

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



“Trabajo final presentado para optar al grado de Ingeniero  
Agrónomo”

Respuesta del Maíz Pisingallo a la fertilización nitrogenada y  
azufrada en función de distintas densidades de siembra

**Gustavo Javier Felgueri**

DNI: 28.704.318

Director/a: Ing. Agr. MSc Liliana Grosso  
Co-director: Ing. Agr. MSc Gabriel Espósito

Río Cuarto – Córdoba

Septiembre – 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Respuesta del Maíz Pisingallo a la fertilización nitrogenada y azufrada  
en función de distintas densidades de siembra**

Autor: Felgueri, Gustavo Javier.  
DNI: 28704318

Directora: Ing. Agr. (MSc) Grosso, Liliana.  
Co-Director: Ing. Agr. (MSc) Espósito, Gabriel.

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

Ing. Agr. (MSc) Grosso, Liliana \_\_\_\_\_

Ing. Agr. (MSc) Bonadeo, Elena \_\_\_\_\_

Ing. Agr. (MSc) Cisnero, José \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación:

Aprobado por Secretaría Académica:

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado durante todo este tiempo.
- A mi directora Ing. Agr. Grosso Liliana y a mi Co-director Ing. Agr. Espósito Gabriel por el tiempo dedicado y su disponibilidad constante para atender mis dudas y guiarme en la realización del presente trabajo.
- Y un agradecimiento infinito a mis padres Roberto y Graciela que me guiaron, apoyaron y formaron a lo largo de mi vida.

G. J. Felgueri

## ÍNDICE GENERAL

<b>Resumen</b> .....	IV
<b>Summary</b> .....	V
<b>Introducción y antecedentes</b> .....	VI
<b>Hipótesis</b> .....	XIII
<b>Objetivos generales</b> .....	XIII
<b>Objetivos específicos</b> .....	XIII
<b>Materiales y métodos</b> .....	XIII
<b>Fuentes de financiación</b> .....	XV
<b>Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo</b> .....	XV
<b>Resultados</b> .....	XVII
<b>Discusión</b> .....	XXVIII
<b>Conclusión</b> .....	XXX
<b>Bibliografía</b> .....	XXXI
<b>Anexos</b> .....	XXXIV
<b>Índice de referencias</b> .....	XLIV

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Figura 1: Producción individual de materia seca.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2 :Producción de materia seca por hectárea.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3: Rendimiento en grano en función de las distintas densidades y fertilización.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4: Número de granos en función de las distintas densidades y fertilización....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 5: Peso de espiga en función de las distintas densidades y fertilización.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 6: Prolificidad; espigas por planta en función de las distintas densidades y fertilización.....</b>	<b>26</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS:

<b>Balance hídrico: tabla y figura representativo de la campaña 2005/06.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla de datos relevados en ensayo experimental y en Laboratorio.....</b>	<b>36</b>
<b>Análisis ANOVA: Infostat, 2002.....</b>	<b>37</b>
<b>Figuras del cultivo de maíz Pisingallo realizado en el campo experimental de la UNRC.....</b>	<b>42</b>

## **RESPUESTA DEL MAÍZ PISINGALLO A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y AZUFRA DA EN FUNCIÓN DE DISTINTAS DENSIDADES DE SIEMBRA**

### **RESUMEN**

El maíz Pisingallo o Popcorn se presenta como una alternativa novedosa de diversificación agrícola. Respecto a su manejo, es muy similar al del maíz tradicional, aunque este tipo de cultivo necesita de nutrientes esenciales, entre los que se destacan nitrógeno, fósforo y azufre. Con el objetivo de determinar el comportamiento del maíz Pisingallo ante una fertilización nitrogenada y azufrada, se realizó una investigación en el campo experimental de la UNRC (Córdoba). Para esto se utilizó el híbrido Poper 42, el cual fue sembrado sobre un diseño en franjas con tres repeticiones, a tres densidades diferentes (65.000, 80.000 y 95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>). Al momento de la siembra se realizó una fertilización con fosfato diamónico, y en el estadio V<sub>6</sub> del cultivo, se aplicaron dos refertilizaciones a base de UAN y UAN + azufre (tiosulfato) respectivamente. Finalmente se evaluó el comportamiento del maíz Pisingallo ante las variables implementadas, mediante el rendimiento en grano y sus componentes (número y peso de los mismos), producción de materia seca, prolificidad y grado de expansión. Cabe mencionar, que el cultivo se desarrolló bajo un marcado déficit hídrico en la mayor parte de su ciclo, lo cual influyó notablemente en los resultados finales. Dichos resultados expresaron una baja interacción entre los factores densidad y fertilización con respecto a las variables analizadas (número de plantas logradas.ha<sup>-1</sup>, número de espigas por planta, número de granos por espiga, peso de espigas, peso de los 1000 granos). Aunque hay que destacar una respuesta favorable del híbrido a los tratamientos con fertilizantes realizados, presentando buen vigor, altura y respuesta al vuelco.

**Palabras claves:** Maíz pisingallo, fertilización, densidad, comportamiento, variables.

## SUMMARY

The maize Pisingallo or Popcorn appears like a novel alternative of agricultural diversification. With respect to its handling, it is very similar to the one of the traditional maize, although this type of cultivation needs essential nutrients such as nitrogen, phosphorus and sulphur. With the aim of determining the behaviour of the Pisingallo maize in a nitrogen and sulphured fertilization, a research was carried out in the UNRC experimental field, (Cordoba). In the investigation, the hybrid Poper 42 was used, which was seeded on a design of strips with three repetitions, to three different densities (65,000, 80,000 and 95,000 plants ha<sup>-1</sup>). At the moment of the seed, fertilization with diammonium phosphate was made, and in the V6 stage of the cultivation, two re-fertilizations on the basis of UAN and UAN + sulphur (tiosulfato) respectively were applied. Finally, the behaviour of the Pisingallo maize was evaluated according to the implemented variables, by means of the yield in grain and its components (their number and weight), production of dry matter, proliferation and degree of expansion. It is worth mentioning that the cultivation was developed under a noticeable hydro deficit in most of its cycle, which influenced remarkably in the final results. These results expressed a low interaction between the factors density and fertilization with respect to the analyzed variables. However, it is necessary to highlight a favourable response of the hybrid to the treatment carried out with fertilizers, displaying renewed vigour, height and resistance to the tumble.

**Key words:** Maize pisingallo, fertilization, densidad, behavior, variables.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El maíz Pisingallo o Popcorn, (*Zea mays L. var oryzaea*) se presenta como una alternativa novedosa de diversificación agrícola para el productor. Como país productor Argentina ocupa el sexto lugar a nivel mundial, después de Estados Unidos, Brasil y Sudáfrica. En cambio, como país exportador, Argentina ocupa actualmente el primer lugar. (*Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos; Publicaciones Agricultura 21-01-2006*).

Una alta proporción de la producción nacional tiene como destino la exportación, quedando un remanente poco significativo para el mercado interno.

La evolución de la superficie sembrada ha seguido la siguiente tendencia:

**1<sup>era</sup> etapa:** En 1993, la incipiente producción era dirigida a cubrir la demanda de Brasil, y en menor medida al mercado interno.

**2<sup>da</sup> etapa:** El área sembrada pasó de 14.200 ha<sup>-1</sup> a 46.000 ha<sup>-1</sup> en la campaña 1996-1997.

**3<sup>ra</sup> etapa:** a partir de 1997, la superficie sembrada disminuyó a 40.000 ha<sup>-1</sup>, pero las mejoras experimentales permitieron un repunte en los tonelajes recolectados a 125.000 toneladas, record histórico en nuestro país para este tipo de maíz (*Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos; Publicaciones Agricultura 21-01-2006*).

### **Fertilización: Diagnóstico y Manejo**

La fertilización juega un papel muy importante en la estabilidad de los rendimientos, y mucho más en aquellos casos en que se adopta la tecnología de la siembra directa (SD) (*Dantur, 1992*).

En general, en suelos fértiles y bajo SD se obtienen, desde el primer año, rendimientos iguales o superiores a los obtenidos con sistemas de labranza convencional (LC). Estas producciones pueden lograrse con o sin fertilización nitrogenada, según sea el grado de fertilidad del suelo (*Dantur, 1992*). En suelos con problemas de degradación, la adopción de la SD ocasiona que, durante los tres o cuatro primeros años de implementación de la misma, se obtengan rendimientos inferiores a los de la LC, en aquellos casos en los que no se fertiliza el cultivo. Si, en cambio, a ésta nueva modalidad de labranza se le agrega una adecuada fertilización nitrogenada, los rendimientos pueden ser similares a los obtenidos hasta ese momento bajo LC (*Dantur, 1992*).

