\circ}38'47''$ LO, $01^{\circ} 52'59''$ LN (Figura 1) y a una altura de 2700 msnm, con una temperatura aproximada de 13°C . Con suelos volcánicos Andisoles, franco arcillosos de color café oscuro y una topografía ondulada, con azufre que varía de 5 a 10 ppm (Dávila y Narváez, 2003).

Figura 1. Ubicación geográfica



Fuente: Google 2013

Se utilizó la variedad de maíz Udenar Canario 100, desarrollado por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, dicha variedad tiene buen rendimiento y adaptación en zonas cerealistas localizadas entre 2500 y 3000 m.s.n.m. madurando en 225 – 250 días después de la siembra.

Labores culturales. La preparación del terreno se realizó solo con un pase de rastra, porque el lote provenía de un lote sembrado de papa, el surcado se hizo con arado de chuzo accionado por yunta de bueyes. La siembra se efectuó simultáneamente con la fertilización, depositando el fertilizante al fondo del surco y cubriéndolo con una delgada capa de suelo, posteriormente se depositaron dos semillas por sitio a una distancia de 1x1 m, con lo cual se obtuvo una densidad de siembra de 20000 plantas por hectárea. Los tratamientos utilizados se describen en la Tabla 1. El análisis de suelo, para efectuar la fertilización base con N, P₂O₅ y K₂O en los diferentes tratamientos se muestra en la Tabla 2.

El área para esta investigación fue de 784 m², la cual se dividió en cuatro bloques de 28 m de largo por 6 m de ancho; dichos bloques fueron subdivididos en 7 unidades experimentales de 4 m x 6 m que correspondieron a los tratamientos. En cada unidad experimental, se sembraron 28 sitios y en cada sitio 2 plantas; se situaron 4 surcos a lo ancho y 7 sitios a lo largo. De cada unidad experimental se evaluaron 10 sitios ubicados en el centro de cada una de ellas, descartando los otros 18 ubicados al contorno (efecto de borde).

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y las diferencias entre los tratamientos se realizaron mediante la prueba de comparación de medias o Tukey al 95%. Se analizaron las correlaciones existentes entre las variables evaluadas mediante correlación de Pearson. Para los cálculos se utilizó el programa estadístico S.A.S (Statistical Analysis System) versión 9.1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados.

Tratamiento	Fuente	Cantidad (kg.ha ⁻¹)	Sigla
1	DAP, KCl y Urea	164, 55 y 253 (Sin Azufre)	Testigo
2	DAP, KCl y Urea + Azufre elemental	164, 55 y 253 + 50	S 50
3	DAP, KCl y Urea + Azufre elemental	164, 55 y 253 + 100	S 100
4	DAP, KCl y Urea + Yeso (CaSO ₄ 2H ₂ O)	164, 55 y 253 + 50	Yeso 50
5	DAP, KCl y Urea + Yeso (CaSO ₄ 2H ₂ O)	164, 55 y 253 + 100	Yeso 100
6	DAP, KCl y Urea + Sulfato de amonio (SAM)	164, 55 y 253 + 50	SAM 50
7	DAP, KCl y Urea + Sulfato de amonio (SAM)	164, 55 y 253 + 100	SAM 100

Tabla 2. Análisis de suelo de las propiedades químicas.

Parámetro	Unidad	Valor
pH	-	6,5
MO	%	3,85
P disponible	mg.kg ⁻¹	90,2
CIC	cmol.kg ⁻¹	21,6
Ca	cmol.kg ⁻¹	11
Mg	cmol.kg ⁻¹	3,67
K	cmol.kg ⁻¹	2,58
N total	%	0,148
S disponible	mg.kg ⁻¹	12,1

Para la medición de las diferentes variables se utilizó la metodología propuesta por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (Muñoz *et al.*, 1993), la cual emplea descriptores varietales de los que se usaron para este trabajo fueron los siguientes: Altura de la planta (AP), Altura del nudo de la mazorca superior (ANMS), Número de nudos por planta (NNP), Número de mazorcas por planta (NMP), Número de hileras (NH), Número de granos por hileras (NGH), Longitud de la mazorca (LM). Diámetro de la mazorca (DM),

Peso de la mazorca (PM), Diámetro del raquis de la mazorca (DRM), Peso del grano de una mazorca (PGM), Número de granos en 100 gramos (NG100) y Rendimiento (RTO).

El análisis económico se realizó sobre la base de metodología del presupuesto parcial del CIMMYT (1981), se tuvo en cuenta los costos directos como preparación del terreno, siembra, control de arvenses, fertilización, manejo de plagas, enfermedades, cosecha, insumos, arriendo del terreno, además se tuvo en cuenta el 5% por los servicios de administración con base en los costos directos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta y Altura del nudo de la mazorca superior (AP y ANMS). El análisis de correlación de Pearson (Tabla 3) mostró una asociación alta y significativa entre las variables AP Y ANMS con un valor de 0.78, esto indica que la altura de la planta está estrechamente relacionada con la distancia entre nudos, a mayor altura de la planta mayor será la distancia entre nudos. Además, está fuertemente influenciada por condiciones ambientales como la temperatura, humedad, cantidad y calidad de luz (Cuadra, 1988). Por esta razón, solo se analizará la AP, una variable de importancia al momento de considerar la tolerancia al vuelco. También se observó una correlación de -0.91 entre esta variable y el número de granos en 100 g (NG100), esto se debe a que la altura de planta es una característica agronómica importante que influye en el rendimiento, y está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que son transferidos a la mazorca durante el llenado de granos (Orozco, 1996).

