

Nutrição à base de nitrogênio, enxofre e magnésio no rendimento do milho (*Zea mays* L.)

Nitrogen, Sulfur and Magnesium based nutrition on corn (*Zea mays* L.) yield

DOI: 10.34188/bjaerv6n4-036

Recebimento dos originais: 05/08/2023

Aceitação para publicação: 30/09/2023

Fabián Fabricio García Castro

Ingeniero Agropecuario por la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

Técnico Agrícola Independiente

Correo electrónico: fabiangarcia@hotmail.com

Javier Alberto Landívar Lucio

Magister en Agronomía Mención en Mecanización Agrícola por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias

Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador

Correo electrónico: javierlandivar9@hotmail.com

Mario Fernando Quispe Sandoval

Maestro en Ciencias Centro de Genética por el Colegio de Postgraduados Montecillo – México

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias

Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador

Correo electrónico: mquispe@utb.edu.ec

Miguel Ángel Goyes Cabezas

Master en Administración de Empresas por la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias

Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador

Correo electrónico: mgoyes@utb.edu.ec

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da nutrição com nitrogênio, enxofre e magnésio na produtividade do milho (*Zea mays* L.). O material genético utilizado foi o híbrido DK-7500 desenvolvido pela Monsanto. Os tratamentos consistiram em 3 doses de ureia, 2 doses de sulfato de amônio e 2 doses de sulfato de magnésio, aplicadas 12 e 25 dias após a semeadura. Em todos os tratamentos, 40 kg/ha de P₂O₅ e 80 kg/ha de K₂O foram usados como fertilização básica. Foi utilizado um projeto de blocos aleatórios com arranjo fatorial (A*B*C+1) com treze tratamentos e três réplicas. Os dados avaliados foram: altura da planta, diâmetro do caule, teor de clorofila, teor de proteína, diâmetro e comprimento da espiga, número de grãos por espiga e produtividade. A partir dos resultados, foi determinado que os fertilizantes à base de nitrogênio, enxofre e magnésio aumentaram a concentração de clorofila, proteína e rendimento da cultura do milho; a maior altura de planta foi obtida quando foram aplicados 348 kg/ha de ureia + 250 kg/ha de sulfato de amônio + 250 kg/ha de sulfato de amônio. O diâmetro do caule foi maior com o uso de 348 kg/ha de ureia + 250 kg/ha de sulfato de amônio + 250 kg/ha de sulfato de magnésio + 250 kg/ha de sulfato de magnésio, enquanto a maior concentração de clorofila e proteína também foi obtida com esses mesmos níveis. O maior diâmetro e comprimento de espiga foram obtidos com a aplicação de 348 kg/ha de ureia + 250 kg/ha de sulfato de amônio + 250 kg/ha de sulfato de magnésio. O número de

grãos por espiga e o rendimento foram maximizados com o uso de 174 kg/ha de ureia + 250 kg/ha de sulfato de amônio + 250 kg/ha de sulfato de magnésio.

Palavras-chave: Fertilização, desempenho agronômico, rendimento, milho.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen, sulfur and magnesium nutrition on the yield of corn (*Zea mays* L.). The genetic material used was the DK-7500 hybrid developed by Monsanto. The treatments consisted of 3 doses of Urea, 2 doses of ammonium sulfate and 2 doses of magnesium sulfate, applied 12 and 25 days after sowing. In all treatments, 40 kg/ha of P₂O₅ and 80 kg/ha of K₂O were used as basic fertilization. A randomized block experimental design with factorial arrangement (A*B*C+1) was used with thirteen treatments and three replications. The data evaluated were: plant height, stem diameter, chlorophyll content, protein content, ear diameter and length, number of grains per ear and yield. From the results it was determined that fertilizers based on Nitrogen, Sulfur and Magnesium increased the concentration of chlorophyll, protein and yield in the corn crop; the greatest plant height was achieved when 348 kg/ha of Urea + 250 kg/ha of Ammonium Sulfate + 250 kg/ha of Sulfate of Ammonium was applied. + 250 kg/ha of Magnesium Sulfate; stalk diameter was greater with the use of 348 kg/ha of Urea + 250 kg/ha of Ammonium Sulfate + 250 kg/ha of Magnesium Sulfate, while with these same levels the highest concentration of chlorophyll and protein was also achieved. The highest ear diameter and length were obtained with the application of 348 kg/ha of Urea + 250 kg/ha of Ammonium Sulfate + 250 kg/ha of Magnesium Sulfate. The number of grains per ear, and yield was maximized with the use of 174 kg/ha of Urea + 250 kg/ha of Ammonium Sulfate + 250 kg/ha of Magnesium Sulfate.