Con respecto a lo mencionado recientemente, Hernández *et al* (2001) puntualiza que en SD es decisiva la implementación de un esquema de fertilización en maíz, debido a una serie de factores a tener en cuenta:

- i. En los primeros años bajo SD, los suelos ofrecen menor disponibilidad de nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S) con relación al suelo laboreado convencionalmente, en razón que la degradación de la materia orgánica (M.O.) es mas lenta que en los sistemas con remoción de suelos. Por lo tanto, la disponibilidad de estos nutrientes puede resultar menor.
- ii. El peligro de lavado por precipitación de la fracción soluble del N (en forma de nitrato) puede aumentar bajo SD, ya que éste sistema de labranza favorece la captación de agua, lo que en ciclos muy húmedos puede hacer que una proporción importante de nutrientes quede fuera del alcance del sistema radicular del maíz.
- iii. Los híbridos del maíz Pisingallo de alto potencial de rendimiento actualmente empleados tienen exigencias de nutrientes en tiempo y cantidad que en general no son satisfechas totalmente por la fertilidad del suelo. A su vez, la exportación de nutrientes que efectúan éstos materiales no es ni remotamente restituida con los residuos (rastros) del cultivo (especialmente el N y el P), por lo que el balance nutricional en el suelo resulta con cada campaña claramente negativo (Hernández *et al*; 2001).

Todas las consideraciones expuestas determinan que la diagramación de un esquema de fertilización para el cultivo de maíz Pisingallo sea prácticamente indispensable en cualquier planteo de alta producción.

Al respecto, Castillo *et al* (1998) indica que los sistemas de cultivo bajo SD suelen tener como inconveniente una menor disponibilidad de nutrientes como N y P, debido a que la escasa o nula remoción del suelo provoca una disminución en la aireación de la M.O., ocasionando una baja tasa de liberación de los nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo del cultivo. Esto sugiere que la fertilización debe ser una práctica muy recomendada en la agricultura bajo SD, siempre que se maximice su eficiencia de utilización.

El comportamiento del maíz bajo distintos sistemas de laboreo en relación a la fertilización nitrogenada está íntimamente relacionado a las condiciones de fertilidad de los suelos como factor dominante. Para lograr la optimización de la expresión del rendimiento potencial máximo del cultivo, es necesaria la interacción positiva de otros componentes tecnológicos como la rotación de cultivos, los materiales de alto potencial de rinde, los niveles de cobertura, las labranzas conservacionistas y el manejo cultural, además de condiciones climáticas favorables (Casanova y Hernández, 1994).

La decisión sobre si se va a fertilizar o no un lote de maíz y la respuesta del cultivo a tal labor depende, entre otras variables del momento de la aplicación y la dosis a utilizar, las cuales deben basarse en los siguientes aspectos (*Tellería, 1998*):

- Historia del lote y cultivo antecesor;
- Rendimiento esperado para el maíz;
- Disponibilidad de nutrientes a la siembra y en V5-V6;
- Disponibilidad hídrica del suelo;
- Pronóstico climático para la campaña;
- Precio del grano de maíz;
- Precio del fertilizante;
- Densidad de plantas por hectáreas deseadas;
- Presencia de plagas y enfermedades, entre otros factores.

Otro aspecto que debe considerarse en todo proceso de cálculo de necesidades de fertilización en el cultivo de maíz es el nivel de extracción de nutrientes del suelo, el cual se hace con cada una de las cosechas. Si los nutrientes no son repuestos, la fertilidad del lote irá decayendo progresivamente debido a que, si bien algunos elementos vuelven al suelo con el aporte de rastrojos, la mayoría se exporta con el grano. El K, el Ca y el Mg retornan en buena medida al suelo, debido a que se localizan en gran parte en el tallo de la planta; en cambio, el N, el P y el S retornan en pequeña proporción vía rastrojo, ya que están contenidos básicamente en el grano. En investigaciones sobre maíz, Gambaudo y Fontanetto (1996) determinan que dividir la dosis de N en dos aplicaciones (siembra y V6) resulta más beneficioso que una sola aplicación al momento de la siembra, debido a que en el estadio V6, el cultivo comienza una absorción de N muy intensa.

Analizando la fertilización en maíz Pisingallo, debemos puntualizar que en nuestra región, normalmente se realizan dos fertilizaciones (a excepción de campos recientemente desmontados, en los que generalmente no se fertiliza) (*Baumer, 1996*):

- i. Al momento de la siembra, con Fosfato Monoamónico (12% de N elemento y 52% de  $P_2O_5$ ). Las dosis más comúnmente utilizadas fluctúan entre 80 y 100 Kg de Fosfato Monoamónico.ha<sup>-1</sup> o sus equivalentes bajo la forma de Fosfato Diamónico.
- ii. En el estado fenológico V6, con urea (46% de N elemento). Para todos los casos y tipos de fertilizantes nitrogenados anteriormente citados, su incorporación por debajo de la capa de rastrojo presenta ventajas, ya que de esta forma, se evita la

inmovilización de N agregado, por la microflora presente en los residuos (*Baumer, 1996*).

Hargrove (1998) establece que la pérdida de N por volatilización en forma de  $\text{NH}_3$  depende de factores del suelo (pH, capacidad buffer, capacidad de intercambio catiónico, y actividad ureásica) de factores del aire o del ambiente (temperatura, intercambio de aire, contenido de humedad) y factores de manejo (presencia de residuos, fuente y dosis de N, método de aplicación y modificaciones del fertilizante). Otros tres procesos también son responsables de la pérdida de N aportado por la fertilización presente en el suelo: la desnitrificación, el lavado de nitratos y la erosión hídrica y eólica del suelo.

El Azufre es el tercer nutriente deficiente en los suelos pampeanos, y su inclusión ha generado respuestas favorables en cultivos de maíz (*Fertipasa S.A; Edición Septiembre, 2004*).

La fertilización con azufre en Argentina tiene las siguientes características: los suelos que han sido desgastados por el uso o la erosión, o que poseen bajos contenidos de materia orgánica son los que presentan mayor respuesta a éste nutriente (*Cátedra de Cerealicultura, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UBA*).

El azufre, junto con el nitrógeno y el fósforo, es uno de los nutrientes a los que generalmente se encuentra buena respuesta de rendimiento en los distintos cultivares de maíz Pisingallo. Éste nutriente tiene una dinámica muy similar a la del nitrógeno, donde la materia orgánica del suelo es la principal reserva, y la disponibilidad de sulfatos para las plantas depende en gran medida de la mineralización de las fracciones orgánicas. Es por esto que las respuestas al agregado de azufre generalmente se observa en situaciones de lotes degradados, donde los niveles de materia orgánica han disminuido a lo largo de los años (*Fertipasa S.A.; Edición Septiembre, 2004*).

La respuesta a la fertilización azufrada comenzó a observarse hace algunos años en numerosos cultivos de maíz Pisingallo. Éste maíz presentaba respuestas en situaciones de buena fertilidad fosfatada y nitrogenada y en condiciones ambientales que le permitían altos rendimientos (*Martínez y Cordone, 1998; Cordone et. al., 2001; Fontanetto et. al., 2001*).

Al cabo de varios años, la respuesta del maíz al agregado de fertilizantes azufrados se ha tornado muy frecuente en la región productiva núcleo de la Argentina, lo cual indica que una estrategia de fertilización que excluya a este nutriente puede disminuir la eficiencia de utilización de los demás nutrientes (*Martínez y Cordone, 1998*).

La fertilización nitrógeno-azufrada se presenta como una alternativa de manejo en cultivos de maíz Pisingallo. Sin embargo, algunos aspectos de manejo no están del todo claros, siendo uno de los más importantes el ajuste de la fertilización, ya que no se han establecido umbrales propios para el cultivo, y en general se usan los mismos criterios que

para un maíz convencional con menores rendimientos. Menos aún se ha estudiado la interacción entre genética y fertilización, es decir, si la respuesta al agregado de dosis crecientes de un nutriente difiere entre cultivares (*INTA; Proyecto regional agrícola. Desarrollo rural. Ing. Agr. Walter Kugler, 2008*).

El aporte de nitrógeno por mineralización durante los cultivos de verano puede ser elevado en lotes provenientes de pasturas o con historia agrícola no muy intensa. De acuerdo a estimaciones realizadas en base al nitrógeno potencialmente mineralizable, es factible que estos suelos liberen entre 100 y 250 kg de nitrógeno por hectárea ( $N \cdot ha^{-1}$ ) con buena disponibilidad hídrica, durante el ciclo del cultivo de maíz (*Echeverría y Bergonzi; 1995*).