El análisis de varianza (Tabla 4) para esta variable mostró diferencias estadísticas entre tratamientos lo que indica que las aplicaciones de los diferentes fertilizantes influyeron en el crecimiento de las plantas de maíz. La prueba de comparación de medias Tukey al 0.05% (Tabla 5) muestra al tratamiento 7 (SAM 100) con un valor promedio de 215.5 cm de altura y fue estadísticamente al resto seguido por los tratamientos 4, 5 y 6 (SAM 50, S 100

y S 50) que resultaron similares entre sí con valores de 201.8, 202.15 y 194.7 cm respectivamente. Los tratamientos con Yeso (T1 y T2) fueron estadísticamente diferentes entre sí y con los otros tratamientos, presentando valores de altura de 180.7 y 148.8 cm. Finalmente el tratamiento testigo presento los valores de menos altura promedio con 117 centímetros.

Las alturas de planta obtenidas no sobrepasan a la reportada para la variedad Udenar Canario 100 que es de 2,40 m (Charfuelán *et al.*, 2006), sin embargo se observa un efecto positivo a la aplicación de azufre de todas las fuentes utilizadas con respecto al testigo, esto confirma lo expuesto por Caviglia *et al.*, (1998), quienes afirman que el uso de fertilizantes de un solo elemento, sumado a la creciente tasa de extracción anual de azufre por los cultivos, incrementa las probabilidades de encontrar respuestas a la aplicación de este nutriente.

De otra parte la fertilización con SAM, que contiene 21% de N y 24% de S, junto con la aplicación de Azufre elemental, fueron las fuentes que incrementaron significativamente la altura en plantas, debido a que el azufre en el sistema de producción es requerido en cantidad similar al fósforo y magnesio presentando similitudes con el nitrógeno en la determinación de la cantidad y calidad de la biomasa de un cultivo (Rennenberg, 1984). Estos resultados concuerdan con lo expresado por Camacho y Bonilla (1999), quienes expresan que a mayores dosis de fertilizantes nitrogenados y azufrados la altura tenderá a incrementarse. De igual forma Stewart y Peter (1969) estudiaron la relación entre S y N en trigo, frijón y maíz, y verificaron que la adición de azufre solo, no presento efectos sobre el crecimiento y la producción, mientras que con el nitrógeno estas variables aumentaron, pero no hubo diferencias entre los niveles aplicados; el mayor aumento se obtuvo por la aplicación del nitrógeno más azufre.

Las plantas tratadas con Yeso (13% S) inferior a las otras fuentes utilizadas no presentaron incrementos significativos en su altura, debido principalmente a que esta fuente contribuye sustancialmente al mejoramiento de suelos por lo que sus partículas son mucho menos solubles difíciles de asimilar por la planta. Resultados similares obtuvieron Gordon *et al.*

(1992) con relación a las fuentes de azufre, determinando que no hubo diferencias entre el sulfato de amonio y el Yeso.

Número de nudos por planta (NNP). El número de hojas depende del número de nudos por planta, ya que de cada nudo emerge una hoja. (Robles, 1990). El ANDEVA entre tratamientos mostró diferencias estadísticas significativas, es decir hubo influencia de esta variable con la aplicación de las fuentes azufradas. Según la matriz de correlación de Pearson se encontró una relación entre la variable altura de planta y Número de Nudos por planta, lo cual se puede deber a que al existir un aumento en la altura de la planta esto provoque un incremento en la elongación de los nudos.

La prueba de Tukey al 5% (Tabla 4), presenta al Testigo como el de menor cantidad de nudos con un promedio de 9.25, en comparación con los otros tratamientos, los cuales fueron iguales entre sí con valores de 10.8 y 11.5 Yeso en dosis de 50 y 100 respectivamente, seguido por los tratamientos con azufre elemental (dosis de 50 y 100) con valores de 11.6 y 11.8; los tratamientos SAM en dosis de 50 y 100 kg.ha⁻¹ con valores de 12 y 12.3 respectivamente presentaron los mayores valores.

En general el promedio de nudos por planta para los tratamientos con fuentes azufradas fue de 12, valor característico del maíz Udenar canario 100 (Charfuelan *et al.*, 2006.). Los resultados parecen relacionarse con el aporte de azufre, indiferente de la fuente aplicada, que mejora la asimilación y el metabolismo del nitrógeno y favorece la disponibilidad de fósforo al generar un desplazamiento del ión fosfato desde los sitios de adsorción (Guerrero, 1998). Sin embargo Álvarez y Domínguez (1996), manifiestan que el crecimiento y desarrollo: “Está determinado por su información genética (genotipo) almacenado en la semilla, y la capacidad de su expresión depende de factores ambientales como la luz, temperatura, nutrientes, agua y de las interacciones genotipo por ambiente. Estos factores en forma integrada determinan la expresión fenotípica”. Al respecto Lesur, (2005) afirma que las variedades regionales pueden alcanzar un número de nudos promedio de 16, lo que determina también el número de hojas por planta y su tamaño.

El aumento en el número de nudos, al aplicar SAM en las dosis de 50 y 100 kg.ha⁻¹, puede explicarse por el hecho de que las plantas requieren dosis pequeñas de nitrógeno en sus épocas tempranas de crecimiento y mayores cantidades en estados posteriores para alcanzar

su máximo desarrollo. Esto se relaciona con lo expuesto por Yagodin *et al.*, (1986) quienes indican que la entrada de elementos nutritivos a las plantas varía con el crecimiento. Además lo anterior pudo deberse al sinergismo N-S, que explican Platou e Irish, (1985), que se tradujo en una mayor elongación y número de nudos en el tallo.

