



Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Agronomía y Veterinaria

*Trabajo Final Presentado para
Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo*

**“Fertilización del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), en un Haplustol
éntico del sur de la provincia de Córdoba”**

Alumno

CALVO, Juan Manuel.

30.310.108

Director

Ing. Agr. Espósito, Gabriel Pablo

Codirector

Ing. Agr. Castillo, Carlos Alberto

Río Cuarto – Córdoba

Agosto de 2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

Facultad de Agronomía y Veterinaria

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Fertilización del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), en un Haplustol éntico del sur de la provincia de Córdoba.

Autor: Juan Manuel Calvo.

DNI: 30.310.108

Director: Ing. Agr. Gabriel Pablo Espósito

Codirector: Ing. Agr. Carlos Alberto Castillo

Aprobado y corregido de acuerdo a las sugerencias del Jurado Evaluador:

Ing. Agr. Bonadeo Elena _____

Ing. Agr. Gonzalez Sergio _____

Ing. Agr. Fernandez Elena _____

Fecha de presentación: ___/___/_____

Aprobado por Secretaría Académica: ___/___/_____

Med. Vet. JORGE DE LA CRUZ
Secretario Académico
Facultad de Agronomía y Veterinaria

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en cada momento y por su significativo aporte en mi formación personal y profesional, ya que ellos hicieron posible que concluya mis estudios siendo el sostén de mi vida.

A mis mejores amigos: Castagniera Alfredo, Bisio José, Manassero Ignacio, Crespo Severo, Hoffman Maximiliano, Biset Matías, Amestoy Laureano, Bonadeo Francisco, Cornejo Juan Pablo y Sansot Diego.

A mi amigo y compañero de estudio con el cual rendí la mayoría de los finales de la carrera: Pellegrini Matías.

A compañeros y amigos de la carrera por los momentos compartidos.

A los Ingenieros Ornaghi José, Espósito Gabriel, Castillo Carlos y Balboa Ricardo por sus consejos y apoyo durante la carrera.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto y en particular a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución a mi formación profesional y humana, brindada durante los años de carrera.

Al término de esta etapa de mi vida, quiero expresar todo mi agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión, me alentaron a lograr esta realidad... Mi Formación Profesional.

ÍNDICE DE TEXTO

CARATULA.....	(I)
CERTIFICADO DE APROBACIÓN.....	(II)
AGRADECIMIENTOS.....	(III)
ÍNDICE DE TEXTO.....	(IV)
ÍNDICE DE CUADROS.....	(V)
ÍNDICE DE FIGURAS.....	(V)
ÍNDICE DE FOTOS.....	(VI)
I. RESUMEN.....	(VII)
II. SUMMARY.....	(VIII)
III. INTRODUCCIÓN.....	(1)
i .HIPOTESIS.....	(7)
ii. OBJETIVOS GENERALES.....	(7)
iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	(7)
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	(8)
IV. i. CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	(8)
IV. ii. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO.....	(10)
1. CLIMA.....	(10)
2. SUELO.....	(11)
3. FISIOGRAFIA.....	(11)
4. CARACTERIZACION DEL SUELO DEL ENSAYO.....	(11)
5. CARACTERIZACION DEL CULTIVO.....	(14)
IV. iii. DETERMINACIONES REALIZADAS.....	(15)
1. ESTRUCTURA DEL CANOPEO.....	(15)
2. INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN (IR).....	(15)
3. RENDIMIENTO EN GRANO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	(15)
IV. iiiii. ANALISIS DE DATOS.....	(16)
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	(17)
V. i. ESTRUCTURA DEL CANOPEO.....	(17)
1. ALTURA DE LAS PLANTAS Y ÁREA FOLIAR EN EL ESTADIO V ₁₃ Y R ₃	(17)
V. ii. INTERCEPCION DE LA RADIACION SOLAR.....	(19)
1. EFICIENCIA DE INTERCEPCION Y RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA INTERCEPTADA.....	(19)
V. iii. RENDIMIENTO EN GRANO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	(23)
1. RENDIMIENTO EN GRANO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	(23)
VI. CONCLUSIONES.....	(31)
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	(32)
VIII. ANEXO.....	(37)

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Perfil del suelo Ensayo I Establecimiento Pasos de los Espinillos, Río Cuarto (Córdoba).....	(12)
Cuadro 2: Valores de N-NO ₃ en el perfil en distintas etapas fenológicas del cultivo, Río Cuarto (Córdoba).....	(13)
Cuadro 3: Característica de los distintos materiales evaluados en el ensayo, Río Cuarto (Córdoba).....	(14)
Cuadro 4: Fecha de ocurrencia de los estadios fenológico del cultivo desde siembra hasta R ₆ , Río Cuarto (Córdoba).....	(14)
Cuadro 5: Altura y superficie foliar de los distintos materiales y efecto de la interacción de los distintos fertilizantes.....	(17)
Cuadro 6: Eficiencia de intercepción, radiación fotosintéticamente activa de los distintos materiales y efecto de la interacción de las distintas dosis de fertilizante.....	(20)
Cuadro 7: Rendimiento según distinta dosis de fertilizante con su respectiva interacción.....	(23)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Precipitación Mensual Normal período 1978 – 2007 para la localidad de Río Cuarto, Córdoba.....	(10)
Figura 2: Radiación solar para el periodo 1-10-2006 al 30-03-2007, para la localidad Río Cuarto, Córdoba.....	(11)
Figura 3: Altura de la planta en relación con la superficie foliar de la hoja de la espiga, Pasos De Los Espinillos, localidad de Río Cuarto, Córdoba.....	(18)
Figura 4: Superficie foliar en relación con la radiación fotosintéticamente activa interceptada, Pasos De Los Espinillos, localidad de Río Cuarto, Córdoba.....	(22)
Figura 5: Radiación fotosintéticamente activa interceptada promedio de los distintos tratamientos en relación con el número de grano.....	(25)
Figura 6: Rendimiento promedio en relación con el peso de los mil granos de los distintos materiales.....	(26)
Figura 7: Rendimiento promedio en relación con el número de grano de los distintos cultivares.....	(26)
Figura 8: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a las distintas dosis de nitrógeno.....	(27)
Figura 9: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a las distintas dosis de azufre.....	(28)
Figura 10: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a las distintas dosis de nitrógeno y si interacción con el azufre.....	(29)
Figura 11: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a los distintos fertilizantes.....	(30)

ÍNDICE DE FIGURAS

Foto 1: Perfil del suelo del establecimiento Pasos De Los Espinillos, Río Cuarto, Córdoba.....	(37)
Foto 2: Sistema radicular de un maíz con alta fertilización el de la derecha y uno con baja fertilización izquierdo, Río Cuarto, Córdoba.....	(37)
Foto 3: Diferencia de coloración entre distintas parcelas, izquierda baja fertilización y derecha alta fertilización, Río Cuarto, Córdoba.....	(38)
Foto 4: Diferencia de coloración y de tamaño entre la hoja de la espiga y la hoja embuchada, izquierda baja fertilización y derecha alta fertilización, Río Cuarto, Córdoba.	(38)
Foto 5: Cobertura de las hojas con respecto al suelo en una parcela con alta fertilización, Río Cuarto, Córdoba.	(39)
Foto 6: Cobertura de las hojas con respecto al suelo en una parcela con baja fertilización, Río Cuarto, Córdoba.	(39)

I. RESUMEN

La nutrición en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y el manejo de la fertilización son temas de elevada importancia ya que potencia el rendimiento a gran escala. Para el manejo de la misma se han desarrollado diversas técnicas agronómicas entre otras el manejo de nutrientes, que corresponde a la aplicación de fertilizantes líquidos en el estadio V₆. El objetivo del presente trabajo fue verificar la interacción entre el nitrógeno y azufre en la respuesta en rendimiento de grano en maíz (*Zea mays L.*). Para ello se estableció un ensayo de maíz en el establecimiento “Pasos De Los Espinillos” ubicado 10kilómetros al sur de la localidad de Río Cuarto (Córdoba). El diseño experimental fue Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones espaciales. Cada tratamiento consistió en la combinación de dos factores: dosis de nitrógeno y dosis de azufre. Probándolo en dos híbridos distintos NK 940 y DK 682, estos materiales se sembraron en franja. Luego de aplicar el fertilizante en estadio V₅, se procedió a la lectura de la eficiencia de la intercepción de la radiación en los estadios V₁₃ y R₃ mediante la barra analizadora de dosel (Licor 1400). También en este último estadio se midió altura de las plantas, ancho y largo de la hoja de la espiga. La cosecha del ensayo se realizó a mano, midiendo en 7,15metros lineales y contando el número de plantas, el número de espigas y por último el rendimiento. Todos los resultados fueron analizados mediante análisis de la varianza (ANAVA), test de separación de medias ya que se lo debería probar varios años consecutivos con distintas condiciones ambientales. No obstante, se ha podido encontrar una asociación totalmente aceptable entre la fertilización nitrogenada y el rendimiento en grano del cultivo de maíz.

Palabras clave: *Maíz – Nitrógeno – Azufre – Híbridos*

II. SUMMARY

The nutrition in the growing of corn (*Zea mays* L.) and the handling of fertilization are highly important topics since they harness the great scale yield. Several agronomic techniques such as the management of Nutrients, which corresponds to the application of liquid fertilizers in the V⁶ stage, have been developed for the handling of great scale yield.

The aim of this work was to verify the interaction between nitrogen and sulphur in the response in grain yield in corn (*Zea mays* L.). For that, a trial of corn was set up in the farm “Pasos De Los Espinillos”, situated 10kilometres to the south of Rio Cuarto (Córdoba). Randomised Complete Block Design (RCB) with three space repetitions was the experimental design used. Each treatment consisted in the combination of two factors: nitrogen dose and sulphur dose. After applying the fertilizer in V⁵ stage, the reading of the foliar area (AF) in V¹³ stage through the canopy analysing bar (Licor 1400), which was then re used in R³ stage, was realized. Also in this last stage the height of the plants and the width and length of the ear leaf were measured. The harvesting of the trial was done by hand, measuring in 7.15 lineal metres and counting the number of plants, the number of spikes and lastly the yield; being the aim of this measurement to calculate the yield per plant. All the results were analysed through analysis of variance (ANOVA), mean separation test. The results showed that, because of the absence of response to the interaction of nitrogen and sulphured fertilization, the effect that this type of fertilization produce in the growing of corn (*Zea mays* L) could not be established correctly since it should be tested for several consecutive years in the same agricultural area under different environmental conditions. However, it has been found that there is a totally acceptable association between nitrogen fertilization and the grain yield in corn crop.

Keywords: *Corn – Nitrogen – Sulphur – Hybrids*

III. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz en la última década en Argentina ha ocupado una superficie que varió entre 2,5 y 4 millones de hectáreas con una producción total entre 12-19 millones de toneladas. Si bien son numerosos los factores responsables de este bajo rango de producción, la inadecuada nutrición del cultivo es uno de los factores más relevantes (Echeverría *et al.*, 2005).

La intensificación de las actividades agrícolas en las últimas tres décadas en la región pampeana trajo aparejada una gran extracción de nutrientes del suelo, que no fueron repuestos con la misma intensidad, siendo los más afectados aquellos que provienen de la materia orgánica tales como el nitrógeno, el fósforo y el azufre (García, 2000).

Entre ellos, el azufre ha sido uno de los menos investigados, aunque últimamente se están realizando diversos estudios a nivel mundial (Weil and Mughogho, 2000) y en Argentina (García, 2000). Además, Relun (2005) señaló que en siembra directa es factible esperar una menor mineralización del S de la materia orgánica del suelo.

En nuestro país la respuesta al agregado de nutrientes en maíz ha sido demostrada desde la década del 70, pero aún en nuestros días las dosis de nutrientes empleadas son bajas en relación con los requerimientos del cultivo, sin contar con diagnósticos precisos en todos los ambientes de producción. En términos generales, el proceso de intensificación de la actividad agrícola, sin una adecuada reposición de nutrientes ha reducido los contenidos de materia orgánica y de nutrientes en los suelos de la región pampeana, atentando contra su sustentabilidad (Echeverría *et al.*, 2005).

Si bien es frecuente la fertilización con nitrógeno la información en cuanto a niveles críticos de respuesta y momentos de aplicación de nitrógeno no es abundante (García *et al.*, 2005).

En la última década, el rendimiento del maíz presentó un importante incremento como consecuencia de la introducción de nuevos híbridos (Echarte *et al.* 2004) y de los cambios en la tecnología de su producción (Miguez y Windauer, 2004).

El rendimiento del cultivo de maíz depende de su capacidad de crecimiento y de la fracción que se destina del mismo para la producción de granos (llamado índice de cosecha). El crecimiento resulta de la utilización de la luz solar en la fotosíntesis, que aporta los componentes necesarios para la constitución y funcionamiento de los distintos órganos de la planta. Por lo tanto, está directamente relacionado con la capacidad del cultivo para capturar la luz solar incidente (Andrade *et al.*, 1996).

El impacto de la disponibilidad de nitrógeno sobre el rendimiento también está influenciada por los requerimientos del cultivo los cual dependen del nivel de rendimiento (Steinbach *et al.*, 2006).

El rendimiento en grano del maíz está principalmente determinado por el número de granos por metro cuadrado (Bolaños y Edmeades, 1993; Cirilo y Andrade, 1994; Otegui 1995; Otegui *et al.*, 1995). Este componente está relacionado positivamente con el crecimiento del cultivo alrededor de floración (Andrade *et al.*, 1999; Tollenaar *et al.*, 1992) y con la partición de este crecimiento hacia las espigas (Echarte *et al.*, 2004). El crecimiento del cultivo depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada y de la eficiencia de conversión de dicha radiación en biomasa, comúnmente conocida como eficiencia en el uso de la radiación (EUR). Muchas prácticas culturales como densidad de siembra y espaciamiento entre hileras, apuntan a modificar la interceptación de radiación, EUR o ambas variables.

La captura de luz por el cultivo es función de la estructura de su canopeo, por lo tanto, depende de la densidad de siembra, de la arquitectura y foliosidad de las plantas y del arreglo espacial de esas plantas en el terreno, es decir, de la distancia entre los surcos de siembra (Maddonni *et al.*, 1997).