La similitud de N y S en cuanto a su dinámica y movilidad en el suelo, funciones en la planta y requerimientos de manejo hacen posible su aplicación en forma conjunta, y la mezcla de fertilizantes líquidos es una vía apropiada para llevarla a cabo de manera práctica y eficiente. En un ensayo realizado en la localidad de Colón (Bs. As.) durante la campaña 2005-2006 por un grupo de trabajo del INTA Pergamino, se determinó un efecto significativo del N sobre los rendimientos, sin diferencia entre dosis ( $N_{60}$  y  $N_{120}$ ) y momento de aplicación ( $V_2$  y  $V_6$ ), efecto de S y ausencia de interacción N x S. (*INTA; Proyecto regional agrícola- Desarrollo rural. Ing. Agr. Walter Kugler; 2008*).

Aunque el maíz pisingallo probablemente tenga su origen en México, éste era cultivado en China, Sumatra e India muchos años antes de la llegada de Cristóbal Colón a América. Se cree que el primer uso del maíz salvaje y de los primeros cultivos era para hacer palomitas, como actualmente se usa el maíz Pisingallo (*Popcorn Argentina, 2007*).

Pese a los vaivenes, la producción local se ha ido incrementando y hoy la Argentina es el principal exportador y formador de precios de maíz Pisingallo mundial, dado que exporta casi el 100% de las 150.000 toneladas que produce, siendo sus principales destinos Europa, Asia, Ecuador y Venezuela entre otros. Los mas fuertes son Egipto, España y Francia (*Adnmundo, 2006*).

En cuanto a la evolución de la superficie sembrada de maíz Pisingallo en la República Argentina se observan tres etapas bien diferenciadas. Hasta 1993, nuestro país contaba con una incipiente producción dirigida a cubrir la demanda de Brasil y en menor medida al mercado interno. En 1994, el área sembrada fue de  $14.200 \text{ ha}^{-1}$ , pasando a  $46.000 \text{ ha}^{-1}$  en la campaña 1996/97. La producción pudo ser comercializada sin ningún tipo de inconveniente colocándose el saldo exportable argentino a precios cuya relación llegó a superar a las cotizaciones del maíz común, siendo ésta cotización el doble de la del maíz común, ubicando al maíz Pisingallo en óptimas condiciones de mercado. A partir de 1997, disminuyeron las hectáreas sembradas a 40.000, pero las mejoras experimentales permitieron un repunte en las toneladas cosechadas, alcanzando las 125.000 t, record histórico para este tipo de maíz. Para el año 2000 las hectáreas sembradas llegaron a 45.000. Actualmente la

superficie ha bajado a 30.000 ha<sup>-1</sup> sembradas, pero aún así, Argentina sigue siendo el principal exportador de este producto (SAGP y A, 2004).

### **Zonas de producción**

Si bien potencialmente su cultivo se adapta a la totalidad de las regiones maiceras, en la actualidad se pueden diferenciar tres zonas de producción bien definidas:

1. Núcleo maicera: es la zona productora más importante de maíz Pisingallo, en particular la fracción que abarca norte y oeste de la provincia de Buenos Aires, la cual se estima que en la campaña agrícola 1997/98 aportó el 60% de la producción total de maíz Pisingallo.

2. Noroeste argentino (NOA): abarca una zona donde el cultivo se desarrolla con mayor intensidad, siendo el área de influencia la localidad de Las Lajitas, dentro de la región agroecológica conocida como “Umbral al Chaco”. Esta zona que cuenta con un régimen de precipitaciones estivales, tiene como fecha óptima de siembra para el maíz, mediados de diciembre. Pero dado que en la región se prioriza la siembra de soja, tarea que se realiza en los primeros días del mes citado, la implantación del maíz se ve demorada, concentrándose el grueso de la siembra alrededor del 10 al 15 de Enero. Este atraso en la fecha de siembra trae aparejado una disminución de los rendimientos del maíz Pisingallo del orden de los 500 a 700 kg.ha<sup>-1</sup>. En el ciclo 1997/98 aportó el 28,7% de la superficie plantada.

3. Sudeste de Buenos Aires: la implantación del cultivo se realiza principalmente en la franja costera de los partidos de Lobería, Necochea, Balcarce y General Pueyrredón, región caracterizada por suelos profundos y un régimen regular de precipitaciones en la época estival. Esta zona aportó el restante 11,3% de la superficie implantada en la campaña 1997/98. Otras provincias en las que se suele sembrar, aunque en menor proporción, son: Santa Fé, Entre Ríos, Córdoba, Tucumán y Misiones (SAGP y A, 2004).

### **Comercialización**

En la comercialización del maíz Pisingallo interviene un reducido número de empresas, las que se encargan del suministro de la simiente, pactando con el productor la posterior adquisición de la producción. También le brindan apoyo técnico sobre aspectos inherentes al cultivo. Algunos productores independientes adquieren por cuenta propia el

paquete tecnológico (semillas, insumos y asesoramiento técnico) a semilleros y vendedores de insumos, que comercializa tanto simientes de origen nacionales como importados.

Además de realizar contratos con los productores, las empresas compran la producción a terceros con los cuales no han realizado convenios. En estos casos puede resultar que la calidad del grano producido sea inferior a la deseada, manifestándose en una menor expansión de los granos al ser sometidos a calor. Estas empresas cuentan con “Friteras” en las que se determina la expansión de las muestras extraídas de las descargas provenientes de los establecimientos agropecuarios. Como regla general, la industria solo recibe partidas cuyo índice de expansión resulta superior a una base preestablecida.

Al concretarse operaciones con compradores extranjeros no sólo se toma en cuenta el índice de expansión, sino también se incluyen pautas sobre el granaje de la partida. Según los mercados, las exigencias con respecto a la expansión cambian. El mercado europeo, por ejemplo, demanda un producto con una expansión de  $40 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ . En general se busca una máxima expansión por grano, siendo esta obtenida por los granos de mayor tamaño. Para su exportación se requiere la utilización de bolsas de un peso de sólo 50 libras, o sea de 22,68 kg. El material de las bolsas debe ser papel, formado por 4 piezas, una de las cuales es plastificada. Las bolsas presentan la particularidad de ser microperforadas, para que la semilla pueda respirar y poder realizar los respectivos tratamientos de prevención. Algunas empresas exportan las bolsas de maíz Pisingallo con el rótulo del comprador.

Con relación al precio de exportación, es posible lograr una mejora del mismo diferenciando al producto por grado de expansión. Esto se logra pasando el grano del Pisingallo a través de mesas vibradoras gravimétricas, separando la mercadería de acuerdo a su peso específico, obteniéndose así mercadería de distinto grado de expansión. Las muestras con granos más grandes pueden llegar a expansiones de  $44 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ , mientras que las muestras de granos pequeños pueden alcanzar expansiones de  $35 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ . Los importadores de este producto, por lo general, no son exigentes en el calibre del grano, pero sí en la uniformidad de la mercadería.

En los últimos años la evolución del mejoramiento genético y de tecnología disponible para el agricultor, han permitido acercarle una variada gama de híbridos (antes solo recomendado para las mejores condiciones de producción) asegurando al productor una mayor estabilidad en el rendimiento (*Mella et al; 1984*).

## **Hipótesis**

El maíz Pisingallo, híbrido Poper 42, responde favorablemente a la fertilización química con nitrógeno y azufre, en función de las distintas densidades de siembra, aumentando el rendimiento en kilos por hectárea.

## **Objetivo general**

Evaluar el comportamiento y producción del maíz Pisingallo (híbrido POPER 42), con respecto al vuelco, tamaño de las plantas y el vigor, en las densidades de plantación, y en la aplicación de fertilizantes a la siembra, y dos refertilizaciones en el estadio V6.

## **Objetivos Específicos**

- Evaluar la respuesta del maíz Pisingallo en cada tratamiento (densidad de plantación y fertilizaciones) a través del número de plantas a cosecha, producción de materia seca, número de espigas por plantas, y número de granos por espigas en una superficie de 5,2 m<sup>2</sup>.
- Evaluar el rendimiento en kg<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup> para cada tratamiento, a través del número de granos. m<sup>2</sup>, peso de 1000 granos.
- Evaluar la calidad del híbrido de maíz Pisingallo en cuanto a la expansión (método utilizado para la medición de la calidad de híbridos de maíz Pisingallo) en cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup>.

## **Materiales y métodos**

En el campo experimental de la UNRC, ubicado sobre la Ruta Nacional N° 36 Km 601 se realizó la siembra de maíz Pisingallo, híbrido Poper 42.