En cuanto al testigo se observa la importancia del S en relación con el N, esto radica en que las insuficiencias de S en la planta reducen la formación de proteínas y ocasionan la acumulación de compuestos nitrogenados no proteínicos (Pasricha y Fox, 1993). Lo anterior restringió en mayor medida el desarrollo de la planta, que en plantas tratadas con fertilizantes azufrados. Según Fageria *et al.* (1997), el intervalo de suficiencia para S en plantas de maíz de 30 a 45 días después de la emergencia es 0.2 a 0.3%, por lo que la aplicación de SAM, Yeso y S produjo plantas bien abastecidas de este elemento.

Número de mazorcas por planta (NMP). La prueba de comparación de Tukey al 5% (Tabla 5) indicó que existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, destacándose la aplicación de SAM 100, con un promedio de 2.5 mazorcas como las plantas más prolíficas de la evaluación. Los tratamientos SAM 50, S100, S50, Yeso100 y Yeso50 y Testigo resultaron estadísticamente similares, con valores de: 2.25, 2, 1.8, 1.65, 1.5 y 1.3 respectivamente.

Según el INIAP (1992), el número de mazorcas se relaciona directamente con la producción final del cultivo, en cuanto que un porcentaje alto de mazorcas por planta asegura un rendimiento óptimo de la cosecha. Según Martínez *et al.* (1969), la mayor contribución al rendimiento lo origina el número de mazorcas por planta.

Existió una correlación entre las variables número de mazorcas y el rendimiento ($r = 0.94$) (Tabla 3), coincidiendo con Méndez y Muriel (2002) y Dávila y Narváez (2003) que obtuvieron correlaciones de 0.95 y 0.98, respectivamente. Aldrich y Leng (1974) manifiestan que el proceso de transformación de energía depende del genotipo a sembrar, de las condiciones de precipitación y temperatura, factores que influyen en el número de mazorcas por planta y tamaño de las mazorcas producidas.

La variable número de mazorcas no presentó diferencia entre los tratamientos evaluados,

posiblemente debido a que ella es de carácter genético y no debe variar con relación a las reconocidas por los creadores, cuyo promedio es de 1.81 mazorcas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2004). Al respecto Lagos, Criollo y Checa, (2000) argumentan que los materiales mejorados, tienden a tener mayor prolificidad, porque los programas de mejoramiento genético dedican grandes esfuerzos para mejorar esta característica, que es uno de los componentes importantes de rendimiento. Sin embargo, una mejor respuesta se obtuvo con el tratamiento SAM 100, se puede deber a un mayor aporte del S, no solo como nutrimento, sino que estimula la enzima nitrato reductasa que según Lamond, (2000) permite una mayor y más eficiente asimilación y conversión de los nitratos en aminoácidos. Además Udenar canario 100 mostró una buena adaptación a las condiciones climáticas de la zona, al respecto Caicedo y Regalado (1999), afirma que la prolificidad se ve afectada por la adaptabilidad de los materiales en la zona.

Número de hileras por mazorca (NHM) y número de granos por hilera (NGH). Con relación a la variable NHM la prueba de comparación de TUKEY al 5% (Tabla 4) determinó que todos los tratamientos fueron estadísticamente similares, con valores que oscilaron entre 11, 12.1, 12.4, 13.3, 13.5, 13.8 y 14.4 Hileras. Sin embargo para la variable NGH se encontraron diferencias estadísticas en la variable número de granos por hilera donde los tratamientos con la fuente SAM en sus dos dosis, junto con los tratamientos de azufre elemental (S50 y S100), presentaron igualdad estadística entre sí, con valores de 19.4, 18.05, 18.65 y 18.25 granos, siendo los tratamientos con mayor numero de granos por hilera en comparación con los otros. Por su parte el tratamiento con Yeso, las dos dosis presentaron igualdad estadística entre sí con valores de 16.15 y 15.65 granos. El Testigo con un valor promedio de 13.7 granos, fue el de menor cantidad de granos por hilera en la evaluación.

Según Blandón y Smith, (2001) el número de granos por hileras depende del número de óvulos por hileras y a su vez el número de granos estará determinado por la alimentación mineral e hídrica así como por la densidad y la profundidad de las raíces; se sabe que adecuadas dosis de nitrógeno tienen influencia positiva sobre los componentes de rendimiento entre ellos el número de granos por hileras; según lo anterior la interacción N-

S de la fuente SAM al parecer también influyó en la expresión de esta característica. Se concuerda con Lemcoff y Loomis (1986) quienes afirman que el número de granos está muy influenciado por el suministro de nitrógeno, además de un eficiente aprovechamiento de los nutrientes por parte de la planta. Lo anterior, debido a que en la fase de desarrollo vegetativo se debe brindar las mejores condiciones para que todas sus características completen su desarrollo satisfactoriamente, ya que en esta fase se define el número de espigas y granos en la mazorca (Arnoldo y Castro, 2006). Juggenheimer (1981), determinó que el número de granos por hilera está relacionado con la longitud y el número de hileras por mazorca.

Longitud y diámetro de la mazorca (LM y DM). El ANDEVA para la variable Longitud de la mazorca (LM) indica que hay diferencia significativa entre tratamientos. Por otra parte el análisis de correlación de Pearson (Tabla 3) muestra una asociación alta y significativa ($r = 0.98$) entre las variables Diámetro de la mazorca (DM) y Diámetro del raquis (DR), por lo que solo se evaluó la primera debido a que el diámetro de mazorca es un parámetro fundamental para medir el rendimiento del cultivo, y está directamente relacionada con la longitud de la mazorca (Saldaña y Calero, 1991).

Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson, para 14 variables evaluadas.

	AP	ANMS	NNP	NMP	NHM	NGH	LM	DM	PM	DR	PGM	NG100	RTO
AP	1	0,78*	0,75*	0,46 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,67*	0,69*	0,64 ^{ns}	0,67*	0,58 ^{ns}	0,69*	-0,91**	0,59 ^{ns}
ANMS		1	0,49 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,72**	0,56 ^{ns}	0,63*	-0,70**	0,45 ^{ns}
NNP			1	0,27 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,59 ^{ns}	-0,69*	0,40 ^{ns}
NMP				1	0,33 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,47 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	0,94**
NHM					1	0,42 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,53 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	0,42 ^{ns}
NGH						1	0,68*	0,56 ^{ns}	0,76	0,52 ^{ns}	0,76**	-0,78**	0,59 ^{ns}
LM							1	0,52 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,67*	-0,71**	0,49 ^{ns}
DM								1	0,70	0,98	0,61 ^{ns}	-0,69*	0,52 ^{ns}
PM									1	0,62 ^{ns}	0,91**	-0,71**	0,66 ^{ns}
DR										1	0,54 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	0,45 ^{ns}
PGM											1	-0,88**	0,69*
NG100 0gr												1	-0,65*
RTO													1

* = Significativo (95%)

** = Altamente significativo (99%)

ns =No significativo

Para LM los tratamientos con SAM en sus dos dosis al igual que los tratamientos de Azufre elemental, dieron las mazorcas más largas de la evaluación con valores de 18.2, 17.6, 17.2 y 16.95 cm respectivamente. Lo mismo ocurrió con el Diámetro de la mazorca donde estos tratamientos también presentaron los mejores valores con 4.64, 4.55 ,4.3 y 4.22 cm. Los tratamientos Testigo y Yeso en sus dos dosis mostraron los menores promedios en las dos variables evaluadas.

La mayor longitud de Udenar Canario 100 se debe, posiblemente, a que el material aprovechó mejor el agua, la luz y en especial los nutrientes, que hace posible una mejor respuesta con la aplicación de altas dosis de Sulfato de Amonio (SAM), sin embargo, también es posible que se deba a las condiciones genéticas obtenidas por el mejoramiento. Aldrich y Leng (1974) señalan al respecto, que las investigaciones han demostrado que la interacción de genes diferencia las líneas de maíz que se adaptan a un ambiente, demostrando luego en posteriores siembras sus características.

Bravo y Ceballos (2003), señalan que aunque el promedio en longitud de mazorcas de los tratamientos con azufre es ligeramente mayor que el del Testigo, no establece una diferencia marcada, por lo cual se puede decir que la longitud de la mazorca para Udenar Canario 100 está influenciada por las características genéticas, además de la ambientales.

El diámetro de la mazorca forma parte de la fase reproductiva en la que se requiere de actividad fotosintética y gran absorción de agua y nutrientes. Si esto es adverso afectará el tamaño de la mazorca en formación y por eso se obtendrá menor diámetro de mazorca que al final repercutirá en bajos rendimientos (Rivas, 1993). El mayor valor numérico dentro de esta variable lo presentó el tratamiento con dosis de 100 kg.ha^{-1} de SAM, este aumento puede explicarse por haber utilizado altas dosis de fertilizantes lo que conlleva a que el nitrógeno y el azufre absorbidos por las planta se destinen a la formación de almidones en los granos y un mayor grosor en el diámetro de mazorca.

Peso del grano de una mazorca (PGUM) y Peso de la mazorca (PM). Se encontró una correlación altamente significativa (Tabla 3) entre estas variables, con un coeficiente de $r = 0.91$, es decir que están estrechamente relacionadas, esto se explica dado que, a mayor peso

de granos hay un mayor número de granos, por lo que se obtendrán un mayor peso de mazorca. Por esta razón se analizará el peso del grano de una mazorca (PGM) que como lo indica el INIAP, (1992), es una variable que junto con el número de mazorcas efectivas se relacionan directamente con la producción final del cultivo, en cuanto que granos de mayor peso o un porcentaje alto de mazorcas por planta aseguran el rendimiento óptimo.

Respecto a la variable Peso del grano de una mazorca, se encontró que las diferentes fuentes y dosis aplicadas presentaron diferencias estadísticas (Tabla 4). La prueba de comparación determinó que los tratamientos con Sulfato de Amonio con las dosis de 50 y 100 kg.ha⁻¹ junto con los tratamientos S100 y S50 de 100 kg.ha⁻¹, fueron estadísticamente similares entre sí y estadísticamente diferente de los otros tratamientos con valores de 150.2, 144.3, 140.2 y 137.05gr respectivamente. Los tratamientos con Yeso tuvieron un

Tabla 4. Análisis de varianza (ANDEVA), para las variables: altura de la planta, (AP), altura del nudo de la mazorca superior, (ANMS), número de nudos por planta, (NNP), número de mazorcas por planta, (NMP), número de hileras, (NHM), número de granos por hileras, (NGH), longitud de la mazorca, (LM), diámetro de la mazorca (DM), peso de la mazorca (PM), peso del grano de una mazorca, (PGUM), diámetro del raquis de la mazorca, (DR), Numero de granos en 100 gramos (NG100) y Rendimiento (RTO).