Keywords: Fertilization, agronomic performance, yield, corn.

1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es un cultivo de gran importancia económica, por sus grandiosas bondades en la alimentación e industrialización, por sus diversas preparaciones y utilidades en la industria pecuarias en los distintos derivados. El maíz ha sido utilizado desde tiempos remotos para la alimentación de los pueblos ancestrales, es el cultivo con mayor volumen de producción a nivel mundial superando al trigo y al arroz. Este cultivo dota de gran importancia para el país, por la gran generación de empleo a través de la agricultura y la industria y a la vez ayuda al sustento de las familias y al desarrollo del país (Armijo y Umajinga, 2023)

El nitrógeno (N) es un macronutriente fundamental para el desarrollo y crecimiento vegetativo del cultivo de maíz, se considera, además como el nutriente más limitante para el desarrollo de la planta, ya que cuantitativamente es el que requiere en mayor cantidad, una correcta aplicación de este elemento, en equilibrio con las aportaciones de potasio y fósforo son los más influyentes en la obtención de los rendimientos altos en el cultivo de maíz (Navarros y Navarros, 2014).

La importancia del nitrógeno para la planta se debe a las numerosas funciones en las cuales interviene este nutriente entre las cuales destacan; forma parte de los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, además de ser componente fundamental en la síntesis de clorofila, es un componente de las vitaminas, derivados de azúcares, celulosa, almidón y lípidos, también forma parte de las coenzimas y enzima, favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento de las plantas (Albuja, 2016).

De acuerdo a Anffe (2015), para obtener adecuados rendimientos y de una calidad aceptable en cultivos de grano (gramíneas, leguminosas y oleaginosas), lo más importante es que la planta disponga de N durante todo el ciclo de cultivo, independientemente de la fuente (nitrática o amoniacal).

Corrales *et al* (2015) relata que el nitrógeno como nutriente es un elemento móvil muy importante que interactúa directamente en el desarrollo de las plantas durante todas sus fases de vida. Dependiendo del estadio de vida en que se encuentren las plantas estas tendrán una mayor o menor demanda de nitrógeno. El N regula la capacidad que tienen las plantas para la creación de proteínas, aminoácidos, enzimas, clorofila, alcaloides y ácidos nucleídos. Siendo el principal responsable del crecimiento del tallo, hojas, ramas y vigor en general.

En cambio, el Azufre (S), dentro de las plantas, se encuentra contenido en las proteínas como componente de los aminoácidos, apareciendo también en varias vitaminas como la tiamina (vitamina B1) y biotina que es importante como constituyente de algunas enzimas. Una gran parte del S se encuentra, también en las proteínas de los cloroplastos, que contienen la clorofila, de tal forma que, bajo deficiencia de S, la formación de clorofila se ve afectada y las hojas comienzan a presentar una decoloración que las mantiene en color verde pálido (García, 2016).

El mismo autor manifiesta que el S, como el N, también está presente en todas las funciones y procesos que son parte de la vida de la planta, desde la adsorción iónica hasta su participación con el ácido ribonucleico (RNA) y el ácido desoxirribonucleico (DNA), pasando por el control del crecimiento y diferenciación de los tejidos de la planta.

Hermoza (2017) asegura que el azufre es inmóvil en las plantas y no es fácilmente translocado de las hojas más maduras a las hojas jóvenes. Por lo tanto, la deficiencia de azufre aparece primero en las hojas más jóvenes. Los síntomas de deficiencia de azufre aparecen como clorosis en hojas jóvenes (color verde pálido a amarillo). Las plantas deficientes son más pequeñas y su crecimiento es lento.

Otegui *et al* (2002) comenta que las plantas carentes de azufre son de menor estatura. Las hojas son tiesas y enrolladas para abajo. Desarrollan una clorosis entre las venas que cambia de verde amarillento a amarillo. Tallos, venas y peciolo se vuelven morados. Puntos necróticos podrán

aparecer en los márgenes y las puntas de las hojas más viejas, y en los tallos. Deficiencias de azufre parecen mucho a las de nitrógeno, pero empiezan en las hojas más jóvenes como el azufre no es tan móvil como nitrógeno dentro de la planta.

Por su parte, el magnesio (Mg) es el componente central de la molécula de clorofila, que es un pigmento verde característico de la planta que interviene en la producción de materia orgánica utilizando la energía solar. De hecho, un adecuado suministro de Mg a las plantas intensifica la actividad fotosintética de las hojas. Existe una relación directa entre el contenido de Mg y la asimilación de CO₂ (Anhídrido Carbónico) a través de las hojas. La síntesis de carbohidratos, proteínas, grasas y varias vitaminas, no pudieran realizarse sin la suficiente cantidad de Mg, ya que este elemento juega un papel esencial como activador de importantes enzimas, en el caso de deficiencia de este nutriente la síntesis de proteínas queda paralizada y retrasando el crecimiento y desarrollo de las plantas (Pérez, 2015).