El rendimiento máximo de un cultivo es función directa de su índice de área foliar (IAF) óptimo (cantidad de follaje requerido para interceptar 95% de la radiación incidente), el cual está determinado por la densidad de población (Shibles y Weber, 1965; Williams *et al.*, 1965) entre otros factores. Con valores menores o mayores al IAF óptimo se reduce el rendimiento del cultivo (Karlen y Camp, 1985; Hashemi-Dezfouli y Herbert, 1992; Andrade *et al.*, 1992). Con valores menores, parte de la radiación solar no será interceptada por el follaje; con valores mayores, se incrementa la proporción de follaje sombreado se incrementa y la relación fotosíntesis/respiración como el rendimiento, decrecen (Andrade *et al.*, 1993).

La radiación solar total que incide sobre el dosel de los cultivos tiene un intervalo de longitud de onda de 0.380 a 4.00 μm . Para la fotosíntesis las plantas utilizan sólo la radiación de 0.400 a 0.700 μm , definida como la radiación fotosintética activa (RFA), y corresponde aproximadamente a 48% de la radiación solar total incidente (Jones, 1992). El resto de la radiación solar absorbida por las hojas induce efectos térmicos, afectando la temperatura foliar y la tasa de transpiración (Gallo y Daughtry, 1986). La radiación solar también influye en el crecimiento y desarrollo de los cultivos por sus efectos en la fotomorfogénesis y mutamorfogénesis (Gates, 1980).

Una de las funciones de las hojas de las plantas es interceptar la radiación solar necesaria para la fotosíntesis; por tanto, los cultivos deben desarrollar suficiente área foliar para una máxima absorción de la radiación y así realizar la formación de carbohidratos necesarios para su crecimiento (Otegui *et al.*, 1995).

La eficiencia en el uso de un recurso (e.g. radiación o nitrógeno) representa la cantidad de producto logrado (materia seca o granos) por unidad de recurso capturado por el

cultivo para eso es necesaria una nutrición balanceada que permita el máximo crecimiento foliar (Hunt *et al.*, 1990).

El fertilizante que no es aprovechado por el cultivo representa una pérdida económica y física para el sistema, esta situación ocurre cuando la dosis de nitrógeno se encuentra por encima de los requerimientos del cultivo o cuando la oferta de NO₃ y la demanda del cultivo están desfasadas en el tiempo. Desde el punto de vista tecnológico estas pérdidas se pueden minimizar optimizando la dosis y momento de aplicación del fertilizante. Para ello es necesario utilizar métodos de diagnóstico apropiados para calcular la dosis a aplicar y fertilizar en el momento más cercano a la máxima demanda del cultivo (Rimski-Korsakov *et al.*, 2005).

La eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN), entendida como la cantidad de grano producida por unidad de nitrógeno aportado, fue estimada por Dale (1997); Tkachuk (1977) y Keeney (1982) en aproximadamente un 33%, a nivel mundial para la producción de cereales (trigo, *Triticum aestivum L.*, maíz, *Zea mays L.*, arroz, *Oryza sativa L.*, cebada, *Hordeum vulgare L.* sorgo, *Sorghum bicolor L.*, mijo, *Pennisetum glaucum L.*, avena, *Avena sativa L.* centeno, *Secale cereale L.*). El 67% restante representa una elevada pérdida económica valuada en miles de millones de dólares por año. La baja eficiencia es consecuencia de la desnitrificación del suelo, la volatilización, los escurrimientos superficiales y la lixiviación, entre otras posibles causas.

Diversos autores han manifestado que, aplicaciones nitrogenadas en dosis completa al momento de la siembra, incrementan los riesgos de pérdidas por lixiviación ante lluvias intensas; además de dificultar el cálculo de la dosis necesaria por desconocer el estado de crecimiento del cultivo (Schmidt *et al.*, 2002; Tawainga *et al.*, 2003; Sainz Rozas *et al.*, 2000). Por este motivo, la aplicación de nitrógeno en estadios vegetativos intermedios entre la siembra y la floración, es una técnica de manejo agronómico que mejora la eficiencia de uso del nutriente (Scharf *et al.*, 2005).

La decisión de fertilizar constituye una de las herramientas de manejo empresario que más afecta el costo y la rentabilidad de la producción de cereales como el trigo y el maíz. Principalmente, porque el nitrógeno, en el rango de uso más frecuente, es el nutriente más vinculado al rendimiento y tiene una relación lineal con el mismo (Melgar, 2002). Cualquier tipo de práctica agronómica, tendiente a incrementar la producción de granos, plantea la necesidad de reducir la incertidumbre de saber si el adicional de rendimiento obtenido superará en términos económicos lo invertido en dicha práctica (Maddonni *et al.*, 2003).

La adecuada disponibilidad de nutrientes especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen desarrollo y crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Además, entre la siembra y el estado V₅₋₆, la

absorción de nitrógeno es baja y las temperaturas aumentan, generando un pulso de liberación de N desde la fracción orgánica. Por estas razones, según Garcia (2005) la aplicación en este estado del cultivo o previamente ha sido reportada como la de mayor eficiencia de uso de nitrógeno por el cultivo. Scharf *et al.*, (2002) incluyen otras razones del porqué las aplicaciones tardías de nitrógeno pueden ser interesantes: para distribuir la aplicación de fertilizante fuera del período de implantación que es un período de mucha ocupación para los productores; para reducir las pérdidas de nitrógeno durante la campaña en años húmedos; o para permitir su uso como herramienta de diagnóstico. Esto último es debido a que los nitratos al ser solubles en agua, ante la ocurrencia de una lluvia se mueven a través del perfil, incrementándose las pérdidas por lixiviación.

En la planta de maíz, el meristema apical diferencia primordios foliares hasta que el cultivo externamente muestra de 4 a 6 hojas totalmente expandidas. Luego de este estadio el meristema apical comienza a diferenciar espiguillas correspondientes a la panoja, luego cuando la planta tiene de 7 a 9 hojas expandidas, las yemas axilares desarrollan los primordios florales de la futura espiga siendo la yema ubicada en la axila de la 5 o 7 hoja superior a la que dará origen a la primera espiga. Dentro de cada yema axilar el número de hileras de espiguillas de la futura espiga queda definido tempranamente, mientras que la diferenciación de espiguillas continúa hasta una a dos semanas antes de R_1 quedando determinado en este estadio el número potencial de granos que tendrá la planta (Andrade *et al.*, 1996).

Una buena disponibilidad nutricional, especialmente en los momentos en que los nutrientes son requeridos en elevadas cantidades, asegura: i) un buen crecimiento foliar, lo que permite al cultivo alcanzar rápidamente y mantener la cobertura total del suelo; y, ii) una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa. Esto garantiza un óptimo estado fisiológico en la etapa decisiva para la determinación del rendimiento. El maíz necesita absorber 20 kg de nitrógeno y alrededor de 4 kg de fósforo por tonelada de rendimiento de grano. En consecuencia, los requerimientos de estos nutrientes quedan definidos según el potencial productivo de cada ambiente, debiéndose aplicar fertilizantes cuando la cantidad aportada por el suelo no satisfaga las necesidades de los cultivos. Cuando los requerimientos nutricionales no son cubiertos, la tasa de crecimiento del cultivo se reduce y como consecuencia su productividad (Andrade *et al.*, 1996).

Existen antecedentes de respuestas al agregado de azufre en maíz mostrando evidencias de una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y poniendo de manifiesto la necesidad de realizar una fertilización balanceada (Salvagiotti *et al.*, 2002).

Las respuestas al agregado de azufre en cultivos de maíz son más frecuentes en las últimas campañas (Cordone *et al.*, 2001) en lotes de alta producción.

Cordone *et al.* (2001) encontraron respuesta al agregado de S cuando estaban cubiertas las necesidades de N y P en ambientes de productividad intermedia (entre 7-11 mg ha⁻¹), mientras que la respuesta fue menor en los más pobres y casi nula en los de mayor potencial.

Gonzalez Montaner y Di Napoli (2002) en Santa Fé, obtuvieron en promedio por fertilizaciones azufradas, 1736 kg ha⁻¹ en el 45 % de los ensayos realizados. Además hallaron que el nivel de nitratos del suelo a la siembra explicó la respuesta a la aplicación de nitrógeno y azufre. Por otro lado, Melchiori *et al.* (2006) en Entre Ríos encontraron respuesta al S en el 20% de los sitios evaluados (20 en total) y no hallaron correlaciones entre la misma y los niveles de sulfatos ni con la materia orgánica del suelo.

Capurro *et al.* (2002) señalaron una interacción significativa entre el N y S, dado que a dosis elevadas de N se puede esperar una mayor producción por el agregado de S. La importancia del S es secundaria respecto a N y a P, por lo que su efectividad se vuelve significativa cuando se satisfacen las necesidades de estos últimos.

En los últimos años se han observado respuesta a la fertilización azufrada en numerosos cultivos (maíz, soja, trigo), aunque solo cuando se han cubierto las deficiencias de los otros nutrientes, principalmente N y P. Por lo general, las deficiencias de S se encuentran en situaciones de bajo contenido originario de materia orgánica, y en situaciones en la que los niveles de esta disminuyeron a través de los años debido al laboreo continuo de los suelos (García, 2005).

El S es un elemento que interviene en la fotosíntesis y metabolismo proteico de los vegetales. Tiene tres funciones muy similares a las del N (Marschner, 1995) y el comportamiento de ambos se asemeja en cuanto a su movilidad y la dependencia de la fracción orgánica para su abastecimiento. La demanda de S es anticipada a la de P, y ligeramente retrasada a la de N, interviniendo como este último en la formación de tejidos verdes y el crecimiento vegetativo de la planta. La etapa de máxima absorción comienza en los estadios de 6 hojas verdaderas (Ritchie y Hanway, 1997). Por su baja movilidad dentro de la planta de maíz, el 45% del total absorbido se exporta con los granos (García, 2000).

El metabolismo del N dentro de las hojas de maíz depende de la disponibilidad de S-SO₄⁼ en las mismas y que un déficit de este, interfiere en la actividad de la enzima nitrato reductasa y glutamino sintetasa necesarias para la transformación de NO₃⁻ en NH₄⁺ y para la síntesis de proteínas azufradas respectivamente (Friedrich and Schrader 1978).

Esposito *et al.* (2006) en el Dpto. de Río Cuarto (Córdoba) elaboraron, calibraron y validaron un modelo de diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz (NP-Zea), el cual realiza un balance de nitrógeno entre la demanda potencial y la oferta de un ambiente en particular. Bocco (2006) ha encontrado un alto índice de coincidencia entre valores observados y simulados de rendimiento en ensayos realizados, en ambientes contrastantes de

la zona de Coronel Moldes (Córdoba), estableciendo que este modelo puede utilizarse para diagnóstico de nitrógeno por zonas de manejo.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto interactivo de la fertilización con N y S sobre el rendimiento del maíz en siembra directa en el sur de Córdoba.

III. i. HIPÓTESIS

La fertilización nitrogenada y azufrada en maíz presenta interacción con el híbrido empleado, sobre un Haplustol éntico.

III. ii. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y azufrada, sobre el área foliar, la intercepción de la radiación y el rendimiento en grano de dos híbridos de maíz cultivados en un suelo Haplustol éntico del sur de la provincia de Córdoba.

III. iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar si la aplicación de azufre en V_6 minimizará los requerimientos potenciales del nitrógeno en todo el ciclo productivo del maíz.
- Evaluar la interacción entre la fertilización nitrogenada y azufrada.
- Determinar la respuesta productiva de dos híbridos de maíz ante la fertilización nitrogenada y azufrada.

IV. i. MATERIALES Y MÉTODOS

IV. i. CONDICIONES EXPERIMENTALES

El ensayo se realizó en el establecimiento “Paso de los Espinillos” (33°09′05,81″S 64°30′21,40″O) ubicado a 10 km al sur de la localidad de Río Cuarto (Córdoba), en un suelo Haplustol éntico de la Serie Santa Flora, sembrado bajo la técnica de siembra directa.

La rotación de los lotes desde hace varios años es la siguiente: 2001-02 soja de primera, 2002-03 trigo-soja de segunda, 2003-04 maíz, 2004-05 soja de primera, 2005-06 trigo-soja de segunda y en la campaña 2006-07 maíz en el cual se realizó el presente ensayo.

En el momento de la siembra el lote se encontraba libre de malezas por un barbecho realizado el 20 de abril del 2006, los herbicidas utilizados en el barbecho fueron Atrazina y Dicamba.

La siembra se realizó el 3 de octubre 2006, utilizando los híbridos Dekalb 682 (ciclo intermedio) y el NK 940 (ciclo largo), ambos de alto potencial de rendimiento. La siembra se realizó con una Agrometal TX 14 modelo 2000 (distancia entre hileras 0,7 m) y un tractor Zanello 230 modelo 1998.

El diseño experimental que se utilizó fue en bloques completos al azar (D.B.C.A.) con un arreglo factorial de dos híbridos, tres dosis de nitrógeno y dos dosis de azufre. El tamaño de cada parcela fue de seis surcos de ancho (0,70 m X 6 surcos) por veinte metros de largo, con un total de 84 m² de superficie.

Los resultados fueron analizados mediante el siguiente modelo lineal factorial de efectos fijos:

$$Y_{ij} = \mu + N_i + S_j + H_k + NS_{ij} + NH_{ik} + SH_{jk} + NSH_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

- μ corresponde a la media general.
- N_i el efecto del nitrógeno i -ésimo tratamiento.
- S_j el efecto del azufre j -ésimo bloque.
- H_k el efecto del híbrido k -ésimo tratamiento.
- ϵ_{ij} es el error aleatorio asociado con la unidad experimental en el bloque j que recibe el tratamiento i , comúnmente los términos de error se asumen normalmente distribuidos con esperanza cero y varianza común s^2 .

En cada híbrido se probaron seis combinaciones entre tres niveles de nitrógeno (42-63-84 kg N ha⁻¹) y dos de azufre (5-13 kg S ha⁻¹), esto da un total de 12 tratamientos. Cada

tratamiento fue repetido en tres bloques, teniendo un total de 18 unidades de tratamiento por cada híbrido dando un total de 36 unidades experimentales.

Las dosis de N utilizadas responden a emplear la dosis calculada a partir de la oferta de nitrógeno del suelo en V₆ según Espósito *et al.* (2006), la cual se estableció en 63kg N ha⁻¹, una dosis un 50% inferior a ésta (42 kg N ha⁻¹) y otra un 50% superior (84 kg N ha⁻¹). El criterio de selección de la dosis de azufre se estableció a partir de experiencias previas de la cátedra de Producción de Cereales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC.

El lote donde se realizó en ensayo fue fertilizado en presiembra con superfosfato triple a razón de 80 kg ha⁻¹. La refertilización del ensayo se realizó en la etapa de V₆ hoja totalmente desplegada de maíz, aplicando los fertilizantes nitrogenado y azufrados como (UAN 32% de N) y Tiosulfato de amonio (12% de N y 26 de S). Estos tratamientos de fertilización fueron realizados mediante el uso de equipo pulverizador provisto de una fuente de presión de CO₂.