F.V.	gl	AP (cm)	NNP (Unid.)	NMP (Unid.)	NHM (Unid.)	NGH (Unid.)	LM (cm)	DM (cm)	PM (gr)	PGM (gr)	NG100 (Unid.)	RTO (kg.ha ⁻¹)
Modelo	9	93,44**	16,48**	6,4**	8,12**	35,45**	21,61**	19,49**	203,39**	149,7**	2324,22**	17,09**
Tratamiento	6	139,01**	24,53**	9,42**	11,31**	52,42**	30,9**	28,52**	304,46**	224,31**	3485,83**	25,51**
Bloque	3	2,31*	0,39 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,74*	1,5**	3,04**	1,44*	1,24**	0,47 ^{ns}	0,99*	0,26 ^{ns}
Error	130	23087,84	112,5	49,3	309,37	202,36	243,48	20,42	4731,81	4757,81	1733,60	456116,91
Total	139	172446,42	240,89	71,14	483,29	698,94	607,81	47,97	71359,54	54066,69	280682,54	75344089
C.V		7,4	8,21	33,16	11,93	7,29	8,44	9,6	3,27	4,75	1,67	31,43

ns = No significativo

* = Diferencias estadísticas significativas (95%)

** = Diferencias estadísticas Altamente significativas (99%)

Tabla 5. Prueba de comparación de medias (TUKEY), para las variables: altura de la planta, (AP), altura del nudo de la mazorca superior, (ANMS), número de nudos por planta, (NNP), número de mazorcas por planta, (NMP), número de hileras, (NHM), número de granos por hileras, (NGH), longitud de la mazorca, (LM), diámetro de la mazorca (DM), peso de la mazorca (PM), peso del grano de una mazorca, (PGUM), diámetro del raquis de la mazorca, (DR), Numero de granos en 100 gramos (NG100) y Rendimiento (RTO).

Tratamiento	Descripción	AP (cm)	NNP (Unid.)	NMP (Unid.)	NHM (Unid.)	NGH (Unid.)	LM (cm)	DM (cm)	PM (gr)	PGM (gr)	NG100 (Unid.)	RTO (kg.ha ⁻¹)
1	TESTIGO	117a	9,25a	1,3a	11a	13,7a	13,57a	3,21a	140,2a	100,2a	295,75 g	1414,86 a
2	YESO 50	148,8b	10,8b	1,5ab	12,1ab	15,65b	14,75ab	3,98b	172,4b	107,4b	275,25 f	1597,21 a
3	YESO 100	180,7c	11,5bc	1,65ab	12,4ab	16,15b	15,3b	4,03b	180,25c	111,25b	213,05 e	1819,59 ab
4	S - 50	194,7cd	11,6bc	1,8b	13,3bc	18,25c	16,95c	4,22bc	190,05d	137,05c	200,00 d	2440,29 bc
5	S -100	202,15de	11,85c	2bc	13,5bc	18,65c	17,2c	4,3bc	195,2d	140,2cd	190,65 c	2776,34 cd
6	SAM 50	201,8de	12c	2,25c	13,8bc	18,05c	17,6c	4,55c	204,3e	144,3de	180,2 b	3205,79 de
7	SAM 100	215,8e	12,3c	2,5d	14,4c	19,4c	18,2c	4,64c	210,2e	150,2e	172,2 a	3701,45 e

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

comportamiento estadístico similar entre sí pero diferente con los otros con pesos de 11.25 y 107.4 g. Finalmente el Testigo obtuvo los más bajos índices de peso con 100.2 gramos.

Estas diferencias de peso que favorece los tratamientos con Sulfato de amonio y azufre elemental, se debe a que estas obtuvieron un mayor peso por grano individual y fue influenciado por diversos factores, que permiten translocar nutrientes y acumular energía transportándolos a los órganos reproductores para formar el grano. Al respecto Aldrich y Leng (1974) manifiestan que el proceso de transformación de energía depende del genotipo a sembrar y las condiciones de precipitación y temperatura, factores que influyen en el número y el tamaño de las mazorcas, además del peso y tamaño de los granos producidos.

Arnoldo y Castro (2006) afirman que durante la fase de desarrollo vegetativo se debe brindar las mejores condiciones para que todas las características vegetativas completen bien su desarrollo, ya que en esta fase se define el número de espigas y granos en la mazorca. Según lo anterior la fertilización combinada N + S produjo plantas bien abastecidas de S, con un mejor desarrollo, explicado por Claro P., *et al.* (2002) como una mayor absorción de SO_4^{-2} en el tejido vegetal. Además se debe tener en cuenta que para estos períodos la planta tiene requerimientos nutritivos, de agua y productos constructivos de metabolismo.

De otra parte el peso de grano por mazorca y el número de mazorcas efectivas se relacionan directamente con la producción final del cultivo en cuanto que, granos de mayor peso o un porcentaje alto de mazorcas por planta aseguran el rendimiento óptimo de cosecha (Caicedo y Regalado, 1999).

Número de granos en 100 gramos (NG100). La prueba Tukey mostró a todos los tratamientos estadísticamente diferentes, donde destaca el tratamiento SAM 100 como el de menor número de granos de maíz en 100 gramos con un promedio de 172.2, es decir que estos son los granos más pesados en la evaluación. Seguido por el número de granos de SAM 50 con 180.2, en tercer lugar se ubicó el tratamiento S100 con 190.65, seguido por S50 con un promedio de 200 granos. Los tratamientos con Yeso se situaron enseguida con valores de 213.05 granos para Yeso 100 y 275.25 granos para YESO 50. Finalmente el

tratamiento Testigo mostró valores promedios de 295.75 granos en 100 gramos, siendo los granos menos pesados de la evaluación.