La molécula de clorofila está formada principalmente por carbono e hidrogeno. En el centro de esta molécula se encuentra un solitario átomo de Mg, rodeado por un anillo de porfirinas de cuatro Nitrógenos en contacto con partículas luminosas (fotones) con la clorofila producen una excitación de la misma, desencadenado una serie de reacciones fotoquímicas que se encarga de transformar la energía luminosa en energía química (fotosíntesis) (Ramos y Aguilar, 2014).

Rodríguez (2013) menciona que la mayoría de las prácticas de fertilización tanto edáficas como foliares no consideran la aplicación de Magnesio y Azufre a través de las metodologías de fertilización, condición que favorece la respuesta de los cultivos a la aplicación de estos nutrientes más considerando sus bajos niveles en la mayoría de suelos del país. La aplicación de sulfato de magnesio promueve la síntesis de clorofila (pigmento fotosintético) y mejora la eficiencia de utilización del Nitrógeno.

Si las necesidades de los cultivos no son cubiertas por el Mg contenido en el suelo o por la aplicación de fertilizantes conteniendo Mg, las plantas comenzarán a manifestar carencia de este elemento a través de síntomas externos que afectarán a los diferentes estados de crecimiento. Dado que el Mg es bastante móvil y puede ser transportado fácilmente a las partes de la planta en crecimiento activo, las deficiencias o carencias de este elemento comienzan a hacerse visibles generalmente en las hojas más viejas. Aunque dichos síntomas difieren entre las diferentes plantas, algunas características generales son comunes para todas ellas. Esta deficiencia o carencia comienza a manifestarse con una pálida decoloración en toda la hoja o en partes de ella (clorosis), mientras las venas permanecen verdes. Posteriormente el color de las zonas afectadas cambia a amarillo muy claro, llegando incluso a hacerse translúcidas. A partir de dicho momento adquieren un color oscuro,

llegando a morir por necrosis. En la mayoría de los casos las hojas se hacen quebradizas y se observa muy a menudo una defoliación prematura, especialmente en árboles frutales (Sepulveda, 2017).

2 METODOLOGÍA

El presente estudio El presente trabajo experimental, se realizó el sector “Matecito Dos” del cantón Babahoyo de la Provincia de Los Ríos, ubicada en el kilómetro 21 de la vía Babahoyo-Pueblo Nuevo, con coordenadas geográficas UTM 79,414416 de longitud oeste y 1,905498 de longitud sur y una altitud de 6,7 m.s.n.m. Se estudiaron dos factores; a) Comportamiento agronómico del maíz; b) fertilizantes químicos a base de N, S, y Mg. Se evaluaron los tratamientos, tal como se detalla a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1: Tratamientos estudiados

Tratamiento	Urea	Kg/ha Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio “Kieserita”
T1	0	125	125
T2	0	125	250
T3	0	250	125
T4	0	250	250
T5	174	125	125
T6	174	125	250
T7	174	250	125
T8	174	250	250
T9	348	125	125
T10	348	125	250
T11	348	250	125
T12	348	250	250
T13	348	0	0

En todos los tratamientos, como fertilización básica se utilizó 40 kg/ha de P₂O₅ y 80 kg/ha de K₂O.

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se aplicó el diseño experimental de bloques al azar con Arreglo Factorial (A*B*C+1) con trece tratamientos y tres repeticiones. Para la evaluación y comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de posibilidades. Se efectuó con un pase de romplow y uno de rastra en sentido contrario, lo cual permitió un buen suelo para una adecuada germinación de las semillas. La siembra se realizó en forma manual (espeque) y se depositó una semilla por sitio a una profundidad de 5 cm, la distancia entre plantas fue 20 cm y

90 cm entre surcos. El riego se realizó por gravedad a través de surcos con intervalos de 12 días entre riegos, por el lapso de 3 horas diarias. Se aplicó la dosis de fertilizante químico propuesto en cada una de las parcelas experimentales especificadas en el ensayo (Tabla 1). Los fertilizantes Urea 46% N, Sulfato de amonio (21% N + 24% S) y Kieserita (25% MgO + 20% S) se aplicaron de acuerdo a los tratamientos, a los 12 y 25 días después de la siembra, a 5 cm de profundidad al fondo de los surcos a chorro continuo con el suelo húmedo a unos 10 cm de la planta. Para el control de malezas en preemergencia se utilizó Glifosato + Amina en dosis 1,5 + 1,5 L/ha. En post-emergencia, a los 20 días después de la siembra, se aplicó Nicosulfuron + Atrazina, en dosis de 20 g + 2,0 kg/ha. Para controlar la presencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y barrenador de tallos (*Diatraea* spp.) se aplicó los Methomyl en dosis de 150 g/ha a los 15 días después de la siembra. Luego se aplicó Emamectin benzoate, en dosis de 150 g/ha, a los 40 días después de la siembra. La cosecha se realizó en forma manual, cuando los granos lograron su madurez fisiológica en cada parcela experimental. Se recolectaron las mazorcas, se desgranaron y posteriormente se pesaron.