Dicha siembra se realizó sobre un suelo Hapludol típico, franco arenoso, sobre una parcela de 20 m x 50 m, utilizando un diseño en franjas con tres repeticiones, donde a cada una le correspondió una densidad diferente: 65.000, 80.000 y 95.000 plantas por hectárea respectivamente.

En la parcela delimitada se realizaron labores de presiembra mediante una rastra de doble acción, dejando el suelo en óptimas condiciones para la realización de la siembra. Cabe mencionar que la parcela utilizada provenía de un cultivo antecesor de maíz Pisingallo, por ende se consideró la realización de tal labor (rastra de doble acción), de manera que permita obtener una cama de siembra fina y refinada al momento de realizar la misma.

El día 15 de Noviembre de 2005, se procedió a efectuar la siembra, utilizando una sembradora Agrometal de nueve surcos, con un espaciamiento entre surcos (EES) de 0,52m. El híbrido de maíz Pisingallo que se utilizó fue Poper 42 de la empresa Sursem.

Todas las parcelas fueron fertilizadas al momento de la siembra, con fosfato diamónico, a razón de  $65\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  según la necesidad del suelo y basándonos en un previo análisis de suelo de la parcela tratada, cuyo análisis presento los siguientes resultados:

Profundidad (cm.):0-20

%MO: 1.51

N-NO<sub>3</sub> (ppm):19.50

NO<sub>3</sub> (ppm):86.39

S (ppm):5

Ph: 6.35

En el estadio V6 se realizó una refertilización con UAN ( $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N) y otra con UAN + Azufre ( $90\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N (UAN) +  $10\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  S (tiosulfato), en sus respectivas parcelas y teniendo en cuenta que en la parcela restante no se le agregó ningún tipo de fertilizante (parcela testigo).

Para el control de la comunidad de malezas presentes se realizó un control químico en preemergencia con una mezcla de herbicidas (Atrazina  $2\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  y Acetoclor  $1,5\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). En postemergencia el control de malezas se efectuó en forma manual mediante el uso de azadas. La parcela presentaba gran infestación de cebollín (*Cyperus rotundus*) siendo ésta la maleza problema, teniendo que efectuar por este motivo, reiterados controles en forma manual, debido a sus constantes rebrotes.

Antes de la cosecha (10 días previos) se evaluó el vuelco, altura y vigor del híbrido en cada tratamiento ( $5,5\text{m}^2$ ).

La cosecha se realizó los primeros días de abril, con un contenido de humedad del grano de 14,5%. Se delimitó dentro de las franjas y en cada repetición, una superficie de  $5,5\text{m}^2$  y se procedió a obtener las espigas comprendidas en dicha área en forma manual, siempre extrayéndolas del surco central de cada repetición dentro del bloque, con el fin de eliminar el efecto bordura que pudiera inferir en los resultados finales.

Posteriormente en laboratorio se efectuó la evaluación de los siguientes parámetros:

- Rendimiento en grano en  $\text{kg}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$
- Número de granos por espiga.
- Peso de los 1.000 granos.

- Producción de materia seca en  $\text{kg}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  (muestras tomadas entre floración y cosecha, secadas a estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Peso de las espigas por metro ( $\text{gr de espiga} \cdot \text{m}^{-1}$ ).
- Prolificidad (se contabilizó las espigas por plantas de cada parcela tratada).
- Calidad del híbrido (postcosecha, midiendo el grado de expansión de los granos de maíz Pisingallo en  $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ).

Finalmente los resultados fueron analizados mediante un estudio de ANOVA y la comparación de medias por el test de Duncan ( $p= 0,05$ ) para cada una de las variables, utilizando el programa estadístico INFOSTAT (*Infostat, 2002*).

En resumen, el diseño estadístico-factorial que se realizó sería:

3 tratamientos (densidades distintas)=65.000, 80.000 y 95.000 plantas por  $\text{ha}^{-1}$ .

2 tratamientos (refertilizaciones)=una refertilización con UAN y otra refertilización con UAN + AZUFRE (tiosulfato).

### **Fuentes de financiación**

- UNRC. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento de Producción vegetal. Cátedra Producción Hortícola.
- Cátedra Producción de Cereales.
- Campo de la UNRC Cátedra de Maquinaria Agrícola.
- Ing. Ag. Pedro Rinaudo (*Semilla de maíz Pisingallo, híbrido Popper 42 y herbicidas*).

### **Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo**

Con respecto a la evolución de temperaturas ambientales, se puede decir que fueron las esperadas para la época en dicha estación del año, las que proporcionaron buenas condiciones para la germinación, emergencia y establecimiento del cultivo de maíz Pisingallo. Siendo máximas en el mes de Enero, y luego comenzando a disminuir hacia el fin del ciclo del cultivo.

En cuanto a las precipitaciones se podría decir que el cultivo se desarrolló durante todo el ciclo bajo condiciones de sequía mostrando un marcado déficit hídrico en los meses críticos para este cultivo (floración= enero), siendo determinante en el comportamiento del híbrido ante las distintas densidades.

Las precipitaciones estuvieron siempre por debajo de los requerimientos hídricos del cultivo, no alcanzando nunca los valores de Evapotranspiración potencial (ETP) y Evapotranspiración real (ETR).

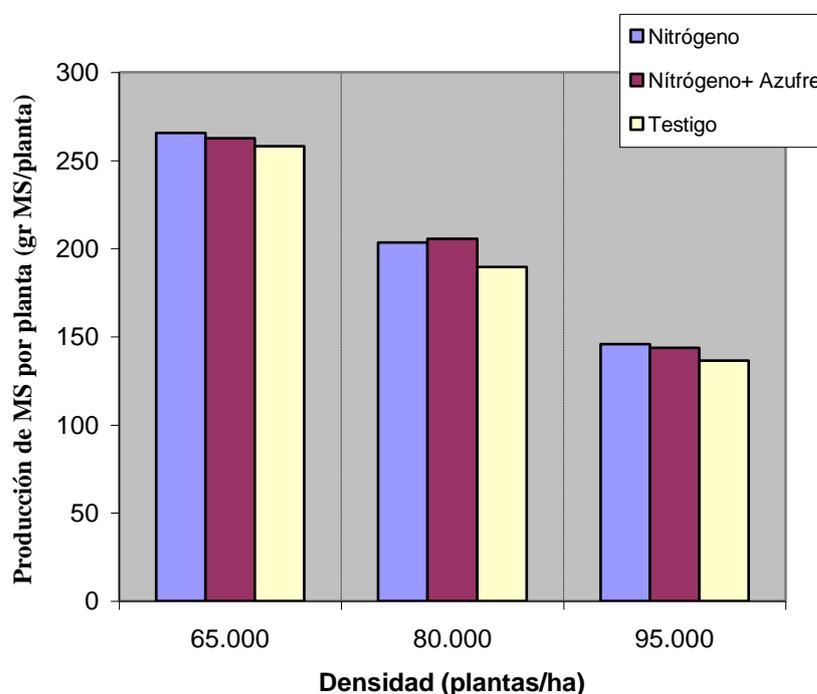
La floración del cultivo se produjo alrededor del 14 de Enero, mes con marcado déficit hídrico. Teniendo en cuenta que el período crítico del maíz corresponde a 15 días antes y 15 días después de la floración, se puede inferir que el cultivo sin duda se vio influenciado por el ambiente, con el consecuente impacto sobre las variables a medir. Por lo que la falta de agua tuvo un papel determinante en los resultados de este trabajo.

Hacia final del ciclo las precipitaciones aumentaron, cubriendo las demandas de evapotranspiración permitiendo al cultivo salir del estado de estrés hídrico. (Ver Anexo de balance hídrico; campaña 2005/06).

## RESULTADOS

### Producción de materia seca

El ensayo realizado en la UNRC, el cual se viene mencionando con anterioridad, se destacó debido a que se desarrolló bajo condiciones de secano con un marcado déficit hídrico durante todo el ciclo del cultivo, por tal motivo, se vio seriamente afectada la producción de materia seca por planta (figura 1), aunque no tan afectada la producción de materia seca por hectárea.