En general esta variable es un indicador de la calidad, dado que demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo y transferirlos al grano en la etapa reproductiva, su movilización contribuye al rendimiento que difiere con las variables y las condiciones del medio ambiente, tal y como lo expresa López, (1987). Así de manera general, bajo las condiciones de este ensayo, se puede argumentar que los mayores pesos obtenidos por los tratamientos de SAM se deben en parte a que la aplicación de estas fuentes fue uno de los principales componentes para el desarrollo y crecimiento de la planta, y de su disponibilidad obedeció la acumulación y translocación de sustancias de reservas para un eficiente llenado del grano durante la etapa reproductiva de la planta coincidiendo con Blandón y Smith, (2001).

Además, el menor peso obtenido por el testigo se debió en parte a que frente a la demanda de la planta, el suelo no pudo suministrarle lo necesario para que hubiese un mayor llenado de grano. Esto coincide con lo expresado por Lemcoff y Loomis (1986), quienes indican que el peso de los granos está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno en asocio con el azufre.

Rendimiento (RTO). Con relación a esta variable, se encontró que las diferentes fuentes y dosis aplicadas presentaron diferencias estadísticas (Tabla 4). La prueba de comparación determinó que el tratamiento SAM 100 fue estadísticamente diferente de los tratamientos, con la producción más alta de la evaluación con $3701.45 \text{ kg.ha}^{-1}$, a su vez los tratamientos SAM50, S100 y S50 fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes con los otros, con valores de 3205.79 , 2776.34 y $2440.29 \text{ kg.ha}^{-1}$ respectivamente. Por su parte el tratamiento YESO 100 presentó un rendimiento de $1819.59 \text{ kg.ha}^{-1}$, siendo diferente de los otros, a su vez los tratamientos YESO 50 y Testigo fueron estadísticamente iguales entre sí, de menor rendimiento y diferentes de los demás con promedios de 1597.21 y $1414.86 \text{ kg.ha}^{-1}$.

Los rendimientos obtenidos difieren de los obtenidos por Charfuelán *et al.*, (2006) quienes

en su evaluación a la respuesta de la variedad de maíz (*Zea mays* L.) Udenar Canario 100, a la aplicación edáfica de N, P, K, en el municipio de San Pedro de Cartago, Nariño, alcanzaron una producción que osciló entre 145.2 y 850.62 kg.ha⁻¹, ellos atribuyeron estos bajos resultados a las condiciones ambientales nocivas para el desarrollo del cultivo. Cabe resaltar que los rendimientos promedios en Colombia son de 3200 kg.ha⁻¹ para maíz tecnificado y de 1400 kg.ha⁻¹ para maíz tradicional (Confecampo, 2008).

Los resultados muestran que la adición de SAM 100, produjo un rendimiento medio 226.58% superior al obtenido por el Testigo que careció de azufre. Estos resultados concuerdan con los de Kang y Osiname (1976) y Reneau (1983), quienes obtuvieron una respuesta significativa del maíz a la aplicación de S en suelos de Sabana, y atribuyen la respuesta a la deficiencia que presentan los suelos. Por su parte Galeano (1985) en el Valle del Cauca determinó incrementos significativos en rendimiento de sacarosa (250%) y productividad de caña. Cuando se aplicaron diferentes dosis de azufre (48 kg de Yeso/ ha, 50 kg de sulfato de magnesio y 22 kg de azufre elemental), los mejores resultados se obtuvieron cuando se aplicó azufre elemental.

La adición de azufre elemental también manifestó óptimos rendimientos, esto se debe a que el azufre (S), es parte de muchos aminoácidos y por lo tanto de proteína. Pudiendo incrementar la eficiencia del uso de N y P, especialmente para la formación de clorofila, lo anterior coincide con lo manifestado por Roberts (2002), quien considera que los rendimientos altos y para ser rentables, dependen del balance adecuado de nutrientes. Además, indica que la sinergia producida por las interacciones positivas entre nutrientes esenciales hace que los rendimientos sean más altos que cuando los nutrientes se aplican por separado.

Por otra parte al determinar la relación que existe entre el número de mazorcas por planta y el rendimiento (Tabla 3), se puede afirmar que los resultados concuerdan con lo observado por Torregroza (1976) con relación al rendimiento, Al respecto Salazar y Melo (2001), manifiestan que la prolificidad es una característica genética de cada material y por ser una variedad mejorada posee excelentes características agronómicas y una alta eficiencia

fisiológica, tiene los más altos rendimientos con unas buenas condiciones del cultivo, lo cual permitió que dicha variable se manifieste con mayor eficiencia.

Finalmente, se debe tener en cuenta que los suelos de la región de Pupiales son considerados de buena fertilidad, por lo que se estima que este factor también pudo influenciar en el rendimiento final del material, igual que el clima; en síntesis, la oferta ambiental pudo ser mejor aprovechada por el material mejorado debido a sus características adquiridas.

Análisis Económico. De acuerdo con el análisis económico (Tabla 6), se observa que la aplicación de azufre en todas las fuentes y dosis evaluadas fue altamente rentable, medida a través de los mayores beneficios netos obtenidos respecto al Tratamiento Testigo (T1), que presentó una rentabilidad negativa de - 4.47%, dado al bajo rendimiento mostrado. El precio por kilo de maíz (grano) se estimó a \$2.000 kg (precio de compra al productor en la fecha de cosecha). Las mejores rentabilidades de la evaluación con 52.08% y 56.93 %, las exhibieron los tratamientos 6 y 7 (SAM 50 y 100) esto debido a un mayor ingreso bruto producto de un excelente rendimiento, ratificando una buena aceptación de esta fuente por parte de Udenar Canario 100, bajo las condiciones de la evaluación. Sin embargo estos tratamientos demandaron los mayores costos de producción con \$3.072.321 y \$3.188.393 respectivamente, no obstante esto no impidió que este material tuviera un margen de ganancias que se logró debido a una buena producción. Al respecto, Muriel y Méndez, (2002) afirma que para obtener una mayor producción y calidad de granos es importante la utilización de variedades mejoradas, seguido de un oportuno y adecuado manejo tecnológico.