La altura de planta se determinó seleccionado al azar diez plantas por parcelas experimental y se midió la altura desde el nivel del suelo hasta la inserción de la inflorescencia.

Para medir el diámetro del tallo se utilizó un calibrador en las mismas plantas antes indicada, se lo efectuó en el tercer entrenudo de la planta, y se lo expresó en cm.

Se identificó el porcentaje de clorofila mediante la cartilla de pontones tonos de color verde, se realizó a los 56 días de edad del cultivo, con los siguientes rangos de colores:

1	2	3	4	5	6
Verde amarillento #BFFF00	Verde pálido #7CFC00	Verde claro #32CD32	Verde normal #008D00	Verde intenso #117b11	Verde oscuro #006400

Se efectuó mediante el contenido del nitrógeno en la hoja mediante el análisis foliar efectuado en laboratorio a la hoja y se multiplicó por la constante 6,25 de acuerdo a su tratamiento.

Se registró el diámetro y la longitud a 10 mazorcas elegidas al azar, con la ayuda de un calibrador, en el cual se midió el diámetro de la mazorca. La longitud de la mazorca, se midió desde la base hasta el ápice de la mazorca, su resultado se expresó en cm.

El número de granos por mazorca se evaluó en las diez mazorcas evaluadas anteriormente, se contabilizó el número de granos provenientes de las mismas.

El rendimiento se determinó por el peso de granos, provenientes del área útil de cada unidad experimental, ajustando al 13 % de humedad final, empleando la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100 - Ha)}{(100 - Hd)}$$

Pu: Peso uniformizado

Pa: Peso actual

Ha: Humedad actual

Hd: Humedad deseada

3 RESULTADOS

En la Tabla 2, se observan los valores de altura de planta a los 30, 45 y 60 días después de la siembra. El análisis de varianza reportó diferencias significativas para el Factor A (Urea) a los 30 días, mientras que no se presentaron diferencias significativas a los 45 y 60 días en los factores de A (Sulfato de amonio), B (Sulfato de magnesio) e interacciones. Los coeficientes de variación son 8,30; 7,46 y 0,97 %, respectivamente. A los 30 días, sobresalió la dosis de Urea de 174 kg/ha, estadísticamente igual a la dosis de Urea 348 kg/ha y superior estadísticamente al tratamiento que no se utilizó Urea. Además, influyó la aplicación de 250 kg/ha de Sulfato de amonio y 250 kg/ha de Sulfato de magnesio. En las interacciones registraron mayores promedios el uso de 174 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, estadísticamente iguales a las demás interacciones, mientras que el menor valor lo obtuvo el tratamiento que se aplicó 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 125 kg/ha de Sulfato de Magnesio. A los 45 días, el tratamiento que se aplicó 174 y 348 kg/ha de Urea demostraron mayor altura de planta de maíz, estadísticamente igual al tratamiento que no se aplicó Urea. Para el factor B (Sulfato de amonio) y factor C (Sulfato de magnesio) no se reportó significancia estadística. En las interacciones predominó la aplicación de 174 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, con 1,5 m de altura de planta. A los 60 días, no se reportó significancia estadística para el factor A (Urea), factor B (Sulfato de amonio) y factor C (Sulfato de magnesio) se presentó mayor altura de planta el empleo de 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio con 2,1 m de altura de planta, demostrando así necesaria la aplicación conjunta de Urea, Sulfato de amonio y Sulfato de magnesio.

En lo referente al diámetro del tallo, a los 30 días se obtuvieron diferencias significativas para el factor A (Urea) y no se presentaron diferencias significativas para los demás factores e interacciones. A los 45 días, se reportó que la aplicación del factor C (Sulfato de magnesio) alcanzó diferencias altamente significativas y no se presentaron diferencias significativas para los demás factores e interacciones; a los 60 días, los resultados mostraron diferencias altamente significativas para el factor A (Urea), factor C (Sulfato de magnesio) y las interacciones.

Tabla 2. Efectos en la Altura de planta a los 30, 45, 60 días de edad del maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.).