**Figura 1: Producción individual de MS**

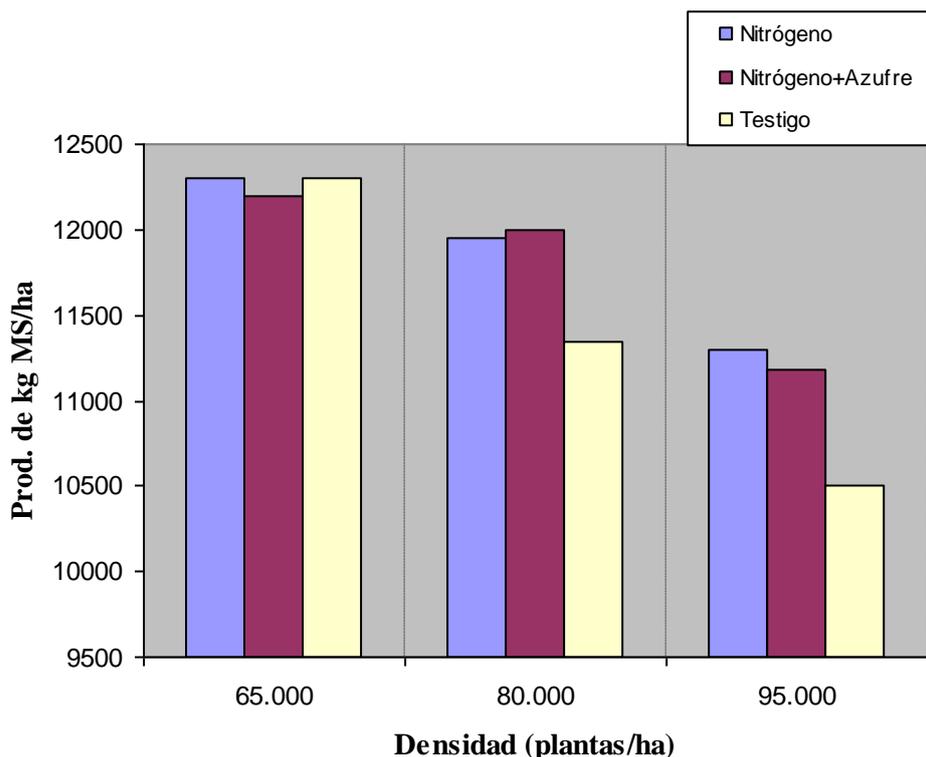
Producción de materia seca por planta (g MS.planta):

Densidad	Nitrógeno	Nitrógeno + Azufre	Testigo
95.000	145.7	143.68	136.5
80.000	203.55	205.6	189.6
65.000	265.5	262.43	258

La densidad 1 (65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) presentó una producción promedio de 265,50 g MS/planta para el sector fertilizado con N; 262,43 g MS.planta para el sector fertilizado con N+S y para el sector testigo se constató un promedio de 258 g MS.planta. En lo que respecta

a la densidad 2 (80.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) se notó una pequeña disminución en los g MS.planta, encontrándose para el sector fertilizado con N, 203,55 g MS.planta; para N+S, 205,6 g MS.planta y para el testigo 189,6 g MS.planta. Por último, para el sector que abarcó la densidad mayor de plantas.ha<sup>-1</sup> (95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) se constató una marcada disminución de los g MS.planta, correspondiendo a 145,7 g MS.planta para N; 143,68 g MS.planta para N+S y 136,5 g MS.planta para el sector testigo.

A continuación se analizan los resultados de producción de MS.ha<sup>-1</sup> encontrados:



**Figura 2: Producción de materia seca por hectárea**

Producción de materia seca por hectárea (Kg MS. ha<sup>-1</sup>):

Densidad	Nitrógeno	Nitrógeno+Azufre	Testigo
95.000	11.300	11.180	10.500
80.000	11.950	12.000	11.350
65.000	12.300	12.200	12.300

La densidad 1 (65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), presentó una producción de kg MS.ha<sup>-1</sup> muy similar para cada tratamiento, alcanzando los 12.300 kg MS.ha<sup>-1</sup> para N; 12.200 Kg MS. ha<sup>-1</sup> para N+S y 12.300 kg MS.ha<sup>-1</sup> para el sector testigo. En lo que respecta a la densidad 2 (80.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), si bien se notó una disminución de producción de kg MS.ha<sup>-1</sup>, esto no es tan marcado como en el caso de los g MS.planta, y además, entre todos los tratamientos

tampoco se encuentran diferencias significativas, verificándose 11.950 kg MS.ha<sup>-1</sup> para N; 12.000 kg MS.ha<sup>-1</sup> para N+S y 11.350 kg MS.ha<sup>-1</sup> para el testigo. En la densidad 3 (95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) ocurrió algo similar a las demás densidades, donde si bien se observó una disminución en kg MS.ha<sup>-1</sup>, esto no es tan relevante, encontrándose unos 11.300 kg MS.ha<sup>-1</sup> para el tratamiento con N; 11.180kg MS.ha<sup>-1</sup> para N+S y 10.500 kg MS.ha<sup>-1</sup> para el sector testigo. En una experiencia realizada en Balcarce, con distintas densidades de siembra de maíz común (*Zea mays*), bajo condiciones de riego y fertilización, mostró que el incremento en el número de plantas por unidad de superficie produjo un aumento del índice de área foliar (IAF) y la intercepción de la radiación, por lo que aumentó la tasa de crecimiento con la consecuente producción de biomasa, principalmente durante las etapas tempranas de desarrollo del cultivo (*Hernández y Orioli, 1982*).

En ausencia de deficiencias hídricas y nutricionales, densidades de 8,5 plantas.m<sup>2</sup> permitieron lograr valores de intercepción del 95% que se asociaron con estos valores de producción de materia seca. Por el contrario, densidades de 2,2 y 26,7 plantas/m<sup>2</sup> produjeron menor cantidad de materia seca (*Valentinuz et al., 1995*).

En maíz, la densidad óptima disminuye cuanto menor es la disponibilidad de agua y nutrientes. Al reducir la densidad en situaciones de estrés aumenta la disponibilidad de agua y nutrientes por individuo, lo que disminuye el riesgo de que la tasa de crecimiento se vea severamente afectada (*Andrade et al, 2002*).

### **Rendimiento en grano**

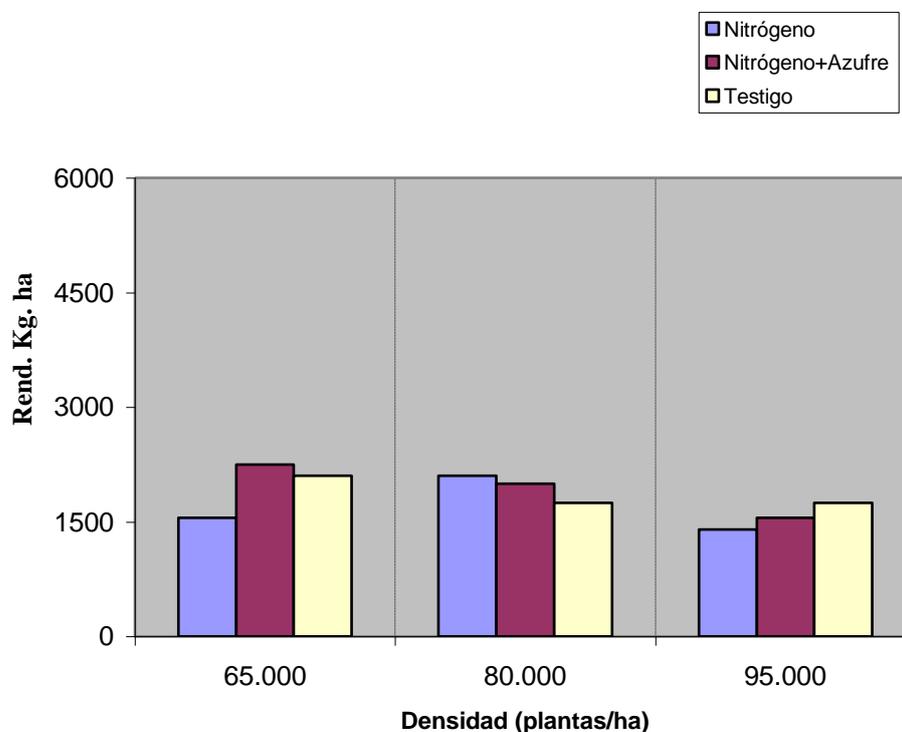
En maíz existe una estrecha relación entre el rendimiento y la producción de biomasa aérea, lo cual depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el canopeo (*Gifford et al., 1984*).

Bajo un manejo de alta producción, los nutrientes y la densidad necesarios para maximizar el rendimiento son aquellos que garantizan coberturas adecuadas, para interceptar el máximo de radiación incidente durante los periodos críticos en que se determina el rendimiento y por una máxima partición de materia seca en destinos productivos. Por lo tanto la densidad óptima puede ser mayor que aquella que garantice la intercepción total de radiación en los periodos críticos del cultivo de maíz (*Duncan, 1986*).

En lo que respecta al trabajo realizado en el campo experimental de la UNRC, si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a rendimiento entre los distintos tratamientos, se verificó una pequeña tendencia por parte de la menor densidad y refertilizada con N+S a presentar un mejor comportamiento, no sólo ante las variables expuestas en la investigación (densidad-fertilización) sino también, ante el factor ambiental(sequía) imperante al momento de llevar a cabo tal experimento.