Los tratamientos fueron:

Tratamiento	Híbrido	Dosis de Fertilización
1	DK 682	40 kg N Ha ⁻¹ y 5 kg S Ha ⁻¹ .
2		60 kg N Ha ⁻¹ y 5 kg S Ha ⁻¹
3		80 kg N Ha ⁻¹ y 5 kg S Ha ⁻¹
4		40 kg N Ha ⁻¹ y 13 kg S Ha ⁻¹
5		60 kg N Ha ⁻¹ y 13 kg S Ha ⁻¹
6		80 kg N Ha ⁻¹ y 13 kg S Ha ⁻¹
7	NK 940	40 kg N Ha ⁻¹ y 5 kg S Ha ⁻¹ .
8		60 kg N Ha ⁻¹ y 5 kg S Ha ⁻¹
9		80 kg N Ha ⁻¹ y 5 kg S Ha ⁻¹
10		40 kg N Ha ⁻¹ y 13 kg S Ha ⁻¹
11		60 kg N Ha ⁻¹ y 13 kg S Ha ⁻¹
12		80 kg N Ha ⁻¹ y 13 kg S Ha ⁻¹

IV. ii. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

IV. ii. 1. CLIMA

La región de Río Cuarto presenta un clima templado sub húmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño y con déficit hídrico en verano e invierno (Seiler *et al.*, 1995).

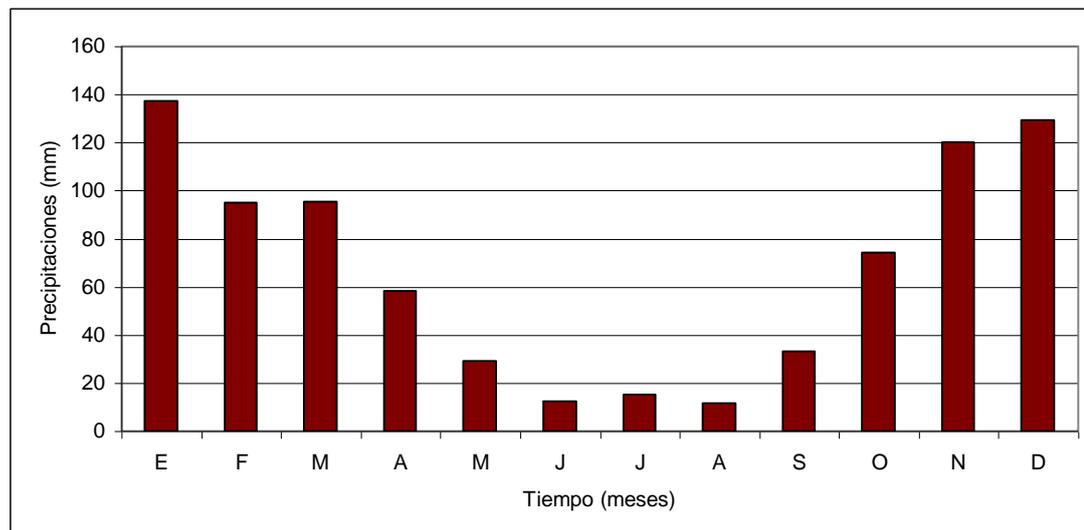


Figura 1. Precipitación Mensual Normal período 1978 – 2007 para la localidad de Río Cuarto, Córdoba.

La precipitación media anual normal es de 801,2 mm con valores extremos mínimos de 451,1 mm en 1988 y máximos de 1195,2 mm en 1984, para la serie 1978 – 2007. (Seiler *et al.*, 1995).

Cabe destacar que la precipitación media normal (1978 – 2007) del ciclo del cultivo (Septiembre – marzo) es de 685 mm mientras que en el mismo período de la campaña 2006 – 2007 el registro ascendió a 813 mm.

El régimen térmico es mesotermal, la temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23 °C con una máxima absoluta de 39,5 °C. La temperatura media del mes más frío (julio) es de 9,1 °C con una mínima absoluta de - 11,5 °C. La amplitud térmica media anual es de 13,9 °C.

La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la de última es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas 255 días en promedio.

Como se puede apreciar en la Figura 2, la radiación solar acumulada durante todo el ciclo del cultivo de maíz fue alrededor de 4147.67 mJ m^{-2} (línea azul). Con una línea roja se representa el periodo crítico para la determinación del número de granos ($V_{13} - R_3$), además se destaca que durante este momento se realizaron las mediciones de la eficiencia de interceptación de la radiación solar a través de la vara piezométrica (15-12-06 al 10-02-07).

Como se puede apreciar en la Figura 2, los sucesivos eventos de precipitación explican los frecuentes descensos en la radiación solar detectada.

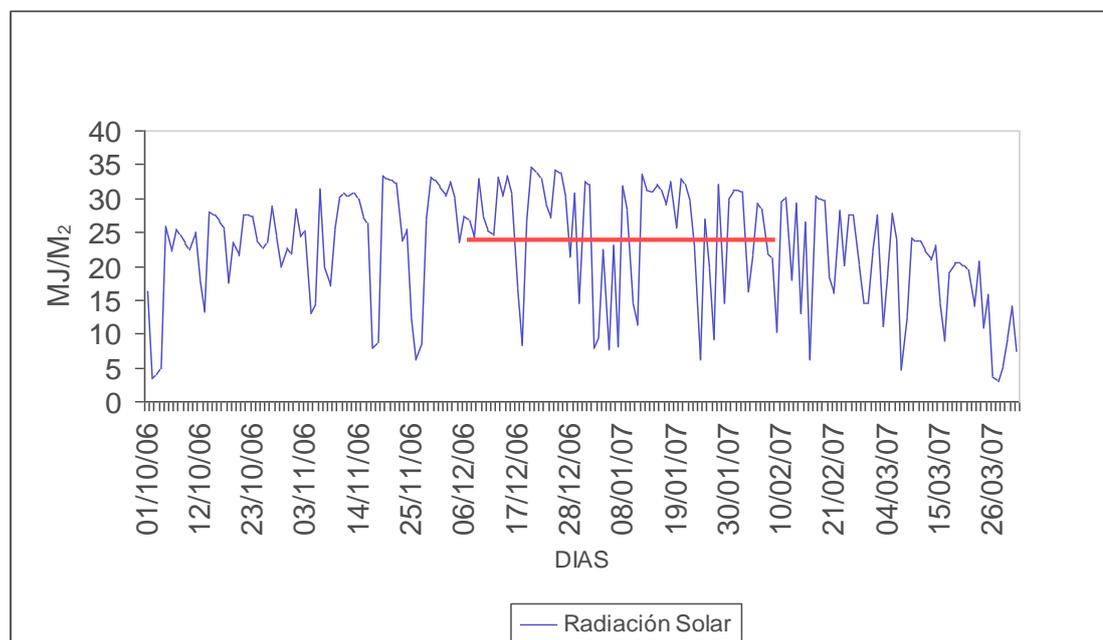


Figura 2. Radiación solar para el periodo 1-10-2006 al 30-03-2007 para la localidad de Río Cuarto, Córdoba. La línea roja representa el periodo crítico del cultivo de maíz y momento en el cual se midieron la eficiencia de intercepción de la radiación (V_{13} y R_3).

IV. ii. 2. SUELO

Teniendo en cuenta la zonificación de los suelos con un nivel de reconocimiento de 1:50.000 realizado por el gobierno de Córdoba en “Recursos Naturales de la provincia de Córdoba”, se procedió a identificar el suelo del sitio experimental, además se realizó una calicata para la descripción del perfil del suelo, cuyos resultados se presentan a continuación.

IV. ii. 3. FISIOGRAFÍA

La zona se caracteriza por presentar planicies intermedias suavemente onduladas, con presencia de medanos aislados asociados a lomas muy suavizadas y estabilizadas. El relieve es normal – subnormal suavemente ondulado, con pendientes medias y largas de gradientes de hasta 1,5% (Cisneros *et al.*; 2000).

IV. ii. 4. CARACTERIZACION DEL SUELO DEL ENSAYO

La característica principal de estos suelos Haplustoles énticos, es la presencia de un horizonte superficial oscuro, con moderado contenido de materia orgánica y bien estructurado (epipedon mólico), seguido de un horizonte de transición (AC) con escaso

desarrollo y poco alterado, pasando gradualmente al material originario, constituyendo un suelo poco evolucionado, de características énticas, que lo diferencia de los Haplustoles típicos que presenta un horizonte sub-superficial con alteraciones y acumulación de arcillas iluviadas (horizonte B). La secuencia de horizontes, es: A1, AC y C. Tiene buen a algo excesivo drenaje, vinculado a lomadas onduladas o suavemente onduladas, con la capa freática profunda que no afecta el perfil del suelo y desarrollados en condiciones climáticas de de sub-húmedo a semiáridez.

Los materiales que dieron origen a estos suelos, constituyen sedimentos eólicos de granulometría variada, desde franco arenoso, franco a franco limosos. En general es un suelo agrícola, que presenta en todos los casos una limitante climática de moderada escala, lo cual influye directamente sobre la producción.

Los principales problemas que presenta este suelo son: baja retención de agua, susceptibilidad al planchado y a la erosión hídrica y eólica.

El índice de productividad de la unidad en estudio es de 48. Se clasifican los suelos a través del índice de productividad. El mismo establece una valoración numérica comparativa de la capacidad productiva de las tierras de una región. Utiliza 12 parámetros en forma multiplicativa, lo que da origen a una escala que oscila de 1 (mínima productividad), hasta 100 (máxima productividad), con una aptitud de uso clase III. Suelos de sectores intermedio y altos, algo excesivamente drenado; profundo (+ de 100cm); franco arenoso en superficie; franco arenoso en el subsuelo; moderadamente provisto de materia orgánica; moderada capacidad de intercambio; ligeramente inclinado (1-1,5%).

El establecimiento Pasos de los Espinillos se caracteriza por tener distintas zonas de manejo identificadas como de productividad baja, productividad media y productividad alta, las cuáles se correlacionan en el paisaje con la loma, una media loma alta y el bajo respectivamente. El perfil de este suelo se caracteriza por estar situado en una media loma alta plana. La elección de este sitio para la realización del ensayo fue principalmente el contenido de materia orgánica (bajo), ya que los nutrientes a estudiar son totalmente dependiente de ella.

Cuadro 1. Perfil del suelo del Establecimiento Pasos de los Espinillos, Río Cuarto (Córdoba).

<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Arcilla (%)</i>	<i>Limo (%)</i>	<i>Arena (%)</i>	<i>Siembra</i>				
					<i>MO (%)</i>	<i>P (ppm)</i>	<i>N-NO₃ (ppm)</i>	<i>S-SO₄ (ppm)</i>	<i>pH</i>
Ap	00 – 22	12	28	60	0.88	27,5	19	8,8	6,7
AC	22 – 43	11	23	65					
C	43– >43	8	20	72					

MO: materia orgánica. P: fósforo disponible. N-NO₃: nitrógeno de nitratos. S-SO₄ azufre de sulfatos.

Es necesario aclarar que información presentada en el Cuadro 1 se corresponde con las características físicas químicas del sitio en el cual se desarrolló el experimento. Si bien el contenido de materia orgánica del horizonte Ap es inferior al 1% (valor mínimo requerido para clasificar a un suelo con epipedón Mólico), se interpreta que este valor está disminuido por los últimos años de agricultura intensiva y naturalmente se corresponde con un suelo epipedón Mólico.

Además es importante destacar la diferencia de escala que existe entre, el relevamiento realizado por gobierno de la provincia de Córdoba (punto IV. ii. 2. 1:50.000), y el muestreo realizado in situ (punto IV. ii. 4. 1:1).

En cada tratamiento se realizó un muestreo compuesto por las tres repeticiones, en el cual se determinó el contenido de N-NO₃ de 0-20cm, de 20-40cm y de 40-60cm en el estadio V₅ y R₁, (antesis).

Cuadro 2. Valores de N-NO₃ en el perfil en los estadios V₅ y R₁ del cultivo del Establecimiento Pasos de los Espinillos, Río Cuarto (Córdoba).

TRATAMIENTO	N-NO ₃ en V ₅			N-NO ₃ en R ₁		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
<i>Centímetros</i>						
<i>I.</i>	12.6	12.2	10.8	8.25	4.94	4.62
<i>II.</i>				5.26	4.98	4.01
<i>III.</i>				7.43	4.20	5.03
<i>IV.</i>				6.65	4.00	3.51
<i>V.</i>				6.56	4.75	3.54
<i>VI.</i>				8.25	4.75	4.24

N-NO₃: nitrógeno de nitratos expresado en partes por millón.

IV. ii. 5. CARACTERIZACION DEL CULTIVO

Caracterización de los materiales de maíz utilizados en el ensayo.

Cuadro N° 3: Característica de los materiales evaluados en el ensayo, Río Cuarto (Córdoba).

CARACTERISTICAS	DK 682	NK 940
Empresa proveedora	Dekalb	Syngenta
Ciclo del cultivo	Intermedio	Largo
Tipo de cruzamiento	Simple	Simple
Madurez relativa (días)	118	126
A floración (GDU)	741 / 778	740 / 801
Altura de la planta (cm.)	205	215
Altura inserción de la espiga(cm.)	75	90
Tipo de grano (Color)	Duro/colorado	Colorado/duro
Peso de los mil granos (gr.)	331	312

Todos los datos son provistos de catálogo otorgado por las empresas.

A continuación se presentan los momentos de ocurrencia de los diferentes estadios fenológicos según la escala de Ritchie y Hanway (1997).

Cuadro 4: Fecha de ocurrencia de los estadios fenológico del cultivo desde siembra hasta R₆, Río Cuarto (Córdoba).

<i>Fecha de Ocurrencia</i>		
	DK 682	NK 940
Siembra	02/10/2006	02/10/2006
Emergencia	11/10/2006	11/10/2006
V₆	15/11/2006	19/11/2006
V₈	21/11/2006	24/11/2006
V₁₃	15/12/2006	25/12/2006
R₁	27/12/2006	06/01/2007
R₃	10/02/2007	21/02/2007
R₆	25/03/2007	05/04/2007

Todos los datos fueron recolectados a campo.