Dosis de fertilizanteskg/ ha			Altura de planta (m)		
Urea	Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio	30 días	45 días	60 días
0	---	---	68,2 b	1,3 b	1,8 ^{ns}
174	---	---	75,9 a	1,4 a	1,9
348	---	---	75,7 a	1,4 a	2,0
---	125	---	72 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}
---	250	---	74,6	1,4	2,0
---	---	125	71,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}
---	---	250	75,1	1,4	2,0
0	125	125	68 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,8 ^{ns}
0	125	250	68	1,2	1,8
0	250	125	66	1,3	1,8
0	250	250	71	1,3	1,9
174	125	125	72	1,3	1,9
174	125	250	77	1,4	1,9
174	250	125	74	1,4	1,9
174	250	250	82	1,5	2,0
348	125	125	72	1,4	2,0
348	125	250	76	1,4	2,0
348	250	125	77	1,4	2,0
348	250	250	78	1,4	2,1
348	0	0	74	1,3	1,9
Promedio general			73	1,3	1,9
			Urea	*	ns
			Sulfato de Amonio	ns	ns
Significancia estadística			Sulfato de Mg	ns	ns
			Urea*Sulfato de Amonio*Sulfato deMg	ns	ns
Coeficiente de variación (%)			8,30	7,46	0,97

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.
Ns= no significativo
*= significativo
**= altamente significativo

Los coeficientes de variación fueron 6,37; 6,32 y 4,88 % (Tabla 3). A los 30 días, la dosificación de 174 y 348 kg/ha de Urea consiguieron mayor diámetro del tallo, superior estadísticamente al tratamiento que no se aplicó Urea. En la interacción predominó la aplicación de 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, en comparación con el resto de tratamientos. A los 45 días, el uso de 250 kg/ha de Sulfato de magnesio generó mayor diámetro del tallo, superior estadísticamente al empleo de 125 kg/ha de Sulfato de magnesio. En las interacciones se destacaron 174 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio y 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio alcanzando mayor promedio en común con 2,9 cm. A los 60 días, en el factor A (Urea), se reflejó mayor valor con el uso de 348 kg/ha de Urea, superior estadísticamente a los demás niveles de ese factor. En el factor C (Sulfato de magnesio), se presentó estadísticamente superior con un promedio de 250 kg/ha de ese elemento. En las interacciones, se mostró mayor diámetro del tallo cuando se utilizó 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio con un promedio de 3,2 cm estadísticamente superior a las demás interacciones.

Tabla 3. Efectos en el diámetro del tallo a los 30, 45, 60 días de edad del cultivo de maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.).

Dosis de fertilizanteskg/ ha			Diámetro del tallo		
Urea	Sulfatode Amonio	Sulfatode Magnesio	30 días	45 días	60 días
0	---	---	2,1 b	2,7 ^{ns}	2,7 c
174	---	---	2,3 a	2,8	2,9 b
348	---	---	2,3 a	2,8	3,1 a
---	125	---	2,2 ns	2,7 ns	2,9 ns
---	250	---	2,2	2,8	2,9
---	---	125	2,2 ns	2,7 b	2,9 b
---	---	250	2,3	2,8 a	3,0 a
0	125	125	2,2 ns	2,6 ns	2,5 f
0	125	250	2,1	2,7	2,8 bcd
0	250	125	2,1	2,7	2,7 def
0	250	250	2,1	2,7	2,8 bcd
174	125	125	2,2	2,7	2,9 abc
174	125	250	2,3	2,8	2,9 bcd
174	250	125	2,2	2,7	2,9 abc
174	250	250	2,3	2,9	3,0 abc
348	125	125	2,2	2,6	3,0 abc
348	125	250	2,3	2,8	3,0 ab
348	250	125	2,2	2,8	3,0 ab
348	250	250	2,4	2,9	3,2 a
348	0	0	2,1	2,8	2,9 bcd
Promedio general			2,2	2,7	2,9

Significancia estadística	Urea	*	ns	**
	Sulfato de Amonio	ns	ns	ns
	Sulfato de Mg	ns	**	**
	Urea*Sulfato de Amonio*Sulfato de Mg	ns	ns	**
Coeficiente de variación (%)		6,37	6,32	4,88

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.
Ns= no significativo
*= significativo
**= altamente significativo

En lo referente al contenido de clorofila se obtuvieron diferencias significativas para el factor A (Urea) y no se presentaron diferencias significativas para los demás factores e interacciones. En el factor A (Urea), se observó el mayor promedio con el uso de 348 kg/ha de Urea, con un contenido de clorofila de 5,7%, estadísticamente igual a las 174 kg/ha de urea con (5,5%), y menor a la no aplicación de Urea con (3,9 %). En cuanto al factor B (S. A.) y el factor C (S. Mg.) no obtuvieron significancia estadística. Con un coeficiente de variación fue 10,39 %, como se observa en el (Tabla 4). En la interacciones el mayor contenido de clorofila se dio cuando se aplicó 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio y 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, y 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio y 125 kg/ha de Sulfato de magnesio, con (5,8%) y el menor se dio cuando se aplicó 0 kg/ha de Urea + 125 kg/ha Sulfato de amonio + 125 kg/ha sulfato de magnesio, con un promedio de (3,5%) de concentración de clorofila.