Los resultados analizados por el método ANOVA, sugieren que no hay interacción entre densidad y fertilización ( $p=0,2973$ ) por lo que los resultados de los efectos principales pueden interpretarse independientemente: no existe efecto de la densidad de siembra ( $p=0,5440$ ), ni de fertilización ( $p=0,3481$ ) sobre peso del grano de maíz Pisingallo.

A continuación se detalla el análisis gráfico de lo mencionado:



**Figura 3: Rendimiento en grano en función de las distintas densidades y fertilización**

Rendimiento en grano ( $\text{Kg. ha}^{-1}$ ):

Densidad	Nitrógeno	Nitrógeno+Azufre	Testigo
95.000	1.498	1.500	1.650
80.000	2.000	1.900	1.650
65.000	1.500	2.200	2.000

Una experiencia realizada por Andrade *et. al.* 1996, muestra la respuesta de maíz al incremento de la densidad en función de la disponibilidad hídrica y de nutrientes; se observó que el rendimiento aumentó con la densidad en condiciones de riego, pero que ante deficiencias hídricas moderadas las altas densidades ya no respondían de la misma manera y el rendimiento disminuyó notablemente cuando el déficit hídrico fue severo durante la floración. Por lo tanto, en seco, cuando la disponibilidad hídrica es limitada, el empleo de densidades moderadas o bajas, evita un consumo exagerado de agua. Entonces, en sistemas

de alta producción (sin limitaciones hídricas y buen manejo nutricional y sanitario), será necesario aumentar la densidad de plantas para maximizar la respuesta al mayor agregado de nutrientes.

En cambio, en sistemas de secano, con ambientes de mediana a baja productividad, resultará conveniente ser medurado en la densidad de siembra y nivel de fertilización, pues la pérdida de rendimiento por excesos en la densidad en años secos es generalmente mayor que el potencial de rendimiento no explotado por quedar en densidades subóptimas en aquellos años de inesperada disponibilidad hídrica (*Cirilo, 2000*).

Esto demuestra que sin deficiencias hídricas ni nutricionales, altas densidades responden de mejor manera en cuanto al rendimiento, es decir, el rendimiento óptimo es mayor a densidades más altas, pero ante déficit hídrico, como fue el caso de la experiencia realizada en el campo experimental de la UNRC, las menores densidades tienden a presentar un mejor comportamiento ante este factor climático.

El rendimiento en maíz puede ser estudiado a través de sus componentes numéricos del rendimiento, tales como: número de granos por unidad de superficie, peso de granos, entre otros (*Carcova et al., 2003*). Por ende se prosiguió al análisis de estas variables o componentes del rendimiento, tales como el número y peso de los granos y otras variables importantes como el número de espigas por planta (prolificidad), peso de espigas, grado de expansión de los granos, vuelco, tamaño y vigor de plantas, los cuales se detallan a continuación:

### **Variables y componentes del rendimiento**

#### **• Número de granos**

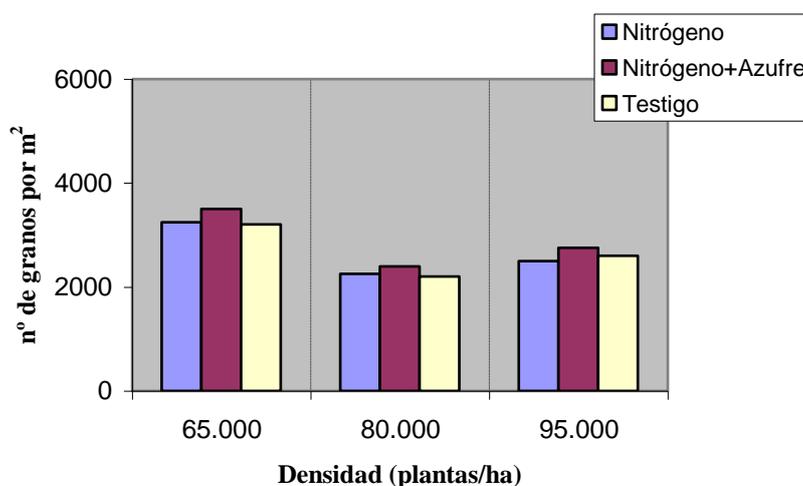
El número de granos por unidad de superficie es altamente afectado por variaciones en la densidad de plantas (*Thompson y Fentos, 1979*).

En maíz el rendimiento está más asociado al número final de granos logrados que al peso de los mismos. De los aspectos determinantes del número de granos, sin embargo, la generación de estructuras capaces de dar origen a un grano no sería un factor determinante del número final que alcanza la madurez. Diversos autores han señalado que para lograr aumentos de rendimiento es más importante aumentar la supervivencia de dichas estructuras que el número potencial de granos (*Carcova et al., 2003*).

A través de aproximaciones experimentales se determinó que el número de granos queda establecido en un período aproximado de treinta días centrado en la floración, motivo por el cual se definió esta etapa como *período crítico*. La incidencia de un estrés hídrico o lumínico provoca mayores mermas en el número de granos cuando tiene lugar en este

periodo, que coincide con el incremento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio del llenado del grano (Carcova et al., 2003).

En el ensayo de investigación realizado en la UNRC, el híbrido Poper 42 no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,0072$ ) en el número de granos por espiga de maíz Pisingallo en lo que respecta a la densidad de siembra, aunque cabe resaltar que la menor densidad (65.000 plantas.hectárea) y fertilización con N+S presentó una mayor capacidad para producir granos. A continuación se detalla gráficamente lo mencionado:



**Figura 4: Número de granos en función de las distintas densidades y fertilización**

Números de granos por m<sup>2</sup>:

Densidad	Nitrógeno	Nitrógeno+Azufre	Testigo
95.000	2.300	2.500	2.400
80.000	2.100	2.200	2.090
65.000	3.600	3.700	3.600

En Balcarce, una experiencia realizada bajo condiciones óptimas (sin estrés hídrico ni nutricional), arrojó que el incremento en número de granos por planta ante disminuciones de la densidad a un cuarto de lo óptimo fue bajo, lo mismo ocurrió si se duplicaba la densidad óptima, por lo que se dedujo que aumentos en la densidad de plantas por encima de lo recomendado puede reducir el número de granos por unidad de superficie, esto se explica por marcadas reducciones en el número de granos por planta (Valentinuz, 1995).

Andrade *et al.*, (1996) comunica que en un híbrido poco prolífico, sin limitaciones hídricas ni nutricionales, la reducción en la densidad de plantas desde 6 a 2 plantas .m<sup>2</sup>, sólo incremento el número de granos en un 21% por unidad de superficie.

Estas experiencias contrastan con las condiciones en las que se realizó el ensayo de investigación en la UNRC, cuyas condiciones en este caso fueron de intensa sequía durante todo el ciclo del cultivo, por lo que el período en el que queda establecido el número de granos se vio severamente afectado, aunque cabe aclarar que ante esta situación se presentó una tendencia hacia un mejor comportamiento de la menor densidad y fertilización nitrógeno azufrada, produciendo más granos por planta, como también por unidad de superficie, lo cual se atribuye a una mayor cantidad de recursos para cada planta y menor competencia interespecíficas entre las mismas. Caso contrario se observó en mayores densidades donde los recursos por planta fueron restringidos y hubo mayor competencia por los mismos, aunque destacando también el mejor comportamiento del N+S. En estos casos, incidiendo positivamente en la producción del número de granos.