IV. iii. DETERMINACIONES REALIZADAS

IV. iii. 1. ESTRUCTURA DEL CANOPEO.

Se midió el i) ancho y largo de la hoja en cuya axila se encontraba la espiga principal, ii) altura de las plantas, desde el suelo hasta inserción de última hoja. Estas mediciones se realizaron en el estadio fenológico R₁ (floración), sobre 10 plantas consecutivas del surco central de cada parcela.

Muchos investigadores han tratado de desarrollar procedimientos de fácil ejecución para la determinación del área foliar de diferentes especies. De esos intentos han resultado algunas relaciones sencillas como el caso de (Montgomery, E. G. 1911) que encontró la relación largo de la hoja x máximo ancho de la hoja x 0,75 como un método preciso para determinar área foliar en maíz, y la cual ha sido ampliamente utilizada en el cultivo de maíz, con lo cual se obtuvo la superficie foliar de la hoja de la espiga en cm².

IV. iii. 2. INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN (IR).

Determinado en los estadios fenológicos de V₁₃ y R₃. Se utilizó el LI-COR LI-1400 Datalogger conjuntamente con el sensor lineal LI-191SA quantum. Lincoln. NE. USA. En cada tratamiento y sus repeticiones se realizó una medición a cielo abierto (I₀) y tres debajo del dosel del cultivo en forma transversal a las líneas de siembra (I). La intercepción de la radiación fue determinada según:

$$IR(\%) = \left(1 - \frac{I}{I_0}\right) * 100$$

IV. iii. 3. RENDIMIENTO EN GRANO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

Se evaluó el número de plantas, número de espigas y número de granos por superficie, además del peso de mil granos. Se realizó cosecha manual recolectándose dos muestras de 5m² en cada parcela. Los recuentos de plantas y de espigas se realizaron en la misma superficie de muestreo para rendimiento. Luego de trilladas las espigas con cosechadora estática se recolectaron y pesaron dos muestras de 100 granos de cada material analizado, expresando luego los resultados en peso de 1000 granos. El número de granos por m² se determinó según la siguiente ecuación:

$$\text{N}^\circ \text{ granos m}^{-2} = \frac{Rto}{PG}$$

Donde:

Rto, es el rendimiento en g m⁻².

PG, es el peso de 1 grano en gramos.

IV. iii. ANÁLISIS DE DATOS

Todos los resultados fueron analizados mediante ANAVA, test de separación de medias (DMS, Fisher), para ello se utilizó el paquete de análisis estadísticos InfoStat® (2008).

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

V. i. ESTRUCTURA DEL CANOPEO.

V. i. 1. ALTURA DE LAS PLANTAS Y ÁREA FOLIAR EN EL ESTADIO V₁₃ Y R₃.

Los resultados de las pruebas estadísticas realizadas indican que existió diferencia de medias para altura de planta (p 0,0046) y superficie foliar de la hoja de la espiga (0,0001), según los distintos híbridos. Para el caso de las dosis de N, las medias también mostraron diferencias significativas (p 0,0043) para la altura de la planta y de (0,0015) para la superficie foliar, no ocurriendo lo mismo con las dosis de azufre, interacción Azufre+Nitrógeno, Cultivar+Nitrógeno, Cultivar+Azufre y con Cultivar+Nitrógeno+Azufre, dado que no se registraron diferencias significativas en altura ni en superficie foliar de la hoja de la espiga, como son mostradas en el cuadro 5.

Cuadro 5: Altura de los distintos materiales, superficie foliar de la hoja de la espiga y efecto de la interacción de los fertilizantes.

		Altura de la Planta (cm planta ⁻¹)	Superficie Foliar (cm ² hoja ⁻¹)
Cultivares	DK 682	195.04 a	521.66 a
	NK 940	185.86 b	465.04 b
DMS		6.05	16.13
Nitrógeno	80	197.28 a	513.35 a
	60	190.12 a b	493.12 b
	40	183.94 b	473.58 b
DMS		7.42	19.76
Azufre		0.5692	0.0918
Nitrógeno*Azufre		0.8419	0.9204
Cultivar*Nitrógeno	Valor p	0.7826	0.5723
Cultivar*Azufre		0.1555	0.2568
Cultivar*N*S		0.7471	0.7533
R²			0.77
CV (%)			4.62

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según prueba LSD, Fisher (Infostat, 2008). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación. Cm/altura de la planta.

El híbrido DK682 superó en altura y desarrollo foliar al NK940 en un 4,93 y 12,18 % respectivamente. En relación a la altura de plantas, la mayor dosis de N aplicada superó en un 3,76 y en 7,25% a la dosis de 60 y 40 Kg N ha⁻¹, respectivamente, en cuanto a la superficie foliar las diferencias fueron del 4,10 y del 8,40 % a favor de la dosis de 80 kg N ha⁻¹ sobre las dos restantes, respectivamente.

V. ii. INTERCEPCION DE LA RADIACION SOLAR

V. ii. 1. EFICIENCIA DE INTERCEPCION Y RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA INTERCEPTADA.

Como se puede observar en el Cuadro 6, no se encontró ningún efecto interactivo con significado estadístico, dado que todos los valores de probabilidad son superiores a 0,05 entre el nitrógeno y el azufre. Por el contrario, en el mismo Cuadro se observa que el híbrido empleado y la fertilización nitrogenada modificaron la intercepción de la radiación solar incidente.

Contrariamente a lo planteado en la hipótesis de este trabajo, los híbridos utilizados presentaron similar respuesta a las fertilizaciones. De acuerdo a lo propuesto por Cordone *et al.*, (2001) la selección genética de líneas de maíz se realiza bajo una intensa fertilización, razón por la cual es válido suponer que todos los híbridos modernos responden a la aplicación de fertilizantes de igual manera.

Similarmente a lo indicado en relación a la altura de plantas y a la superficie foliar, la oferta de S del suelo debió haber sido suficiente para la intercepción de la radiación solar, al menos en los niveles evaluados.

Contrariamente a lo propuesto por Castillo *et al.* (2006) no se encontró interacción significativa entre el N y S en relación a la captura de radiación fotosintéticamente activa.

Cuadro 6: Eficiencia de intercepción de la radiación y radiación fotosintéticamente activa (en todo el período crítico del cultivo) de dos híbridos de maíz con sus distintas dosis de fertilizante nitrogenado y azufrado.

		Eficiencia de Intercepción de la radiación (1° medición)	Eficiencia de Intercepción de la radiación (2° medición)	Radiación fotosintética activa interceptada (mj m⁻²)
Cultivares	DK 682	0.73 a	0.73 a	532.67 a
	NK 940	0.66 b	0.69 b	488.73 b
	DMS	0.043	0.033	23.44
Nitrógeno	80	0.74 a	0.76 a	544.72 a
	60	0.69 a b	0.70 b	504.58 b
	40	0.66 b	0.67 b	482.72 b
	DMS	0.059	0.041	28.71
Azufre		0.9479	0.0939	0.3458
Nitrógeno*Azufre		0.8977	0.7388	0.9589
Cultivar*Nitrógeno	Valor p	0.8075	0.9154	0.8479
Cultivar*Azufre		0.2351	0.1208	0.1100
Cultivar*N*S		0.9506	0.8782	0.8954
	R²	0.52	0.59	0.62
	CV	9.08	6.94	6.67

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según prueba LSD, Fisher (Infostat, 2008). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación. Intercepción de la radiación en (porcentaje). Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAI). El efecto del nitrógeno esta representado en kg N/ha. (mj m⁻²) en todo el período crítico.

Existieron diferencias de medias ($p < 0,05$) para la primera y segunda medición de la eficiencia de la intercepción de la radiación, y también en la radiación fotosintéticamente activa interceptada, según los híbridos evaluados. Para el caso de las dosis de N, los valores medios de la eficiencia de la intercepción de la radiación y la radiación fotosintéticamente activa interceptada también mostraron diferencias significativa ante al agregado de dicho nutriente.

Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas ante el agregado de azufre, ni tampoco se encontró ningún efecto de interacción.

El rendimiento del cultivo de maíz depende de su capacidad de crecimiento y de la fracción de ese crecimiento que destina a la producción de granos (partición). El crecimiento resulta de la utilización de la luz solar en la fotosíntesis, que aporta la energía necesaria para la síntesis de los componentes orgánicos necesarios para la constitución y funcionamiento de los distintos órganos de la planta (Andrade *et al.*, 1996).

El nitrógeno afectó la eficiencia de intercepción de la radiación y como consecuencia de esto el rendimiento en grano mostró diferencias. En los tratamientos con 40 kg de N ha⁻¹, la eficiencia de intercepción y el rendimiento en grano cayeron un 10,8% y 9,9% respectivamente, con respecto a los tratamientos con 80 kg de N ha⁻¹. Asimismo, los genotipos mostraron diferencias en ambas variables. Promediado a través de los niveles de

N, la eficiencia de intercepción y el rendimiento en grano del DK682 fueron 8,2% y 7,6% mayor que aquellas en NK940.

La mayor radiación diaria capturada por el cultivo en floración aumenta su tasa de crecimiento, y por lo tanto su granazón (Andrade *et al.*, 2000), mientras que la cantidad aprovechada durante el llenado de los granos garantiza su peso final (Borrás y Otegui, 2001). Por su parte, las temperaturas templadas prolongan la duración de las etapas del cultivo y el tiempo de aprovechamiento de la oferta radiactiva (Andrade, *et al.*, 1996).

Promediado a través de los genotipos, la radiación fotosintéticamente activa con 80 kg N ha⁻¹ fue un 12,82% mayor con respecto de la dosis de 40 kg N Ha⁻¹. La falta de nitrógeno en etapas tempranas del desarrollo puede alterar la radiación fotosintéticamente activa interceptada a floración a través del menor tamaño de las hojas y de una anticipada senescencia. Para el híbrido DK 682 el agregado de 40 kg de N ha⁻¹ produjo un aumento de 10.81% para la primera medición de la intercepción de la radiación y un 11,84% para la segunda medición respecto de NK 940. Los genotipos también tuvieron diferencias significativas en la primera y segunda medición de la eficiencia de la intercepción de la radiación solar. En la primera, la diferencia entre genotipos fue de 10,6%, mientras que en la segunda la diferencia encontrada se midió 5,47% a favor de DK682. Estos resultados pueden explicarse porque el material NK940 es de ciclo largo, prolongándose el estado vegetativo, aumentando su área foliar y por ende aumentando la eficiencia en la intercepción, versus el DK682 que es de ciclo intermedio.

En ninguno de los tratamientos evaluados se manifestó respuesta a la fertilización azufrada. Las diferencias encontradas no fueron lo suficientemente consistentes como para que se demostraran interacciones entre nitrógeno y azufre. Cabe destacar que las condiciones del sitio experimental o las de la campaña hayan enmascarado posibles respuestas al agregado de azufre o interacciones entre éste y el nitrógeno.

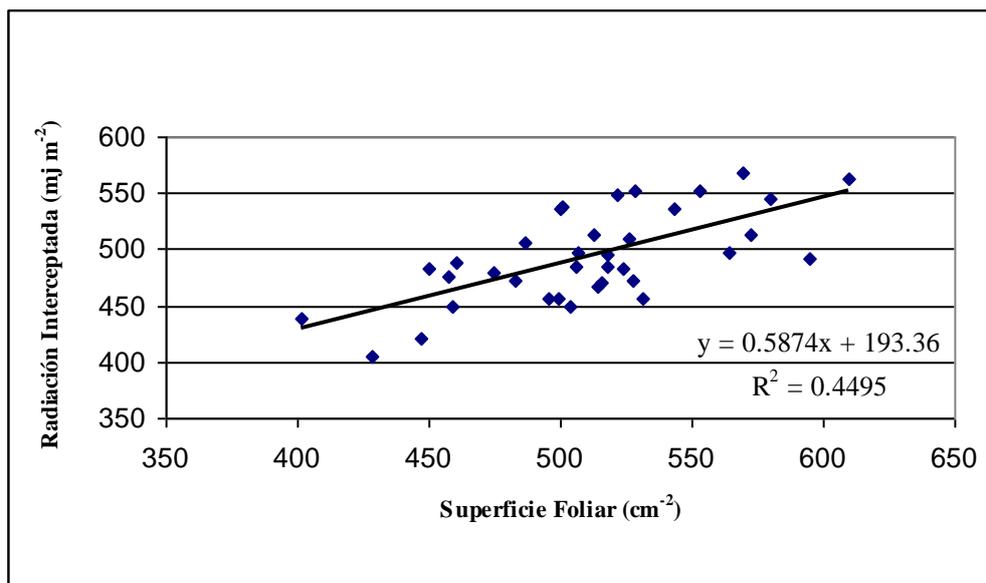


Figura 4: Radiación fotosintéticamente activa interceptada en relación con la superficie foliar en el cultivo de maíz. Pasos De Los Espinillos, localidad de Río Cuarto, Córdoba. Valor p del análisis de regresión lineal es de 0,0001

La captura de luz por el cultivo es función de la estructura de su canopeo, por lo tanto, depende de la fecha de siembra, densidad de siembra, de la arquitectura y foliosidad de las plantas (Maddonni *et al.*, 1997). Por este motivo es fácil comprender cómo un incremento en la superficie foliar de la hoja de la espiga (la más grande de la planta) favorece la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa.

En la Figura 4 se presenta la relación entre la radiación fotosintéticamente interceptada y el área foliar. Cabe destacar que la hoja de la espiga es la de mayor área foliar en toda la planta desde el estadio V₁₂ a R₆, y por ello es la encargada de captar la mayor cantidad de radiación y de nutrir con fotoasimilados a la espiga, por estar en contacto directo con la misma.

En los casos en que la cobertura no pueda ser incrementada con un aumento en la densidad (ya sea porque las plantas son poco foliosas y/o porque la densidad óptima es reducida), los surcos estrechos pueden resultar recomendables para mejorar la captura de luz por planta y, por consiguiente, su crecimiento durante las etapas determinantes de la formación de su rendimiento

V. iii. RENDIMIENTO EN GRANO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

V. iii. 1. RENDIMIENTO EN GRANO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

Cuadro 7: Rendimiento en grano y componentes del mismo para dos híbridos de maíz con su respectiva interacción entre fertilizantes.

		Numero de granos (granos metros ⁻²)	Peso de los mil granos (granos gramos ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Cultivares	DK 682	3659.1 a	316.4 b	11580.8 a
	NK 940	2940.4 b	367.5 a	10800.7 b
	DMS	224.25	4.23	764.6
Nitrógeno	80	3466.9 a	342.7 a	11759.1 a
	60	3294.1 a b	341.1 a	11220.3 a b
	40	3138.3 b	341.9 a	10592.9 b
	DMS	274.65	0.8230	936.4
Azufre		0.3677	0.4934	0.4439
Nitrógeno*Azufre		0.7698	0.6909	0.6831
Cultivar*Nitrógeno	Valor p	0.5800	0.6365	0.5784
Cultivar*Azufre		0.9481	0.5001	0.7906
Cultivar*N*S		0.9063	0.9990	0.8972
	R²	0.69	0.98	0.61
	C.V.	9.88	1.80	9.93

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según prueba LSD, Fisher (Infostat, 2008). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación.