Tabla 4. Efectos en el contenido de clorofila en el cultivo de maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.).

Dosis de fertilizantes			Concentración de Clorofila
kg/ ha			
Urea	Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio	
0	---	---	3,9 b
174	---	---	5.5 a
384	---	---	5.7 a
---	125	---	4.9ns
---	250	---	5.1
---	---	125	5.0ns
---	---	250	5.1
0	125	125	3,5ns
0	125	250	3,8
0	250	125	3,7
0	250	250	4,6
174	125	125	5,6

174	125	250	5,2
174	250	125	5,3
174	250	250	5,6
348	125	125	5,7
348	125	250	5,6
348	250	125	5,8
348	250	250	5,8
348	0	0	5,7
Promedio general			5.1
Significancia estadística	Urea		**
	Sulfato de Amonio		ns
	Sulfato de Mg		ns
	Urea*Sulfato de Amonio		ns
	Sulfato de Mg		ns
Coeficiente de variación (%)			10.39

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.
Ns= no significativo
*= significativo
**= altamente significativo

El contenido de proteínas, sobresalió con el uso de 348 kg/ha, de factor A (Urea) estadísticamente igual a la dosis de 174 kg/ha de Urea y superior al tratamiento que no se utilizó Urea. Además, influyó la aplicación de 250 kg/ha de factor B (Sulfato de amonio) y 250 kg/ha de factor C (Sulfato de magnesio). En las interacciones registro mayor promedio con el uso de 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, con un promedio de 19,13% de proteínas, iguales a las demás interacciones, con el uso de 348 kg/ha de Urea + 125 kg/ha Sulfato de amonio + 250 kg/ha Sulfato de magnesio; 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 125 kg/ha Sulfato de magnesio, los menores promedio se obtuvieron con las dosis de 250 kg/ha de Sulfato amonio + 125 kg/ha de Sulfato de magnesio, y 125 kg/ha de Sulfato de amonio y 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, fueron significativamente iguales con un promedio de 15,00% de proteínas en el (Tabla 5).

Tabla 5. Efectos en el contenido de proteínas del cultivo de maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.).

Identificación de las muestras			Contenido de proteínas por tratamientos	
Urea	Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio	N	Proteínas
0	---	---	2.49	15.55
174	---	---	2.86	17.89
348	---	---	2.96	18.49
---	125	---	2.72	17.02
---	250	---	2.84	17.73
---	---	125	2.74	17.13
---	---	250	2.82	17.63
0	125	125	2,41	15,06
0	125	250	2,40	15,00
0	250	125	2,40	15,00
0	250	250	2,74	17,13
174	125	125	2,80	17,50
174	125	250	2,82	17,63
174	250	125	2,91	18,19
174	250	250	2,92	18,25
348	125	125	2,93	18,31
348	125	250	2,98	18,63
348	250	125	2,99	18,69
348	250	250	3,06	19,13
348	0	0	2.83	17,68
Nivel adecuado			2,75	17,19
Nivel adecuado			3,25	20,31

En el factor A (Urea), se observó los mayores promedios con el uso de 348kg/ha de Urea, que obtuvo diferencias altamente significativas que las demás aplicaciones. De la misma forma el factor B (Sulfato de amonio) en la longitud alcanzó diferencias altamente significativas con el uso de 250 kg/ha de Sulfato de amonio en cambio en el diámetro no obtuvo diferencias significativas. El factor C (Sulfato de magnesio) no obtuvo diferencia significativa. Los coeficientes de variación fueron 2,02 y 4,60 % según se observa en el (Tabla 6). En la interacción de los elementos se observó que el mayor diámetro y longitud de mazorca lo consiguió el tratamiento que se utilizó 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, superiores estadísticamente al resto de tratamientos.

Tabla 6. Efectos en el diámetro y longitud de mazorca en el cultivo de maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.).