Tabla 6. Resumen de la rentabilidad obtenida en cada tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento (kg-ha ⁻¹)	Precio por kilo (\$)	Ingreso Bruto (\$)	Costos Totales (\$)	Ingreso Neto (\$)	Rentabilidad (%)
1	1414,86	2.000	2.829.720	2.956.250	-126.530	-4,47
2	1597,21	2.000	3.194.420	3.099.107	95.313	2,98
3	1819,59	2.000	3.639.180	3.241.964	397.216	10,91
4	2440,29	2.000	4.880.580	2.962.679	1.917.901	39,30
5	2776,34	2.000	5.552.680	2.969.107	2.583.573	46,53
6	3205,79	2.000	6.411.580	3.072.321	3.339.259	52,08
7	3701,45	2.000	7.402.900	3.188.393	4.214.507	56,93

Por otra parte los tratamientos con Azufre elemental mostraron rentabilidades medias de 39.30% y 46.53 % para los tratamientos 4 y 5, además éstos son los que presentaron los menores costos totales de la evaluación con valores de \$2.962.679 para el T4 y de \$2.969.107 para el T5, como producto de los bajos costos e ingreso bruto; también se observó un incremento significativo en los rendimientos obtenidos con la aplicación del azufre en dosis de 100 kg.ha⁻¹, lo que sugiere evaluar en futuros proyectos las dosis tolerables para el cultivo.

Los tratamientos de Yeso agrícola (T2 y T3) tuvieron unos costos por tratamiento que oscilaron entre \$ 3.099.107 y \$ 3.241.964 respectivamente (Tabla 6), originados en el alto valor de este material (\$60.000 por Bulto). Además, debido a las condiciones de esta fuente ya mencionadas, fue muy poca la asimilación de esta por parte del cultivo, con unas rentabilidades de 2,98 % para el T2 y de 10,91% para el T3.

CONCLUSIONES

Las plantas fertilizadas con las fuentes Sulfato de Amonio y Azufre elemental en ambas dosis se registraron los mayores resultados en las variables de crecimiento (altura de planta y números de nudos).

Bajo las condiciones de esta evaluación se encontraron mejores respuestas en las variables de rendimiento de grano, por la aplicación del fertilizante Sulfato de Amonio, en las dosis de 50 y 100 kg.ha⁻¹.

De las fuentes evaluadas las de mayor ingreso neto por hectárea, fueron el Sulfato de Amonio y el Azufre elemental mostrándose como alternativas rentables frente a los ingresos obtenidos por los tratamientos con Yeso y Testigo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDRICH, S. y LENG, E. 1974. Producción moderna del maíz. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 308 p.
- ÁLVAREZ, A. y DOMINGUEZ, O. 1996. Estudio de algunas características del maíz blanco criollo con y sin fertilización. Bogotá. 127 p.
- ARNOLDO, J. y CASTRO, S. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. Revista Internacional de Botánica Experimental Argentina Vol. 75 N° 3 pp. 31 – 40.
- BENAVIDES, A. 1998. El azufre en las plantas. Departamento de Horticultura, UAAAN, Saltillo 25315 México. 23 p.
- BLANDÓN, G. E. J. y SMITH, M. A. Z. 2001. Efectos de diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivos del maíz (*Zea mays* L.), var. NB-6. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 33 p.
- BORNEMISZA, E. 1990. Problemas de azufre en el suelo y cultivos de Mesoamérica. San José, Ed. Universidad de Costa Rica. 104 p.
- BRAVO, N. y CEBALLOS, J. 2003. Evaluación de dos líneas de mejoradas de maíz (*Zea mays*), tipo morocho en la vereda Guitungal del municipio de Córdoba departamento de Nariño. Tesis de Grado. (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. Pasto. 117 p.
- CAICEDO, A. y REGALADO, D. 1999. Evaluación de nueve materiales de maíz amarillo harinoso en dos regiones del municipio de Yacuanquer. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Universidad de Nariño, 118 p.
- CAMACHO, G. J. y BONILLA, A. R. 1999. Efecto de tres niveles de nitrógeno y tres densidades poblacionales sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 33 p.
- CAVIGLIA, O. 2003. Respuesta a la aplicación de fertilizantes con azufre en los cultivos de trigo, soja y maíz, en el centro – oeste de Entre Ríos. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Entre Ríos, Argentina. 230p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO. 1988. Adiestramiento de Maíz. Experimentos Fuera de la Estación. Documentó de Trabajo. México, 36 p.
- CHACON, D y ROSERO, J. 1998. Evaluación de diferentes fuentes y niveles de azufre en fertilización del cultivo de papa Parda Pastusa (*Solanum tuberosum*) en el Municipio de Pupiales. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. 95 p.
- CHARFUELÁN, H., ERASO, L., ÁLZATE, J. 2006. Respuesta de la variedad de maíz (*Zea mays* L.) Udenar Canario 100, a la aplicación edáfica de N, P, K, en el municipio de

San Pedro de Cartago, departamento de Nariño. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 16 p.

CLARO, P., NÚÑEZ, R., ETCHEVERS, J., Sánchez, P., y Alvarado, J. 2002 .Respuesta, en invernadero, del maíz al azufre en dos Suelos del estado de Puebla, México. Artículo en *Agrociencia* 36: 11 p.