Los resultados de las pruebas estadísticas realizadas indican que existió diferencia para el rendimiento en granos, números de granos y pesos de los mil granos según el cultivar con un (p 0,0322-0,0001 y 0.0001) respectivamente. Para el caso de las distintas dosis de nitrógeno, el rendimiento en grano y el numero de granos mostraron diferencias significativas (p 0,0348 y 0.0460) y no se encontró diferencia significativa ante el agregado de nitrógeno en el peso de los mil granos. Además, no se evidenció diferencia en el rendimiento en grano, el número de granos y peso de los mil granos, ante la aplicación de azufre ni en la interacción entre los distintos fertilizantes con su respectiva dosis y cultivares.

Estos resultados permiten interpretar que no se detectó respuesta a la fertilización azufrada en ninguno de los tratamientos evaluados, razón por la cual se puede evidenciar que las mismas no fueron suficientemente distintas entre sí como para marcar diferencias en la respuesta al azufre; o que las características particulares del lote en cuestión y/o del año no permitieron expresar un mayor productividad ante el agregado de azufre y su respectiva interacción con el nitrógeno.

Como hace referencia Andrade *et al.*, (1996), si evaluamos el aumento de rendimiento por el agregado de nitrógeno en alrededor de un 9,9% y un 7,6% para el DK682 y el NK940, respectivamente; se puede interpretar que estos incrementos son similares con el aumento en la radiación fotosintéticamente activa (V_{13} hasta R_3) durante el periodo crítico, el cual se calculó en 10,8% y 8.2 % para los distintos cultivares.

Cabe destacar que la precipitación media normal (1978 – 2007) del ciclo del cultivo (Septiembre – marzo) es de 685 mm mientras que en el mismo período de la campaña 2006 – 2007 el registro ascendió a 813 mm. Este excedente de casi 130 mm durante el ciclo del cultivo jugó un rol muy importante en la definición del rendimiento, pudiendo llegar a enmascarar las diferencias en productividad ante el agregado de fertilizantes, por el mayor aporte proveniente de la materia orgánica

La ausencia de respuesta estadísticamente significativa al rendimiento ante el agregado de azufre y su respectiva interacción con el nitrógeno, ya que los dos nutrientes son proveniente de la materia orgánica y depende de la mineralización durante el cultivo, se puede explicar de acuerdo a lo propuesto por Kravchenko *et al.*, (2005), dado que la oferta ambiental depende de las precipitaciones ocurridas dentro del ciclo del cultivo, donde años de baja precipitación están asociados con baja disponibilidad nutricional, mientras que en años de elevada precipitación la oferta de nutrientes de la fracción orgánica se incrementa sustancialmente.

Las experiencias desarrolladas hasta la fecha no han permitido generar metodologías de diagnóstico confiables para determinar las necesidades de S para maíz y otros cultivos. El análisis de S-sulfatos en suelo a la siembra ha sido evaluado en algunos estudios con resultados dispares. Blanco *et al.*, (2004) y Di Napoli (2001), en el sur y centro-sur de Santa Fe, respectivamente, estimaron niveles críticos de Sulfatos en suelo a la siembra de 10-12 mg kg⁻¹. Sin embargo, no se encontró relación alguna entre respuesta a S y S-sulfatos en suelo en otras experiencias. La recomendación de la fertilización azufrada se basa actualmente en la caracterización de ambientes deficientes: disminución significativa de materia orgánica, prolongada historia agrícola, adecuado manejo de N y P y manejo en siembra directa, entre otros.

El ensayo mostró diferencias en el rendimiento en grano del cultivo y en el número de grano, entre los cultivares y fertilizante nitrogenado, pero no mostró diferencia ante el agregado de fertilizante azufrado ni la interacción entre el nitrógeno y el azufre.

El rendimiento promedio del ensayo para el material DK682 fue de 11580 kg ha⁻¹ y para el NK940 fue de 10800 kg ha⁻¹ con un desvío estándar de 1078 kg ha⁻¹ para ambos cultivares y no se registraron diferencias significativas en el rendimiento de grano ante el agregado de azufre y entre diferentes combinaciones de las fuentes de los distintos fertilizantes.

El objetivo de las diferentes dosis de fertilizante y su respectiva interacción genera una respuesta diferencial en rendimiento del cultivo en grano. A pesar de que los rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos de fertilización en los dos materiales fueron diferentes estadísticamente ante el agregado de fertilizante nitrogenado pero no hubo diferencia estadísticamente ante el agregado de azufre ni con su respectiva interacción con el nitrógeno por eso se procedió a graficar los mismos en función del rendimiento con la fertilización relevado.

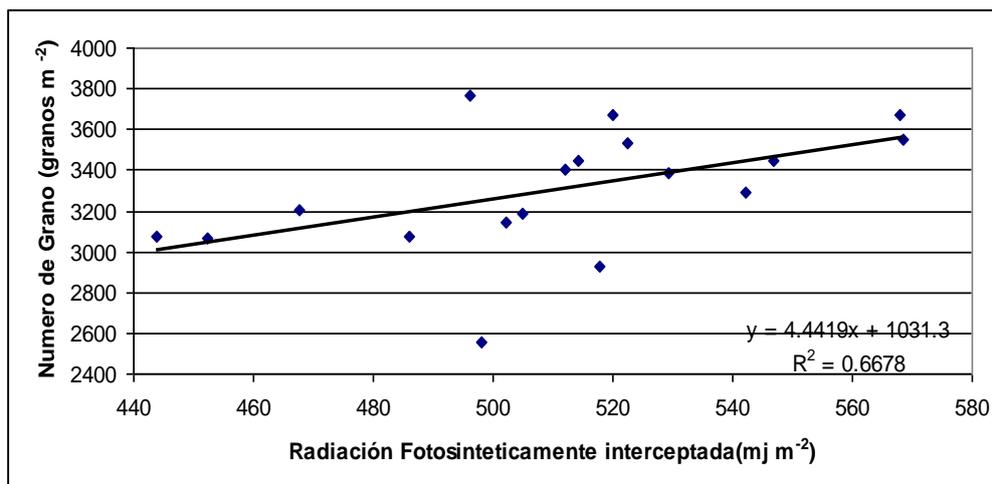


Figura 5: Radiación fotosintéticamente activa interceptada promedio de los distintos tratamientos en relación con el número de grano. Valor p del análisis de regresión lineal es de 0,03

El rendimiento en grano en el cultivo de maíz está principalmente determinado por el número de granos por metro cuadrado Otegui *et al.*, (1995). Este componente del rendimiento está relacionado positivamente con el crecimiento del cultivo alrededor de floración (Andrade *et al.*, 1999; Tollenaar *et al.*, 1992) y de la partición hacia las espigas (Echarte *et al.*, 2004). Este crecimiento depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada y de la eficiencia de conversión de dicha radiación en biomasa, comúnmente conocida como eficiencia en el uso de la radiación (EUR). Muchas prácticas culturales como, densidad de siembra y espaciamento entre hileras, apuntan a modificar la intercepción de radiación, EUR o ambas variables.

En la Figura 5 el aumento del número de granos es proporcional a la cantidad de radiación fotosintéticamente activa alrededor de la floración. En este ensayo un aumento en la radiación del 11,3% provocó un aumento del 9,5% en el número de granos ante el agregado de fertilizante, y la diferencia del 8,3% de la radiación interceptada, entre el híbrido DK682 y el NK940, generó un aumento del número de granos del 19,6% (Cuadros 6 y 7).

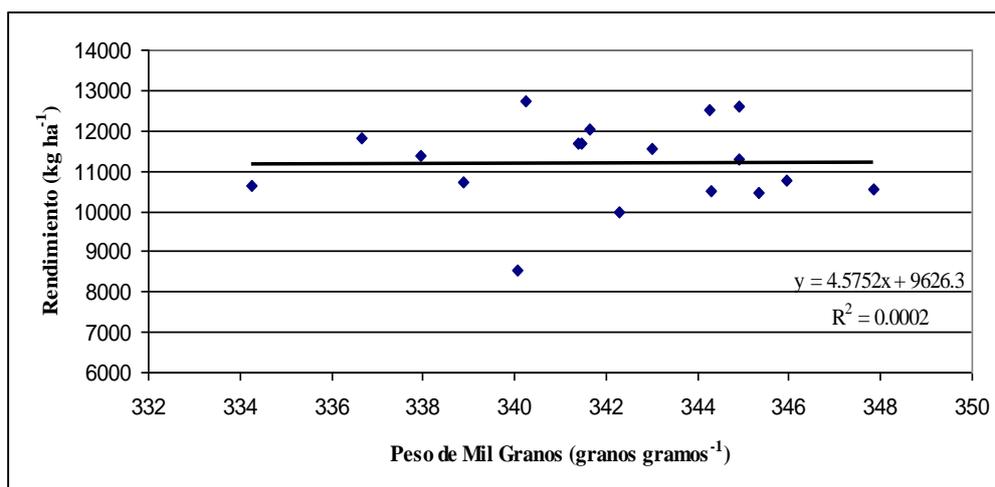


Figura 6: Rendimiento promedio en relación con el peso de los mil granos de cultivares. Valor p del análisis de regresión lineal es de 0,951

Para el caso del peso de los mil granos (Figura 7), sólo se encontró diferencia estadística significativa entre cultivares (genotípica), por otro lado, no se encontraron diferencias de medias ante el agregado de cualquier fertilizante y tampoco en la interacción.

En la Figura 6 y el Cuadro 9 podemos observar la falta de respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado y azufrados, con sus interacciones, sobre el peso de los granos. Ante el agregado de fertilizante la respuesta en peso de los mil granos fue alrededor de 0.2% y la deferencia entre los distintos cultivares fue alrededor de 14% para el material NK superior al DK.

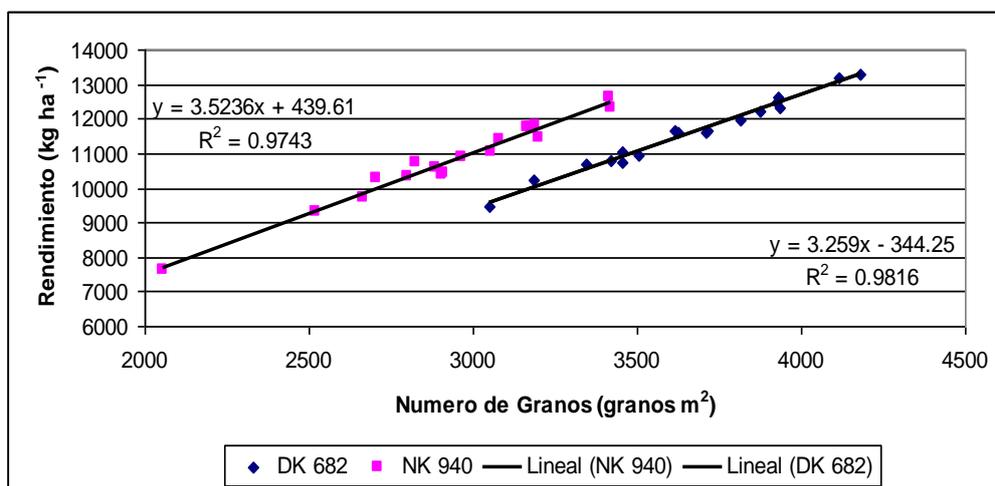


Figura 7: Rendimiento promedio en relación con el número de grano de los distintos cultivares. Valor p del análisis de regresión lineal es de 0,001

En la Figura 7, se puede observar una marcada diferencia entre los dos materiales genéticos en la relación entre el rendimiento y el número de granos m², la cual es explicada

por las diferencias en el peso de los granos detectada entre los híbridos evaluados. La dispersión de puntos a la derecha de la línea de tendencia es el material DK682 y hacia la izquierda es el material NK940, esto nos demuestra que ante un mismo tratamiento fue mayor el rendimiento del cultivar DK.

También en la Figura 7 podemos ver que la menor pendiente que presenta el material DK (puntos azules) con respecto al material NK (puntos rosas). Esto nos demuestra la mayor estabilidad que presenta el genotipo DK frente a distintas dosis de nitrógeno.

El número de granos logrado con 80 kg de N ha⁻¹ fue de (3466 granos m⁻²), superior en un 10,7 % a los fijados en el tratamiento con 40 kg de N ha⁻¹. En cuanto a los materiales evaluados, el DK682 tuvo un media de 3659 granos m⁻², lo cual representa una diferencia del 19.6% sobre el material NK940 (Cuadro 7).

La fertilización nitrogenada y la genética de los cultivares volvieron a presentar respuestas significativa en las variables evaluadas (rendimiento y número de grano, Cuadro 7), excepto en el peso de los mil granos que presentó respuesta significativa únicamente a la genética de los materiales evaluados.

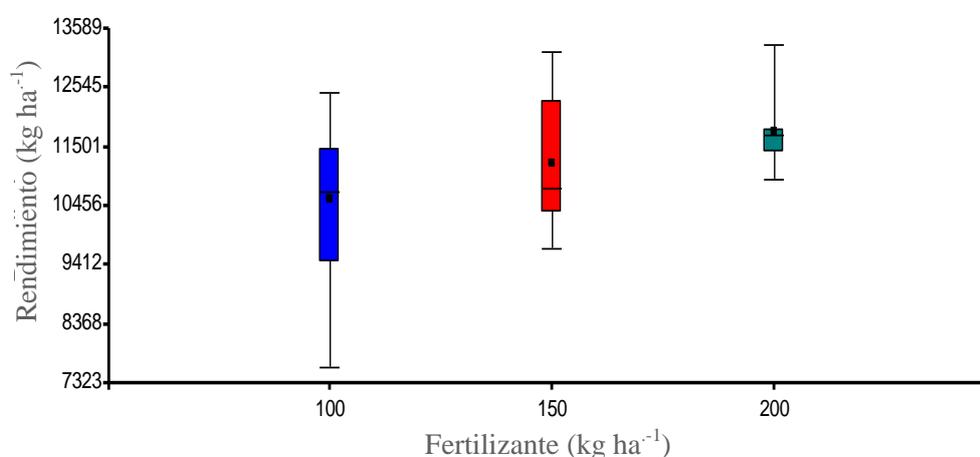


Figura 8: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a las distintas dosis de nitrógeno.