Dosis de fertilizantes kg/ ha			Mazorca	
Urea	Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio	Diámetro	Longitud
0	---	---	2,7 c	12,2 c
174	---	---	2,9 b	14,3 b
348	---	---	3,1 a	15,2 a
---	125	---	2,9 ns	13,5 b
---	250	---	2,9	14,2 a
---	---	125	2,9 ns	13,7 ns
---	---	250	3,0	14,0
0	125	125	2,5 g	11,3 g
0	125	250	2,8 fg	11,7 fg
0	250	125	2,7 efg	12,6 efg
0	250	250	2,8 efg	13,3 cde
174	125	125	2,9 abc	13,9 abc
174	125	250	2,9 bcd	14,3 abc
174	250	125	2,9 bcd	14,0 abc
174	250	250	3,0 ab	14,8 abc
348	125	125	3,0 abc	15,2 ab
348	125	250	3,0 abc	14,8 abc
348	250	125	3,0 ab	15,2 a
348	250	250	3,2 a	15,4 a
348	0	0	2,9 abc	14,7 abc
Promedio general			4,9	13,9
Significancia estadística	Urea		**	**
	Sulfato de Amonio		ns	**
	Sulfato de Mg		ns	ns
	Urea*Sulfato de Amonio*Sulfato de Mg		**	**
	Coeficiente de variación (%)			2,02

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.
Ns= no significativo
*= significativo
**= altamente significativo

La variable número de granos por mazorca registra sus valores en el (Tabla 7). El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para el factor A (Urea) e interacciones; diferencias significativas para el factor B (Sulfato de amonio) y no se presentaron diferencias significativas para el factor C (Sulfato de magnesio). El coeficiente de variación fue 6,71 %. El factor (Urea) con 174 kg/ha alcanzó mayor promedio (602,5 granos/mazorca), igual estadísticamente al resto de tratamientos. El factor B (Sulfato de amonio) superó los promedios con

250 kg/ha, estadísticamente superior a las demás aplicaciones. En cambio el factor C (Sulfato de magnesio) no obtuvo diferencia significativa. En las interacciones el empleo de 174 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio alcanzó mayor resultado (625,6 granos/mazorca), estadísticamente igual al resto de interacciones, excepto al empleo de 125 kg/ha de Sulfato de amonio + 125 kg/ha de Sulfato de magnesio que estadísticamente fue el menor con (463,4 granos/mazorca).

Tabla 7. Efectos en el número de granos por mazorca en el cultivo de maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.)”.

Urea	Dosis de fertilizantes kg/ ha		Número de granos por mazorca
	Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio	
0	---	---	508,2 b
174	---	---	602,5 a
348	---	---	601,1 a
---	125	---	549,2 b
---	250	---	592,0 a
---	---	125	566,4ns
---	---	250	574,8
0	125	125	463,4 g
0	125	250	472,9 fg
0	250	125	571,0 abc
0	250	250	525,3 bde
174	125	125	559,3 abc
174	125	250	609,1 abc
174	250	125	616,2 ab
174	250	250	625,6 a
348	125	125	589,3 abc
348	125	250	601,1 abc
348	250	125	599,3 abc
348	250	250	614,8 ab
348	0	0	567,8 abc
Promedio general			570,4
Significancia estadística	Urea		**
	Sulfato de Amonio		*
	Sulfato de Mg		ns
	Urea*Sulfato de Amonio*Sulfatode		**
	Mg		
Coeficiente de variación (%)			6,71

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.
Ns= no significativo
*= significativo
**= altamente significativo

En el Tabla 8, se observan los promedios de rendimiento en kg/ha. El análisis de varianza alcanzó diferencias altamente significativas para el factor A (Urea), factor B (Sulfato de amonio) e interacciones y no se mostraron diferencias significativas para el factor C (Sulfato de magnesio). El coeficiente de variación fue 4,95 %. El factor (Urea) con 348 kg/ha alcanzó mayor valor con (5940,1 kg/ha), igual estadísticamente al resto de tratamientos. El factor B (Sulfato de amonio) superó los promedios con la dosis de 250 kg/ha estadísticamente superior a la aplicación de 125 kg/ha de factor B (Sulfato de amonio) y el factor C (Sulfato de magnesio) no obtuvo diferencia significativa. En las interacciones el empleo de 174 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio obtuvo mayor resultado con (6217,8 kg/ha), estadísticamente igual al resto de interacciones, excepto al empleo de 125 kg/ha de Sulfato de amonio + 125 kg/ha de Sulfato de magnesio con (4541,6 kg/ha) para el menor rendimiento.

Tabla 8. Efectos en el rendimiento del maíz, en el ensayo sobre “Nutrición a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.)”.