CRIOLLO, H., LAGOS, T., PAREDES, R. y BENAVIDES, A. 2002. Comportamiento de materiales mejorados de maíz bajo diferentes niveles de boro y fósforo. En: *Revista de Ciencias Agrícolas*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Vol. 19. Pp. 168—177

CUADRA, M. 1988. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 39 p.

DÁVILA, M. y NARVÁEZ, E. 2003. Evaluación de dos líneas mejoradas de maíz (*Zea mays* L.) Tipo morocho en dos zonas del municipio de Pupiales – Nariño. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto: Universidad de Nariño, 96 p.

FAGERIA, K., BALIGAR, C., y Ch. A. J. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2nd ed. Marcel Dekker, New York, New York .624 p.

MONCAYO, E. Evaluación de la disponibilidad de azufre en suelos cañeros de la cuenca media del rio guaitara. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto: Universidad de Nariño, 1993. p.10

GORDON, R., GONZÁLEZ A., FRANCO J., DE GRACIA N., HERRERA A. y RAUN W. 1992. Evaluación de dosis y métodos de aplicación de azufre y su efecto residual en el cultivo de maíz en dos localidades de Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 3: pp. 52-56.

GUERRERO, R. y BURBANO, H. Evaluación de la disponibilidad de azufre en suelos cañeros de la cuenca media del rio Guaitara. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto: Universidad de Nariño, 1993. p. 9

GUERRERO, R. 1988. Características de los fertilizantes que contienen azufre. En: Seminario nacional “El azufre en la agricultura”. CIAT, Palmira. 62 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS Y PECUARIAS DEL ECUADOR. 1992. Departamento de comunicación social. Nueva variedad de maíz para consumo humano. INIAP-153 “Zhima mejorada”. 28 p.

ISQUISA, 2007. Sulfato de Amonio, Ficha Técnica. COLONIA SAN JOSE C.P. 94560, Cordoba, Veracruz, Mexico, 5 p.

JUGGENHEIMER, R. W. 1981. Maíz: variedades mejoradas. Métodos de cultivo y producción de semilla. México, DF. Editorial Limusa. 841 p.

KANG, B. T. and O. A. OSINAME. 1976. Sulfur response of maize in western Nigeria. *Agron. J.* 68: pp. 333-336.

- LAGOS, T., CRIOLLO, H. y CHECA, O. 2000. Evaluación de 19 materiales de maíz de clima frío en una zona del altiplano de Pasto, departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. Vol. XVII No. 2. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia, pp. 9 - 20.
- LEMCOFF, J. M y LOOMIS, R. S. 1986. Influence on field determination on maize. Crop science. USA. Vol. 26. pp 1017-1022.
- LOPEZ, G. 1987. El azufre: Importancia en los sistemas agrícolas y pecuarios. En seminario sobre el azufre: Relación suelo – planta – animal. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 162p.
- MARTÍNEZ, C. y ORTÍZ, F. 1987. Efecto de la selección masal estratificada sobre el rendimiento, prolificidad y arquitectura de la planta en dos poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) de Clima Frío. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 126 p.
- MUÑOZ, G., GIRALDO, G. y FERNANDEZ DE SOTO. J 1993. Descriptores Varietales arroz, frijol, maíz, frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical — CIAT Colombia. pp. 85-108.
- MURIEL, J. y MENDEZ, E. 2002. Evaluación de dos líneas de mejoradas de maíz (*Zea mays* L.), tipo morocho en una zona del Municipio de Túquerres departamento de Nariño. Tesis de Grado. (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. Programa de agronomía. 118p.
- ORDOÑES, J. 2006 Consolidado agropecuario. Secretaria de agricultura de Nariño. Edinar. Pasto, Colombia. p. 23-40
- OROZCO, U. T. 1996. Arreglos de siembra de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en socios y monocultivos y uso equivalente de la tierra. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 p.
- PASRICHA, N. S., y R. L. Fox. 1993. Plant nutrient sulfur in the tropics and subtropics. Adv. Agron. 50: 209-269.
- PLATOU, J. S., y R. IRISH. 1985. El Cuarto Nutriente Principal. The Sulphur Institute. Washington, D. C. 32 p.
- RENNENBERG, H., J. SEKIJA, L.G. WILSON, P. FILNER. 1982. Evidence for an intracellular sulfur cycle in cucumber leaves. Planta 154:516-524.
- RIVAS, P. S. 1993. Influencia de cultivos antecesores y métodos de control sobre la cenosis de malezas, crecimiento y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) variedad H-503. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 42 p.
- ROBLES, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. Editorial limusa. México. 600 p.
- SALAZAR, V. y MELO, P. 2001. Comportamiento de dos variedades mejoradas de maíz (*Zea mays* L.) ICA V 109 e ICA V 305 con una variedad regional bajo dos técnicas de cultivo en las Veredas El Ingenio y La Cocha en el Municipio de Sandoná, Departamento de Nariño. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, 84 p.

SALDAÑA, F. y CALERO, M. 1991. Efecto de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de las malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 63 p.

STEWART, B y PORTER, L. 1969. Nitrogen – sulfur relationship in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays*), and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomy Journal*. 61(2): 267 – 271.

TORREGROZA, M. 1976. Variedades e híbridos de maíz para una alta productividad, en el cultivo de maíz. Conferencias. ICA. Bogotá, 288 p.

YAGODIN, B. A; SMIRNOV, P.; PETERSBURG, K. A. 1986. Agroquímica. Tomo I. Editorial Mir. Moscú, Rusia. 416 p.

YESOYAM, 2007. Ficha Técnica. info@Yesoyam.com.ar (Consulta Marzo 2012).