En la Figura 8 se promediaron los materiales ante la diferente dosis de nitrógeno aplicados. Se refleja con punto negro el rendimiento promedio de los ensayos, lo recuadrado es el desvío estándar y las líneas nos representan el máximo y mínimo de los rendimientos de cada tratamiento. Este Figura nos muestra que a medida que aumentamos la dosis de nitrógeno aumenta el rendimiento con una disminución de los valores máximos y mínimos, por ende nos disminuye el desvío estándar. Esto se puede deber a que al aumentar la dosis

del fertilizante en cuestión, el cultivo deja de depender del suelo en gran medida y empieza a ser más dependiente del fertilizante que se aplica.

También se puede hacer hincapié en que a medida que aumenta la dosis de nitrógeno se va disminuyendo los promedios mínimo y aumentan los promedios máximo de rendimiento, acercándose más al rendimiento potencial del cultivo con respecto a la radiación y a la precipitación del año en cuestión, esto nos sigue demostrando que el cultivo a medida que aumentamos dosis se independiza del suelo.

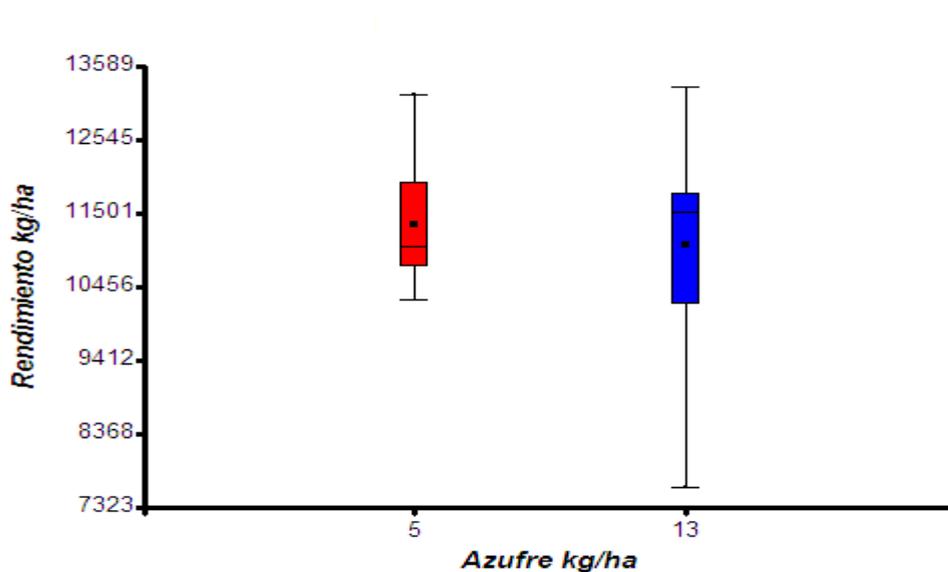


Figura 9: Rendimiento promedio de los dos materiales en función de las distintas dosis de azufre.

Los resultados de la fertilización azufrada se observan en la Figura 9. Esta agrupación de los datos permite observar que no hay diferencia significativa en el rendimiento en grano ante el agregado de azufre, y a su vez un aumento en el desvío estándar y por ende alta amplitud en los máximos y mínimos ante el aumento de 8 kg S ha^{-1} . Como se puede interpretar de la Figura 9, no se visualiza una clara respuesta al agregado del nutriente en cuestión, ya que cuando se aumenta la dosis se produce una marcada amplitud entre los máximos y mínimos del rendimiento en grano.

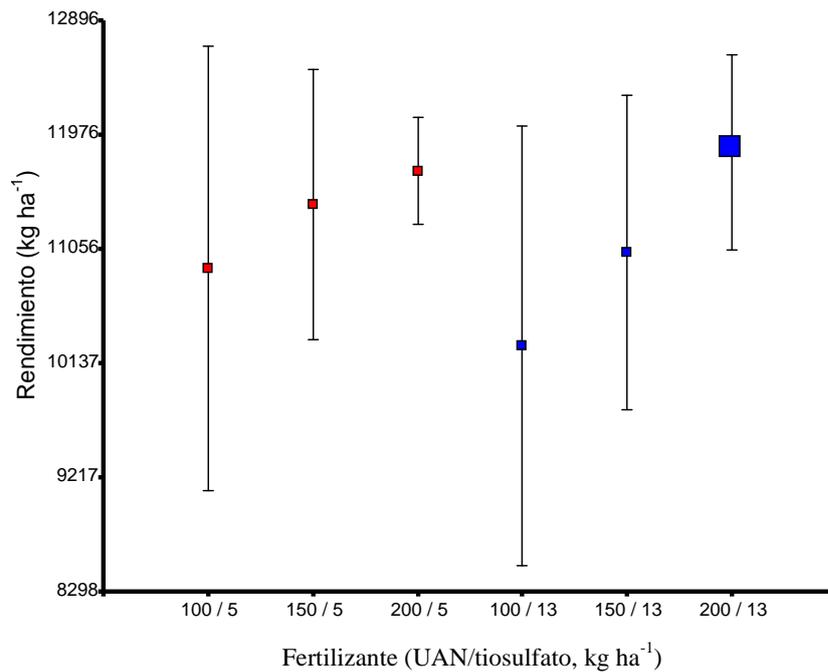


Figura 10: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a las distintas dosis de nitrógeno y su interacción con el azufre.

La Figura 10 muestra la relación entre la interacción del nitrógeno y el azufre aplicado frente al rendimiento, con color rojo representa la distintas dosis de nitrógeno con una sola dosis de azufre que en este caso es de 5 kg ha⁻¹ y el azul representa una dosis de azufre de 13 kg ha⁻¹ con sus respectivas dosis de nitrógeno. En la Figura se puede observar que al aumentar la dosis del fertilizante aumenta el rendimiento y disminuye el desvío estándar. Según las investigaciones de Capurro *et al.*, (2002) señalaron una interacción significativa entre el nitrógeno y azufre, dado que a dosis elevadas de nitrógeno se puede esperar una mayor producción por el agregado de azufre. La importancia del azufre es secundaria respecto a nitrógeno y a fósforo, por lo que su efectividad se vuelve significativa cuando se satisfacen las necesidades de estos últimos. Como hace referencia el autor citado anteriormente en el único de los tratamientos en que el azufre aumentó el rendimiento no significativamente fue con dosis de 200 kg ha⁻¹ de UAN y con 13 kg ha⁻¹ de azufre que además fue el tratamiento que más rindió en todo el ensayo. Esto podría ser que se llegó a la dosis óptima de la interacción nitrógeno-azufre para el cultivo con una relación 6:1 respectivamente.

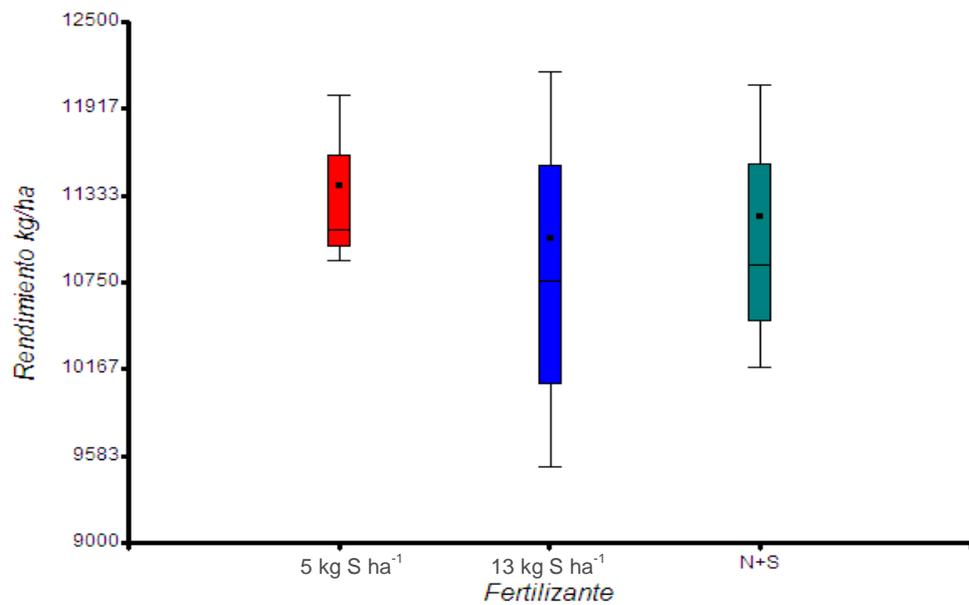


Figura 11: Rendimiento promedio de los dos materiales en función a los distintos fertilizantes.

Los resultados de los dos materiales agrupados por los distintos nutrientes y con su respectiva interacción se observan en la Figura 11. Esta agrupación de datos permitiría observar que la interacción del nitrógeno y el azufre no presentan el máximo rendimiento en grano, mostrando que el máximo rendimiento se obtiene con la mínima dosis de azufre. Esto se puede deber a que el lote presenta agricultura continua desde hace cinco años, anteriormente tuvo pasto llorón durante 20 años y como el diagnóstico de azufre es difícil medir puede ser que el lote presentaba buenos niveles de $S-SO_4$ y la cantidad de materia orgánica es baja pero la mineralización fue muy alta por la cantidad de precipitación ocurrida durante el periodo en que se realizó el ensayo, podría ser una de las causas de que el cultivo no presento respuesta al agregado de azufre.

Es importante aclarar que son otros los factores que explican la falta de interacción al agregado de azufre. Además, no hay que mirar solamente como un nutriente sino como un sistema de entrada y salida de energía ya sea (precipitación, radiación, cultivares, nutrientes, manejo) y (rendimiento- materia seca, aumento de materia orgánica).

VI. CONCLUSIONES

Los resultados permiten establecer que no se presentó respuesta a la interacción nitrógeno-azufre a las dosis de azufre evaluadas (5 y 13 kg ha⁻¹). Solamente se encontraron diferencias significativas ante al agregado de nitrógeno y entre los híbridos empleados.

El aumento en la dosis de nitrógeno mejoró la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada y esta a su vez aumento el número de grano por ende aumentando el rendimiento.

Ante la ausencia de respuesta a la fertilización azufrada, no se pudo establecer correctamente si hubo interacción nitrógeno por azufre. No obstante, se ha podido comprobar una asociación muy aceptable entre la fertilización nitrogenada y el rendimiento en grano del cultivo de maíz.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE F., CIRILO A.G., ECHARTE L. 2000. IN: OTEGUI, M.E. AND SLAFER, G.A. (EDS). *Physiological Bases for Maize Improvement*. Food Products Press, The Haworth Press Inc., New York. London, Oxford, pp. 59-74.
- ANDRADE, F. H., S. A. UHART, AND I. M. FRUGONE. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: Shade versus plant density effects. *Crop Sci.* 33: 482-485.
- ANDRADE, F. H., S. A. UHART, G. G. ARGUISSAIN, AND R. A. RUIZ. 1992. Radiation use efficiency of maize grown in a cool area. *FieldCrop Res.* 28: 345-354.
- ANDRADE, F.; CIRILO, A.; 1996 Maíz en alta producción Capítulo 9.: en *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Ed. La Barrosa. Pág. 255 – 267.
- ANDRADE, F.H., C. VEGA, S. UHART, A. CIRILO, M. CANTARERO, AND O. VALENTINUZ. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Sci.* 39:453–459.
- ANDRADE, F.H., CIRILO, A.G., UBART, S.A. Y OTEGUI, M.E.. 1996. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Balcarce, INTA-UL. p. 292.
- ANDRADE, F.H., VEGA, C., UBART, S.A., CIRILO, A.G. Y CANTARERO M.G. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Science* 39:453-459.
- ANDRADE, F.U. Y CIRILO, A.G. 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. Andrade, FH. y Sadras, VO. Eds. *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Balcarce, INTA-UL., pp. 135-154.
- BOCCO, F. A. 2006. Validación del Modelo NP-Zea, en la fertilización nitrogenada del Cultivo de Maíz, en dos Suelos de la Zona de Coronel Moldes (Cba.). Trabajo Final. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- BOLAÑOS, J., AND G.O. EDMEADES. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize: I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. *Field Crops Res.* 31:233–252.
- BORRÁS L., OTEGUI M.E. 2001. *Crop Sci*, 41:1816-1822.
- CAPURRO J., C. FIORITO, M. GONZÁLEZ Y R. PAGANI. 2002. Fertilización del cultivo de maíz en Cañada de Gómez (Santa Fe): Resultados del ensayo campaña 2001/02. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 15: 8-11. INPOFOS Argentina.
- CIRILO, A.G., AND F.H. ANDRADE. 1994. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Crop Sci.* 34:1044–1046.
- CISNEROS, J; A. CANTERO y C. CHOLAKY. 2000. *Uso y Manejo de Suelos*. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto, Córdoba. p:41

- CORDONE G., F. MARTINEZ, R. ABRATE, J. CAPURRO, A. GARGICEVICH, O. GENTILI, J. MENDEZ, G. PRIETO Y N. TRENTINO. 2001. Fertilización de maíz en distintos ambientes de la Región Pampeana Norte. *Informaciones Agronómicas* 11: 15-17.
- DALE, N. 1997. Ingredient analysis table. 1997 ed. *Feedstuffs*. 69(30): 24–31.
- ECHARTE L., F. ANDRADE, V. SADRAS, P. ABBATE. 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Res.* 96.:307–312.
- ECHARTE, L., F.H. ANDRADE, C.R.C. VEGA, AND M. TOLLENAAR. 2004. Kernel number determination in Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. *Crop Sci.* 44:1654–1661.
- ECHEVERRIA, E. Y H. SAINZ ROZAS. 2005. Maíz. En: Echeverría, H. y F. García (editores). *Fertilidad de suelo y fertilización de cultivo*. Edición INTA Balcarce.
- ESPOSITO, G.; C. CASTILLO; R. BALBOA. 2006. Calibración y validación de un método de diagnóstico de fertilización nitrogenada en maíz para el sur de Córdoba (Argentina). Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. Argentina. *RIA* 35 (3):45-63. Diciembre 2006. INTA, Argentina.
- FRIEDRICH, J.; L. SCHRADER. 1978. Sulfur Deprivation and Nitrogen Metabolism in Maize Seedlings. *Plant Physiol.* 61(6): 900–903.
- GALLO, K. P., AND C. S. T. DAUGHTRY. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agron. J.* 78: 752-756.
- GARCIA, F. 2000. Avances en Investigación y Experimentación en Fertilización de Cultivos Extensivos en Argentina. INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Tercera Conferencia Fertilizantes Cono Sur organizada por British Sulphur Pub. Punta del
- GARCIA, F. 2005. Criterio para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Jornada de maíz. Córdoba. Argentina.
- GARCIA, F. O. 2000. Rentabilidad de la fertilización: Algunos aspectos a considerar. INPOFOS N° 5. p: 10-13.
- GARCIA, F. O. 2005 criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz Jornada “maíz 2005”. Capacitación Agropecuaria Córdoba. P: 58-86.
- GATES, D. M. 1980. *Biophysical Ecology*. Springer-Verlag. New York, USA. 611 p.
- GONZALE MONTANER J. Y DI NAPOLI M. 2002. “Asociación de respuestas a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en siembra directa.” XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn (Chubut). 16 al 19 de Abril.