Dosis de fertilizantes			Rendimiento kg/ha
Urea	Sulfato de Amonio	Sulfato de Magnesio	
0	---	---	4873,5 b
174	---	---	5805,7 a
348	---	---	5940,1 a
---	125	---	5345,5 b
---	250	---	5734,0 a
---	---	125	5446,4ns
---	---	250	5633,1
0	125	125	4541,6 c
0	125	250	4634,1 c
0	250	125	5102,9 bc
0	250	250	5215,2 bc
174	125	125	5481,1 ab
174	125	250	5783,3 ab
174	250	125	5740,5 ab
174	250	250	6217,8 a
348	125	125	5736,9 ab
348	125	250	5896,0 ab
348	250	125	6075,3 a
348	250	250	6052,1 a
348	0	0	5564,4 a
Promedio general			5589,8
		Urea	**
Significancia estadística	Sulfato de Amonio		**
	Sulfato de Mg		ns
	Urea*Sulfato de Amonio*Sulfato de Mg		**
Coeficiente de variación (%)			4.95

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.
Ns= no significativo
*= significativo
**= altamente significativo

4 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

- Los fertilizantes a base de Nitrógeno, azufre y Magnesio incrementaron la concentración de clorofila, proteína y rendimiento en el cultivo de maíz.
- La mayor altura de planta se consiguió cuando se aplicó 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio.
- El diámetro del tallo fue mayor con el uso de 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio, mientras que con estos mismos niveles también se logró la mayor concentración de clorofila y proteínas.
- La longitud de mazorca, más elevados se obtuvo con la aplicación de 348 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ de Sulfato de magnesio.
- El número de granos por mazorca, y el rendimiento y se maximizó con el uso de 174 kg/ha de Urea + 250 kg/ha de Sulfato de amonio + 250 kg/ha de Sulfato de magnesio.

REFERENCIAS

Armijo, E., Umajinga, E. 2023. Evaluación de la fertilización química y orgánica en maíz (*Zea mays*) en el cantón La Maná. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. La Mana, Ecuador.

Albuja, B. (2016). Porque el maíz es importante para una dieta equilibrada. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <https://www.fuentesaludable.com/porque-el-maiz-es-importante-para-una-dieta-equilibrada/>

Anffe. (2015). La importancia de los fertilizantes en una agricultura actual productiva y sostenible. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <http://www.anffe.com/noticias/2008/2008-06-02%20La%20importancia%20de%20los%20fertilizantes%20en%20una%20agricultura%20actual%20productiva%20y%20sostenible/LA%20IMPORTANCIA%20DE%20LO%20S%20FERTILIZANTES.pdf>

Corrales, M., Rada, F. y Jaimez, R. (2015). Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. f.). Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v65n3/v65n3a07.pdf>

Dobermann, A. y Fairhurst, T. (2000). Manejo del azufre en arroz. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/D571771F17FF928C852579A300744460/\\$FILE/Manejo%20del%20Azufre%20en%20Arroz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/D571771F17FF928C852579A300744460/$FILE/Manejo%20del%20Azufre%20en%20Arroz.pdf)

García, M. (2016). Importancia de los fertilizantes. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <https://www.importancia.org/fertilizantes.php>

Hermoza, M. (2017). La importancia del maíz o choclo en nuestra dieta diaria. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <http://www.elpopular.pe/series/nutricion/2014-01-14-la-importancia-del-maiz-o-choclo-en-nuestra-dieta-diaria>

Navarros, G., & Navarros, S. (2014). Fertilizantes química y acción. Madrid, España: Mundi-Prensa. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=3McUBQAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlin

Otegui, O., Zamalvide, J., Perdomo, C., Goyenola, R. y Cerveñanasky, A. (2002). Momento de aplicación de nitrógeno: efecto en eficiencia de uso del fertilizante, rendimiento y concentración proteica en grano de cebada cervecera en Uruguay. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/573/57320112.pdf>

Pérez, R. (2015). Carencias y excesos de Nitrógeno. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <https://www.alchimiaweb.com/blog/nitrogeno-carencias-excesos/>

Ramos, G. y Aguilar, R. (2014). Efecto de fertilizantes químicos en la calidad de los cultivos agrícolas. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/efecto-de-fertilizantes-quimicos-en-la-calidad-de-los-cultivos-agricolas/>

Rodríguez, M. (2013). Aplicación fraccionada del nitrógeno y su efecto en el rendimiento de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de San Juan de la Maguana, Rep. Dom. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en http://www.idiaf.gov.do/i_tecnologico/pdf/234ad8_textocompleto.cias-sia.habichuela.28.pdf

Sepúlveda, A. (2017). Importancia de la fertilización. Consultado 28 Octubre 2023. Disponible en <http://parquesalegres.org/biblioteca/blog/importancia-de-la-fertilizacion/>