Número de granos promedio:

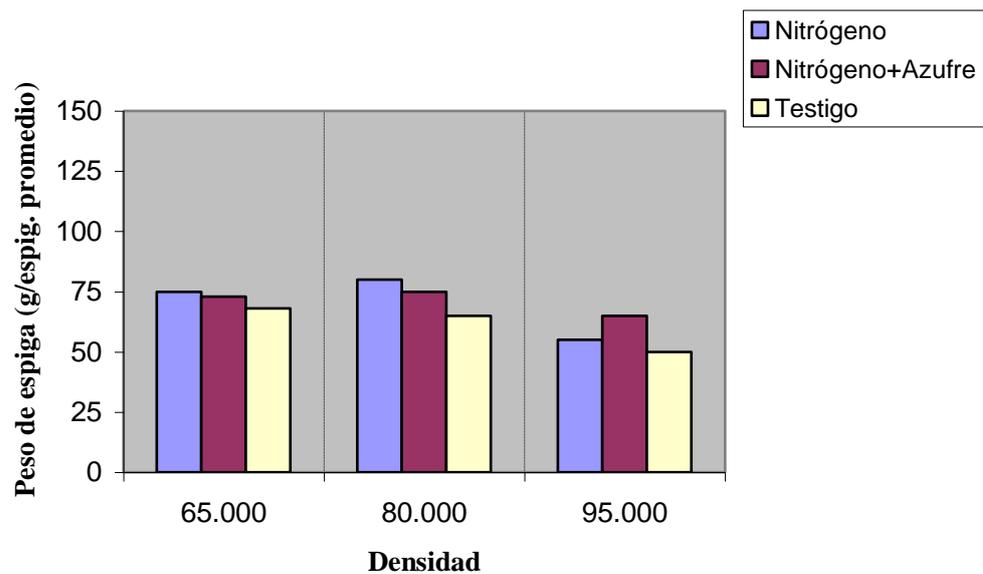
Densidad	Medias	
95.000	485.11	A
80.000	409.33	B
65.000	356.11	B

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según test de Duncan al 5% de probabilidad

#### • **Peso de las espigas**

En lo que respecta a este análisis los resultados estadísticos demuestran que no hay interacción densidad-fertilización, aunque hay que destacar que las densidades de 65.000 y 80.000 plantas.ha<sup>-1</sup> no presentaron diferencias estadísticamente significativas, aunque sí se observó una diferencia marcada en la densidad mayor (95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), la cual presenta menor peso de espiga promedio.

También hay que agregar que tanto para la densidad de 65.000 plantas.ha<sup>-1</sup> como para 80.000 plantas.ha<sup>-1</sup> se resalta un mayor peso de espigas en aquellos sectores fertilizados con N y N+S con respecto al sector testigo.



**Figura 5: Peso de espiga en función de las distintas densidades y fertilización**

Peso de espiga promedio:

Densidad	Medias	
80.000	71,83	A
65.000	71	A
95.000	57,66	B

Medias con letras distintas para cada densidad indican diferencias estadísticas significativas según el test de Duncan al 5% de probabilidad

#### • Peso de los granos

El peso de los granos depende de las condiciones ambientales a las que queda expuesta la planta durante el llenado (*Andrade, 1997*).

En maíz el peso de los granos se encuentra altamente relacionado con el número de células endospermáticas como con la cantidad de gránulos de almidón formados (*Carcoba et al., 2003*).

Por otro lado, ante cambios en la densidad, este componente del rendimiento (peso de granos) presenta intermedia o baja variación en maíz (*Kimiry et al., 1990*).

En ensayos de densidad de plantas conducidas en Balcarce, disminuciones en la densidad de 8,2 a 2,2 plantas.m<sup>2</sup> se asociaron con incrementos en el peso de los granos de 17% en promedio (*Vega, 1997*).

Las condiciones durante el llenado producen un incremento en el peso de los granos, el maíz tiene escasa posibilidad de ajustes en el rendimiento a través de esta característica (Andrade *et al.*, 1996).

El híbrido Poper 42 utilizado en el trabajo de investigación llevado a cabo en el campo experimental de la UNRC no presentó diferencias estadísticas significativas ante el efecto tanto de densidad de siembra ( $p=0,5440$ ), como de las distintas fertilizaciones ( $p=0,3481$ ) sobre peso del grano del maíz Pisingallo.

#### • Prolificidad

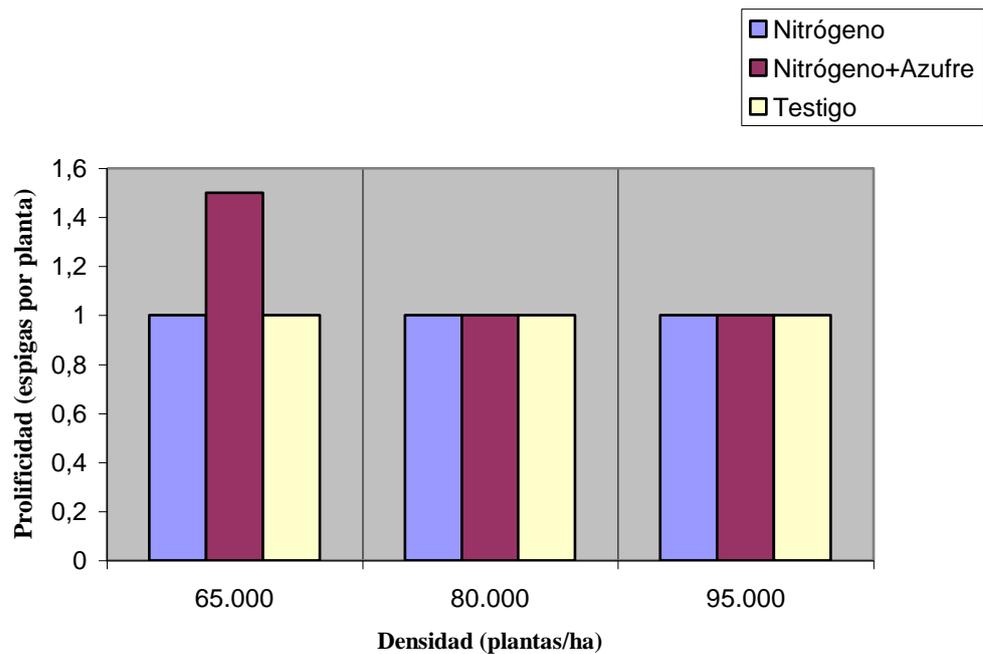
La prolificidad se la denomina en maíz como la capacidad de producir más de una espiga por planta, lo cual ha sido sugerido como una propiedad que permite mejorar el rendimiento en híbridos de maíz. Sin embargo, nuevas experiencias no encontraron diferencias entre híbridos con distinta prolificidad cuando estos se compararon en dos sistemas de cultivo con diferentes niveles de insumos (Vega *et al.*, 2004).

La capacidad de los híbridos de variar en términos de prolificidad podría otorgar mayor plasticidad vegetativa y reproductiva y consecuentemente disminuir su sensibilidad a cambios en la densidad de plantas. A pesar de las evidencias que relacionan las buenas condiciones de crecimiento con la prolificidad de maíz, su impacto sobre el rendimiento de la espiga principal no es bien conocido (Durieux *et. al*, 1993).

Una experiencia realizada en la Estación Experimental del INTA Paraná evaluó la variable prolificidad entre distintos híbridos y densidades, donde los resultados obtenidos informan que no se encontraron diferencias significativas (Valentinuz, 2007).

En nuestro ensayo experimental, no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las variables densidad ( $p=0,7997$ ) y fertilización ( $p=0,4287$ ), sobre el número de espigas de maíz Pisingallo. Aunque habría que resaltar que para la menor densidad se observó una mayor preponderancia en la producción de espigas por plantas en una relación 1:1,5 (una planta, 1,5 espigas promedio) hacia el sector tratado con N+S. En las demás densidades y sus respectivos tratamientos, la relación observada fue de una espiga por planta.

A continuación se detalla gráficamente lo citado:



**Figura 6: Prolificidad; espigas por planta en función de las distintas densidades y fertilización**

Aunque no se observen diferencias significativas, cabe agregar que un factor que podría inferir, aunque no halla grandes diferencias, es el aumento en la densidad de siembra donde la prolificidad (n° espigas. plantas) tiende a ser menor, siendo lo determinante de este comportamiento la mayor competencia por agua y nutrientes.

- **Grado de expansión de los granos**

Para la determinación de la expansión del maíz Pisingallo (variable más importante a tener en cuenta al momento de comercializar el maíz), se utiliza una sigla MWVT que significa Metric Weiht Volumetric Tester, o en español, Testeador del Volumen Métrico. El nivel de expansión es una medida tomada con este instrumento, y representa la cantidad de centímetros cúbicos de maíz explotado por cada grano de maíz sin explotar. Mientras más alto sea el nivel de MWVT, más grande va a ser el volumen explotado por cada grano de maíz sin explotar.

En el mercado existen diferentes híbridos que presentan variados grados de expansión, donde el valor normal oscila entre los 38 y 43 centímetros cúbicos por cada 1 gramo (*Popcorn, 2007*).

En general se busca una máxima expansión por grano, siendo esto obtenido por los granos de mayor tamaño. Las muestras con granos más grandes pueden llegar a expansiones

de  $44 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ , mientras que las muestras de granos pequeños alcanzan expansiones de  $35 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ . (SAGPYA, 2004).