- HASHEMI-DEZFOULI, A., AND S. J. HERBERT. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agron. J.* 84:547-555.
- HUNT R., WARREN WILSON J., and D.W. HAND 1990. Integrated analysis of resource capture and utilization. *Annals of Botany* 65:643-648.
- INFOSTAT® Software Estadístico Versión 1.1 Actualización 2008. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- JONES, G. H. 1992. *Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. Second edition. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 428 p.
- KARLEN, D. L., AND C. R. CAMP. 1985. Row spacing, plant population and water management effects on corn in the Atlantic Coastal Plain. *Agr. J.* 77: 711-715.
- KEENEY, D.R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. In F.J. Stevenson (ed.) *Nitrogen in agricultural soils*. *Agron. Monogr.* 22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 605–649.
- KRAVCHENKO, A. N.; G. P. ROBERTSON, K. D. THELEN, y R. R. HARWOOD. 2005. Management, Topographical, and Weather Effects on Spatial Variability of Crop Grain Yields. *Agron. J.* 97:514–523.
- MADDONI, G.A.; R.A. RUIS; P. VILLARIÑO; I. GARCIA. 2003. Fertilización en los cultivos para grano. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Cap. 19 (501:534).
- MADDONNI, G.A., OTEGUI, M.E., GONZÁLEZ, P Y CIRILO, A.G. 1997. Modificaciones en la relación entre intercepción de la radiación e índice de área foliar en dos híbridos de maíz ante cambios en la densidad de plantas. In: Congreso Nacional de Maíz, 6, Pergamino, Buenos Aires. 1997. Actas. Pergamino AIANBA. Cap. 111, p. 1-6.
- MARSCHNER, H.E. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Second edition. Academic Press. London/ San Diego/ New York/ Boston/ Sydney/ Tokio/, p 889.
- MELCHIORI R.J.M., O.P. CAVIGLIA; N. FACCENDINI; A. BIANCHINI; W.R.. RAUN. 2006 Evaluación de refertilización nitrogenada basada en la utilización de un sensor óptico. INTA EEA Paraná. Actualización Técnica en maíz. Serie Extensión n° 41 p 33:36
- MELGAR, R. 2002. Manejo del riesgo de la fertilización de Cereales. www.fertilizar.org.ar
- MIGUEZ F., L. WINDAUER. 2004. Efecto de la fertilización con sulfato de amonio sobre el rendimiento, contenido de proteína y aceite en grano de maíz. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UBA. Volumen 22. Versión en línea.*
- MONTGOMERY, E.G. Correlation studies of com. *Nebraska Agricultural Station Annual Report, Lincoln, v. 24, p.108-159, 1911.*

- OTEGUI, M.E. 1995. Prolificacy and grain yield components in modern argentinian maize hybrids. *Maydica* 40:371–376.
- OTEGUI, M.E., M.G. NICOLINI, R.A. RUIZ, AND P.A. DODDS. 1995. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agron. J.* 87:29–33.
- RELUN G. 2005. Sulfur Management for Corn Growth with Conservation Tillage. *Soil Sci Soc Am J* 69:709-717.
- RIMSKI-KORSAKOV, H.; C. ALVAREZ; M. RODRIGUEZ y R. LAVADO. 2005. Predicción de nitratos a cosecha de maíz suelos de la región pampeana. INPOFOS. Pdf consultado: 10-02-07.
- RITCHIE W.; J. HANWAY 1997. Como se desarrolla una planta de maíz. Iowa State University. Iowa, USA. Reporte Especial N° 48. p: 36-39.
- RITCHIE W.; J. HANWAY 1997. How a corn plant develops. Special Reports N° 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa.:21 p.
- SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRÍA, H.E.; STUDDERT, G.A.; DOMÍNGUEZ, G. 2000. Evaluation of the Presidedress Soil Nitrogen Test for No-Tillage Maize Fertilized at Planting. *Agron. J.* 92:1176–1183
- SALVAGIOTTI F., H. PEDROL, J. CASTELLARÍN, A. VERNIZZI y O. ROSSO. 2002. Maíz Zona Núcleo: Efecto de la fertilización balanceada con nitrógeno y azufre sobre el rendimiento y sus componentes y sobre la rentabilidad. EEA Oliveros INTA
- SCHARF, P.C.; N. KITCHEN; K. SUDDUTH; J. DAVIS; V. HUBBARD y J. LORY. 2005. Field Scale Variability in optimal Nitrogen Fertilizer Rate for Corn. *Agron. J.* 97:452-461.
- SCHARF, P.C.; W.J. WIEBOLD; J.A. LORY. 2002. Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer Timing and Deficiency Level. *Agronomy Journal.* 94:435–441.
- SCHMIDT, J.P.; DEJOIA, A.J.; FERGUSON, R.B.; TAYLOR, R.K.; YOUNG, R.K.; HAVLIN, J.L. 2002. Corn Yield Response to Nitrogen at Multiple In-Field Locations. *Agron. J.* 94:798–806.
- SEILER, R., R. FABRICIUS , V. ROTONDO y M. VINOCUR. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto – 1974 / 1993. Volumen I. UNRC. p:41
- STEINBACH, H.; S. GRIGERA y R. ALVAREZ. 2006 Mineralización de nitrógeno en suelos de la pampa ondulada. XX Congreso argentino de la ciencia del suelo: 317. Salta-Jujuy, Argentina.
- TAWAINGA; KATSVAIRO, W.; COX, W.J.; VAN ES, H.M. 2003. Spatial Growth and Nitrogen Uptake Variability of Corn at Two Nitrogen Levels. *Agron. J.* 95:1000–1011.

- TKACHUK, R. 1977. Calculation of the nitrogen-to-protein conversion factor. In J.H. Hulse et al. (ed.) Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. Int. Dev. Res. Ctr., Ottawa, ON. p. 78–82.
- TOLLENAAR, M., L.M. DWYER, AND D.W. STEWART. 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvements in Ontario. Crop Sci. 32:432–438.
- WEIL R., S. MUGHOGHO. 2000. Sulfur Nutrition of Maize in Four Regions of Malawi. Agron. J. 92:649–656.

VIII. ANEXO



Foto 1: Perfil del suelo del establecimiento PASOS DE LOS ESPINILLOS, Río Cuarto, Córdoba.



Foto 2: Sistema radicular de un maíz con alta fertilización el de la derecha y uno con baja fertilización izquierdo, Río Cuarto, Córdoba.



Foto 3: Diferencia de coloración entre distintas parcelas, izquierda baja fertilización y derecha alta fertilización, Río Cuarto, Córdoba.



Foto 4: Diferencia de coloración y de tamaño entre la hoja de la espiga y la hoja embuchada, izquierda baja fertilización y derecha alta fertilización, Río Cuarto, Córdoba.



Foto 5: Cobertura de las hojas con respecto al suelo en una parcela con alta fertilización, Río Cuarto, Córdoba.



Foto 6: Cobertura de las hojas con respecto al suelo en una parcela con baja fertilización, Río Cuarto, Córdoba.

Análisis de la varianza

Variable N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA 36	0.53	0.32	4.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2132.75	11	193.89	2.50	0.0294
NITROGENO	1069.97	2	534.98	6.90	0.0043
AZUFRE	25.84	1	25.84	0.33	0.5692
CULTIVAR	759.00	1	759.00	9.78	0.0046
NITROGENO*AZUFRE	26.89	2	13.45	0.17	0.8419
NITROGENO*CULTIVAR	38.42	2	19.21	0.25	0.7826
AZUFRE*CULTIVAR	166.84	1	166.84	2.15	0.1555
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	45.78	2	22.89	0.30	0.7471
Error	1861.82	24	77.58		
Total	3994.57	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.42123

Error: 77.5758 gl: 24

NITROGENO	Medias	n	
100.00	183.94	12	A
150.00	190.12	12	A B
200.00	197.28	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.05941

Error: 77.5758 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
13.00	189.60	18	A
5.00	191.29	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.05941

Error: 77.5758 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n	
NK 940	185.86	18	A
DK 682	195.04	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.49520

Error: 77.5758 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n	
100.00	5.00	183.62	6	A
100.00	13.00	184.27	6	A
150.00	13.00	188.38	6	A B
150.00	5.00	191.85	6	A B
200.00	13.00	196.15	6	B
200.00	5.00	198.42	6	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.49520

Error: 77.5758 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n	
100.00	NK 940	178.92	6	A
150.00	NK 940	186.95	6	A B
100.00	DK 682	188.97	6	A B
200.00	NK 940	191.70	6	B
150.00	DK 682	193.28	6	B C
200.00	DK 682	202.87	6	C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.56930

Error: 77.5758 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
13.00	NK 940	182.86	9	A
5.00	NK 940	188.86	9	A B
5.00	DK 682	193.73	9	B
13.00	DK 682	196.34	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=14.84246

Error: 77.5758 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
100.00	13.00	NK 940	175.67	3	A
100.00	5.00	NK 940	182.17	3	A B
150.00	13.00	NK 940	184.40	3	A B
100.00	5.00	DK 682	185.07	3	A B
200.00	13.00	NK 940	188.50	3	A B C
150.00	5.00	NK 940	189.50	3	A B C
150.00	13.00	DK 682	192.37	3	B C D
100.00	13.00	DK 682	192.87	3	B C D
150.00	5.00	DK 682	194.20	3	B C D
200.00	5.00	NK 940	194.90	3	B C D
200.00	5.00	DK 682	201.93	3	B C D
200.00	13.00	DK 682	203.80	3	C D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Variable N	R ²	R ² Aj	CV
SUP HOJA 36	0.77	0.66	4.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43638.59	11	3967.14	7.21	<0.0001
NITROGENO	9492.04	2	4746.02	8.62	0.0915
AZUFRE	3519.46	1	3519.46	6.40	0.0184
CULTIVAR	28848.46	1	28848.46	52.42	<0.0001
NITROGENO*AZUFRE	91.66	2	45.83	0.08	0.9204
NITROGENO*CULTIVAR	628.78	2	314.39	0.57	0.5723
AZUFRE*CULTIVAR	742.65	1	742.65	1.35	0.2568
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	315.55	2	157.78	0.29	0.7533
Error	13208.00	24	550.33		
Total	56846.59	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=19.76631

Error: 550.3333 gl: 24

NITROGENO	Medias	n	
100.00	473.58	12	A
150.00	493.12	12	A
200.00	513.35	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=16.13912

Error: 550.3333 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
5.00	483.46	18	A
13.00	503.24	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=16.13912

Error: 550.3333 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n	
NK 940	465.04	18	A
DK 682	521.66	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=27.95378

Error: 550.3333 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n			
100.00	5.00	461.44	6	A		
150.00	5.00	484.29	6	A	B	
100.00	13.00	485.72	6	A	B	
150.00	13.00	501.96	6		B	C
200.00	5.00	504.66	6		B	C
200.00	13.00	522.04	6			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=27.95378

Error: 550.3333 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n					
100.00	NK 940	448.20	6	A				
150.00	NK 940	467.80	6	A	B			
200.00	NK 940	479.13	6		B	C		
100.00	DK 682	498.96	6			C	D	
150.00	DK 682	518.45	6				D	
200.00	DK 682	547.57	6					E

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=22.82417

Error: 550.3333 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n			
5.00	NK 940	459.70	9	A		
13.00	NK 940	470.39	9	A		
5.00	DK 682	507.23	9		B	
13.00	DK 682	536.09	9			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=39.53262

Error: 550.3333 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n						
100.00	5.00	NK 940	436.89	3	A					
100.00	13.00	NK 940	459.51	3	A	B				
150.00	5.00	NK 940	467.04	3	A	B	C			
150.00	13.00	NK 940	468.55	3	A	B	C			
200.00	5.00	NK 940	475.16	3	A	B	C	D		
200.00	13.00	NK 940	483.10	3		B	C	D		
100.00	5.00	DK 682	485.98	3		B	C	D		
150.00	5.00	DK 682	501.54	3			C	D	E	
100.00	13.00	DK 682	511.93	3				D	E	F
200.00	5.00	DK 682	534.17	3					E	F
150.00	13.00	DK 682	535.36	3					E	F
200.00	13.00	DK 682	560.97	3						F

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF PRIME	36	0.52	0.30	9.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.10	11	0.01	2.37	0.0376
NITROGENO	0.04	2	0.02	4.77	0.0180
AZUFRE	1.7E-05	1	1.7E-05	4.4E-03	0.9479
CULTIVAR	0.06	1	0.06	14.25	0.0009
NITROGENO*AZUFRE	8.6E-04	2	4.3E-04	0.11	0.8977
NITROGENO*CULTIVAR	1.7E-03	2	8.6E-04	0.22	0.8075
AZUFRE*CULTIVAR	0.01	1	0.01	1.48	0.2351
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	4.0E-04	2	2.0E-04	0.05	0.9506
Error	0.10	24	4.0E-03		
Total	0.20	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.05315

Error: 0.0040 gl: 24

NITROGENO	Medias	n	
100.00	0.66	12	A
150.00	0.69	12	A B
200.00	0.74	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04340

Error: 0.0040 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
5.00	0.69	18	A
13.00	0.70	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04340

Error: 0.0040 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n	
NK 940	0.66	18	A
DK 682	0.73	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.07517

Error: 0.0040 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n		
100.00	5.00	0.65	6	A	
100.00	13.00	0.66	6	A	B
150.00	13.00	0.69	6	A	B
150.00	5.00	0.69	6	A	B
200.00	13.00	0.73	6		B
200.00	5.00	0.74	6		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.07517

Error: 0.0040 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n			
100.00	NK 940	0.61	6	A		
150.00	NK 940	0.65	6	A	B	
200.00	NK 940	0.70	6		B	C
100.00	DK 682	0.71	6		B	C
150.00	DK 682	0.73	6		B	C
200.00	DK 682	0.77	6			C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.06137

Error: 0.0040 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n		
13.00	NK 940	0.64	9	A	
5.00	NK 940	0.67	9	A	B
5.00	DK 682	0.72	9		B C
13.00	DK 682	0.75	9		C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.10630

Error: 0.0040 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n					
100.00	13.00	NK 940	0.60	3	A				
100.00	5.00	NK 940	0.62	3	A	B			
150.00	13.00	NK 940	0.64	3	A	B	C		
150.00	5.00	NK 940	0.67	3	A	B	C	D	
100.00	5.00	DK 682	0.68	3	A	B	C	D	E
200.00	13.00	NK 940	0.69	3	A	B	C	D	E
200.00	5.00	NK 940	0.71	3		B	C	D	E
150.00	5.00	DK 682	0.72	3		B	C	D	E
100.00	13.00	DK 682	0.73	3			C	D	E
150.00	13.00	DK 682	0.74	3			C	D	E
200.00	5.00	DK 682	0.76	3				D	E
200.00	13.00	DK 682	0.78	3					E

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF SEGÚN	36	0.59	0.41	6.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.08	11	0.01	3.17	0.0087
NITROGENO	0.05	2	0.03	10.92	0.0004
AZUFRE	0.01	1	0.01	3.04	0.0939
CULTIVAR	0.02	1	0.02	6.37	0.0186
NITROGENO*AZUFRE	1.5E-03	2	7.4E-04	0.31	0.7388
NITROGENO*CULTIVAR	4.3E-04	2	2.1E-04	0.09	0.9154
AZUFRE*CULTIVAR	0.01	1	0.01	2.59	0.1208
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	6.3E-04	2	3.2E-04	0.13	0.8782
Error	0.06	24	2.4E-03		
Total	0.14	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04138

Error: 0.0024 gl: 24

NITROGENO	Medias	n	
100.00	0.67	12	A
150.00	0.70	12	A
200.00	0.76	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03379

Error: 0.0024 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
5.00	0.69	18	A
13.00	0.72	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03379

Error: 0.0024 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n	
NK 940	0.69	18	A
DK 682	0.73	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.05853

Error: 0.0024 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n			
100.00	5.00	0.66	6	A		
100.00	13.00	0.68	6	A		
150.00	5.00	0.68	6	A	B	
150.00	13.00	0.71	6	A	B	
200.00	5.00	0.74	6		B	C
200.00	13.00	0.78	6			C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.05853

Error: 0.0024 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n				
100.00	NK 940	0.65	6	A			
150.00	NK 940	0.67	6	A	B		
100.00	DK 682	0.69	6	A	B	C	
150.00	DK 682	0.72	6		B	C	D
200.00	NK 940	0.74	6			C	D
200.00	DK 682	0.78	6				D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04779

Error: 0.0024 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
5.00	NK 940	0.69	9	A
13.00	NK 940	0.69	9	A
5.00	DK 682	0.70	9	A
13.00	DK 682	0.76	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.08277

Error: 0.0024 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n					
100.00	13.00	NK 940	0.64	3	A				
100.00	5.00	NK 940	0.66	3	A	B			
100.00	5.00	DK 682	0.66	3	A	B	C		
150.00	5.00	NK 940	0.67	3	A	B	C		
150.00	13.00	NK 940	0.67	3	A	B	C	D	
150.00	5.00	DK 682	0.70	3	A	B	C	D	
100.00	13.00	DK 682	0.72	3	A	B	C	D	
200.00	5.00	NK 940	0.73	3		B	C	D	E
150.00	13.00	DK 682	0.74	3			C	D	E
200.00	5.00	DK 682	0.74	3			C	D	E
200.00	13.00	NK 940	0.76	3				D	E
200.00	13.00	DK 682	0.81	3					E

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RFAI	36	0.62	0.45	6.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46187.79	11	4198.89	3.62	0.0041
NITROGENO	23800.83	2	11900.42	10.25	0.0006
AZUFRE	1073.76	1	1073.76	0.92	0.3458
CULTIVAR	17374.32	1	17374.32	14.96	0.0007
NITROGENO*AZUFRE	97.64	2	48.82	0.04	0.9589
NITROGENO*CULTIVAR	385.74	2	192.87	0.17	0.8479
AZUFRE*CULTIVAR	3197.71	1	3197.71	2.75	0.1100
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	257.78	2	128.89	0.11	0.8954
Error	27870.36	24	1161.26		
Total	74058.14	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=28.71298

Error: 1161.2648 gl: 24

NITROGENO	Medias	n	
100.00	482.72	12	A
150.00	504.58	12	A
200.00	544.81	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=23.44405

Error: 1161.2648 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
5.00	505.24	18	A
13.00	516.16	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=23.44405

Error: 1161.2648 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n	
NK 940	488.73	18	A
DK 682	532.67	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=40.60629

Error: 1161.2648 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n	
100.00	5.00	477.33	6	A
100.00	13.00	488.12	6	A
150.00	5.00	501.10	6	A B
150.00	13.00	508.06	6	A B
200.00	5.00	537.30	6	B C
200.00	13.00	552.32	6	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=40.60629

Error: 1161.2648 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n	
100.00	NK 940	456.79	6	A
150.00	NK 940	482.52	6	A B
100.00	DK 682	508.66	6	B C
150.00	DK 682	526.64	6	C D
200.00	NK 940	526.89	6	C D
200.00	DK 682	562.72	6	D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=33.15490

Error: 1161.2648 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
13.00	NK 940	484.77	9	A
5.00	NK 940	492.70	9	A
5.00	DK 682	517.78	9	A B
13.00	DK 682	547.56	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=57.42597

Error: 1161.2648 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
100.00	13.00	NK 940	449.01	3	A
100.00	5.00	NK 940	464.56	3	A B
150.00	13.00	NK 940	477.99	3	A B C
150.00	5.00	NK 940	487.06	3	A B C D
100.00	5.00	DK 682	490.09	3	A B C D
150.00	5.00	DK 682	515.15	3	B C D E
200.00	5.00	NK 940	526.47	3	C D E F
100.00	13.00	DK 682	527.22	3	C D E F
200.00	13.00	NK 940	527.31	3	C D E F
150.00	13.00	DK 682	538.12	3	D E F
200.00	5.00	DK 682	548.12	3	E F
200.00	13.00	DK 682	577.32	3	F

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO DE MIL	36	0.96	0.95	1.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23589.86	11	2144.53	56.54	<0.0001

NITROGENO	14.90	2	7.45	0.20	0.8230
AZUFRE	18.35	1	18.35	0.48	0.4934
CULTIVAR	23475.35	1	23475.35	618.93	<0.0001
NITROGENO*AZUFRE	28.49	2	14.25	0.38	0.6909
NITROGENO*CULTIVAR	34.92	2	17.46	0.46	0.6365
AZUFRE*CULTIVAR	17.78	1	17.78	0.47	0.5001
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	0.07	2	0.04	9.7E-04	0.9990
Error	910.30	24	37.93		
Total	24500.16	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.18919

Error: 37.9292 gl: 24

NITROGENO	Medias	n	
100.00	341.19	12	A
200.00	341.93	12	A
150.00	342.77	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.23695

Error: 37.9292 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
5.00	341.25	18	A
13.00	342.68	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.23695

Error: 37.9292 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n	
DK 682	316.43	18	A
NK 940	367.50	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.33862

Error: 37.9292 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n	
200.00	5.00	340.35	6	A
100.00	13.00	340.68	6	A
150.00	5.00	341.70	6	A
100.00	5.00	341.70	6	A
200.00	13.00	343.52	6	A
150.00	13.00	343.83	6	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.33862

Error: 37.9292 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n	
100.00	DK 682	315.27	6	A
200.00	DK 682	315.43	6	A
150.00	DK 682	318.58	6	A
150.00	NK 940	366.95	6	B
100.00	NK 940	367.12	6	B
200.00	NK 940	368.43	6	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.99196

Error: 37.9292 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
5.00	DK 682	315.01	9	A
13.00	DK 682	317.84	9	A
5.00	NK 940	367.49	9	B
13.00	NK 940	367.51	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.37837

Error: 37.9292 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n	
200.00	5.00	DK 682	313.13	3	A
100.00	5.00	DK 682	315.13	3	A
100.00	13.00	DK 682	315.40	3	A
150.00	5.00	DK 682	316.77	3	A
200.00	13.00	DK 682	317.73	3	A
150.00	13.00	DK 682	320.40	3	A
100.00	13.00	NK 940	365.97	3	B
150.00	5.00	NK 940	366.63	3	B
150.00	13.00	NK 940	367.27	3	B
200.00	5.00	NK 940	367.57	3	B
100.00	5.00	NK 940	368.27	3	B
200.00	13.00	NK 940	369.30	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	36	0.37	0.08	9.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17101831.56	11	1554711.96	1.26	0.3050
NITROGENO	8177606.22	2	4088803.11	3.31	0.0338
AZUFRE	747648.44	1	747648.44	0.61	0.4442

CULTIVAR	5478720.44	1	5478720.44	4.44	0.0358
NITROGENO*AZUFRE	956210.89	2	478105.44	0.39	0.6832
NITROGENO*CULTIVAR	1383462.89	2	691731.44	0.56	0.5785
AZUFRE*CULTIVAR	88804.00	1	88804.00	0.07	0.7909
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	269378.67	2	134689.33	0.11	0.8971
Error	29646554.00	24	1235273.08		
Total	46748385.56	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=936.47069

Error: 1235273.0833 gl: 24

NITROGENO	Medias	n		
100.00	10593.00	12	A	
150.00	11220.33	12	A	B
200.00	11759.33	12		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=764.62511

Error: 1235273.0833 gl: 24

AZUFRE	Medias	n		
13.00	11046.78	18	A	
5.00	11335.00	18	A	

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=764.62511

Error: 1235273.0833 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n		
NK 940	10800.78	18	A	
DK 682	11581.00	18		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1324.36955

Error: 1235273.0833 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n		
100.00	13.00	10278.50	6	A	
100.00	5.00	10907.50	6	A	B
150.00	13.00	11027.00	6	A	B
150.00	5.00	11413.67	6	A	B
200.00	5.00	11683.83	6		B
200.00	13.00	11834.83	6		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1324.36955

Error: 1235273.0833 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n		
100.00	NK 940	9935.50	6	A	
150.00	NK 940	11027.33	6	A	B
100.00	DK 682	11250.50	6	A	B
150.00	DK 682	11413.33	6		B
200.00	NK 940	11439.50	6		B
200.00	DK 682	12079.17	6		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1081.34321

Error: 1235273.0833 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n		
13.00	NK 940	10607.00	9	A	
5.00	NK 940	10994.56	9	A	
13.00	DK 682	11486.56	9	A	
5.00	DK 682	11675.44	9	A	

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1872.94137

Error: 1235273.0833 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n		
100.00	13.00	NK 940	9457.67	3	A	
100.00	5.00	NK 940	10413.33	3	A	B
150.00	13.00	NK 940	10880.33	3	A	B
100.00	13.00	DK 682	11099.33	3	A	B
150.00	13.00	DK 682	11173.67	3	A	B
150.00	5.00	NK 940	11174.33	3	A	B
200.00	5.00	NK 940	11396.00	3		B
100.00	5.00	DK 682	11401.67	3		B
200.00	13.00	NK 940	11483.00	3		B
150.00	5.00	DK 682	11653.00	3		B
200.00	5.00	DK 682	11971.67	3		B
200.00	13.00	DK 682	12186.67	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUMERO GRANO	36	0.69	0.54	9.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		5579952.22	11	507268.38	4.77	0.0007
NITROGENO		647717.39	2	323858.69	3.05	0.0361
AZUFRE		89201.78	1	89201.78	0.84	0.3687
CULTIVAR		4646898.78	1	4646898.78	43.73	<0.0001
NITROGENO*AZUFRE		56532.39	2	28266.19	0.27	0.7687

NITROGENO*CULTIVAR	118197.72	2	59098.86	0.56	0.5806
AZUFRE*CULTIVAR	441.00	1	441.00	4.2E-03	0.9492
NITROGENO*AZUFRE*CULTIVAR	20963.17	2	10481.58	0.10	0.9064
Error	2550213.33	24	106258.89		
Total	8130165.56	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=274.65995

Error: 106258.8889 gl: 24

NITROGENO	Medias	n		
100.00	3138.50	12	A	
150.00	3294.25	12	A	B
200.00	3466.92	12		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=224.25891

Error: 106258.8889 gl: 24

AZUFRE	Medias	n	
13.00	3250.11	18	A
5.00	3349.67	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=224.25891

Error: 106258.8889 gl: 24

CULTIVAR	Medias	n		
NK 940	2940.61	18	A	
DK 682	3659.17	18		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=388.42782

Error: 106258.8889 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	Medias	n		
100.00	13.00	3053.50	6	A	
100.00	5.00	3223.50	6	A	B
150.00	13.00	3224.33	6	A	B
150.00	5.00	3364.17	6	A	B
200.00	5.00	3461.33	6		B
200.00	13.00	3472.50	6		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=388.42782

Error: 106258.8889 gl: 24

NITROGENO	CULTIVAR	Medias	n			
100.00	NK 940	2710.67	6	A		
150.00	NK 940	3006.67	6	A	B	
200.00	NK 940	3104.50	6		B	
100.00	DK 682	3566.33	6			C
150.00	DK 682	3581.83	6			C
200.00	DK 682	3829.33	6			C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=317.14999

Error: 106258.8889 gl: 24

AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n		
13.00	NK 940	2887.33	9	A	
5.00	NK 940	2993.89	9	A	
13.00	DK 682	3612.89	9		B
5.00	DK 682	3705.44	9		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=549.31990

Error: 106258.8889 gl: 24

NITROGENO	AZUFRE	CULTIVAR	Medias	n					
100.00	13.00	NK 940	2591.33	3	A				
100.00	5.00	NK 940	2830.00	3	A				
150.00	13.00	NK 940	2961.33	3	A	B			
150.00	5.00	NK 940	3052.00	3	A	B	C		
200.00	5.00	NK 940	3099.67	3	A	B	C	D	
200.00	13.00	NK 940	3109.33	3	A	B	C	D	
150.00	13.00	DK 682	3487.33	3		B	C	D	E
100.00	13.00	DK 682	3515.67	3			C	D	E
100.00	5.00	DK 682	3617.00	3				D	E
150.00	5.00	DK 682	3676.33	3					E
200.00	5.00	DK 682	3823.00	3					E
200.00	13.00	DK 682	3835.67	3					E

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)