El híbrido Poper 42, utilizado en la experiencia realizada en la UNRC, mostró una expansión de  $42 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  para aquellos tratamientos con N+S (independientemente de la densidad),  $40 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  para el tratamiento solo con N y de  $38,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  para el sector testigo. El cual en promedio arrojó un valor de  $40,16 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  lo cual es tomado como un valor normal y aceptable de expansión para los híbridos que existen en el mercado, aunque resaltando la incidencia de los fertilizantes sobre esta importante variable como es la expansión, sobre todo al momento de comercializar el maíz Pisingallo.

Estos resultados concuerdan con una experiencia realizada en la campaña 2002/03 por el INTA Pergamino, donde se evaluó el comportamiento de Poper 42 en diferentes localidades, y la experiencia arrojó para este híbrido una expansión promedio de  $38,3 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  (INTA, 2003).

#### • **Vuelco, tamaño y vigor de plantas**

En lo que respecta a estos tres parámetros también evaluados, no se encontraron diferencias significativas tanto para los tratamientos con fertilizantes como para las distintas densidades implementadas, aunque resaltando una pequeña preponderancia a favor de aquellas parcelas sembradas a una densidad de  $65.000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$  y tratadas con Nitrógeno.

Esta ausencia de efectos puede haberse visto influenciada por las condiciones climáticas reinantes durante casi todo el ciclo del cultivo, las cuales no nos permitieron encontrar algún resultado destacable para estas variables.

## Discusión

El cultivo realizado en este trabajo de investigación se desarrolló bajo condiciones de un marcado déficit hídrico a lo largo de todo, o casi todo, el ciclo de vida del mismo. Este es un factor que insidió con mucha importancia sobre los objetivos de este trabajo, ya que aquellas parcelas sembradas a altas densidades (80.000 y 95.000 plantas. hectárea) y tratadas con fertilizantes tanto a la siembra como refertilizadas al estadio V6, podrían tener menores ventajas relativas en años secos que en años con buena disponibilidad hídrica. Esto seguramente fue uno de los motivos por los cuales no se encontraron diferencias significativas en cuanto a rendimiento, tanto entre las tres densidades tratadas, como para cada tratamiento de fertilización realizado. Aunque se podría resaltar, un mejor comportamiento en lo que respecta a producción de biomasa y número de granos a favor de la menor densidad (65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) y tratamiento con N y N+S.

A diferencia de esto, una experiencia realizada en Pergamino en la campaña 2005/06 el maíz Pisingallo demostró ser una especie de alta respuesta al crecimiento en el número de plantas. El incremento se mantuvo más allá de aquellas densidades poblacionales que aseguraron cobertura máxima durante el período crítico. Cuando se realizó un ajuste conjunto para ambos cultivares, el óptimo se alcanzó con la densidad de 90.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, límite máximo evaluado en este ensayo.

Estos resultados probablemente se encontraron debido a que, en contraposición a nuestro ensayo, el cultivo se desarrolló bajo un ciclo marcado de buenas condiciones hídricas, sin déficit principalmente durante el período crítico, lo que favoreció los mejores resultados hacia la mayor densidad implementada.

La densidad óptima es aquella que permite obtener la máxima captura de recursos durante el período crítico, especialmente aquella que permite captar la máxima radiación fotosintéticamente activa (RFA) y el máximo índice de cosecha (gramos cosechados / biomasa total). En lo que respecta a las mayores densidades (95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) es probable que estas mantuvieran niveles óptimos de intercepción durante más tiempo, o mejoraran la partición hacia los destinos reproductivos frente a los vegetativos (resultado que no se vio reflejado, probablemente debido a las condiciones de estrés hídrico bajo las cuales se desarrolló el cultivo).

El rendimiento de maíz Pisingallo, como en todo cultivo de maíz, es el resultado de la producción de biomasa por vía fotosintética a partir del aprovechamiento de la radiación solar, y de la fracción de ese crecimiento que termina alojando en los granos a cosecha (*Andrade et al 1996*).

En una experiencia realizada en Pergamino, se determinó que la planta de maíz Pisingallo presenta menor foliosidad con respecto al maíz común. Esta área foliar por planta en Pisingallo sólo alcanza, en general, el 70-75% de lo que tiene el maíz común semidentado. Por ende esto limita la capacidad de captura de radiación por parte del maíz Pisingallo cuando se lo cultiva en densidades moderadas a bajas (por ejemplo: 65.000 plantas.hectárea). En este sentido, el empleo de prácticas agronómicas que mejoran la eficiencia de captura de la radiación incidente como el aumento en la densidad de siembra y la implantación con menor espaciamiento entre surcos (EES) permite expresar ciertas ventajas en su rendimiento.

## CONCLUSIONES

El comportamiento del maíz Pisingallo, híbrido Poper 42, ante variaciones en la densidad de siembra y fertilización, no sigue un único patrón, sino que depende exclusivamente del ambiente en el cual se desarrolle.

Ante condiciones de estrés hídrico, el comportamiento del cultivo en cuanto a rendimiento no se presenta con “grandes” diferencias entre bajas y altas densidades, o sea, que es el ambiente el que incide notablemente en el rendimiento del cultivo de maíz Pisingallo. En base a esto, se concluye que, la falta de interacción entre densidad de siembra y fertilización en relación a las distintas variables evaluadas, pudo deberse en gran medida a la sequía que se impuso durante la realización de tal labor experimental, lo cual tubo gran influencia en los resultados evaluados.

El grado de expansión es una característica que no se vio influenciada por la densidad, aunque si por los efectos de fertilización implementados, siendo estos, favorables con respecto al grado de expansión óptimo o umbrales que se manejan en el mercado al momento de comercializar el maíz Pisingallo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADNMUNDO (2006). Popcorn en Argentina. En: [www.edmundo.com/contenidos/comercio/popcorn-argentina](http://www.edmundo.com/contenidos/comercio/popcorn-argentina) consultado: 25/02/2008.
- ANDRADE, F. (1997). Etapas críticas en la evolución de los cultivos. Revista Súper Campo, año III; Buenos Aires, Argentina: 6-9.
- ANDRADE, F. (1998). Maíz: planteo para altos rindes. Revista La Chacra, N° de Junio: 28-32.
- ANDRADE, F., VEGA, C. UHARTS., CIRILO A.G., CANTARERO, M.Y. y VALENTINUZ. (1996). Kernel number determination in maize. Crop Science 39: 453-459
- ANDRADE, F.H., A.G. CIRILO, S.A. UHART y OTEGUI, M.E. (1996). Ecofisiología del cultivo de maíz. 1er edición. Editorial La Barrosa. De Kalb press y Cebras. EEA INTA Balcarce. Balcarce, Argentina. 292 pp.
- BAUMER, R. (1996). Fertilización y sistemas de laboreo e implantación (Seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras); CPIA-SRA; Buenos Aires, Argentina.
- CARCOBA, J., BORRAS, L. y OTEGUI, M. (2003). Producción de granos. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en maíz. Cap 8. pp. 137-157.
- CASANOVA, M.R. y HERNANDEZ, C.F. (1994). Fertilización del maíz en sistemas conservacionistas (5ta parte). Avance agroindustrial EEAOC 14 (37): 23.26; Tucumán, Argentina.
- CASTILLO M., ESPOSITO G., GESUMARIA J., TELLERIA J.G. y BALBOA R. (1998). Fertilización del maíz en el centro sur de la provincia de Córdoba. Cuadernillo de maíz-Agromercado XXIII, Buenos Aires, Argentina.
- CATEDRA DE CEREALICULTURA, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UBA.
- CIRILO, A.G. (2000). Manejo de la densidad y distancia entre surcos en maíz. Revista de Tecnología agropecuaria. INTA Pergamino. VI. V n° 14. Segundo cuatrimestre: mayo/agosto (2000). Pág. 128 -129.
- DANTUR, N.C. (1992). El por qué de la fertilización del maíz en siembra directa. Avance Agroindustrial EEAOC 13 (50): 25-26. Tucumán, Argentina.
- DARWICH, N. (1998). La fertilización en maíz. Cuadernillo de maíz. Agromercado XXIII, Buenos Aires, Argentina: 27-31.
- DUNCAN, M. (1986). Fertilización en maíz. Revista Súper Campo, Año IV. Buenos Aires, Argentina: 6-10.

- DURIEUX, R.P., KAMPRATH, E.J. y MOLL, R.H. (1993). Yield contribution of apical and subapical ears in prolific and non prolific com agron... J 85: 606-610.
- ECHEVERRIA, J.R. y BERGONZI, J. (1995). Fertilización nitrogenada en cultivos de maíz. Avance agroindustrial. EEAOC1 (50): 26-27. Buenos Aires, Argentina.
- FERTIPASA S.A., Edición Septiembre 2004.
- GAMBAUDO, G.H. y FONTANETTO, J. (1996). La fertilización del maíz. Buenos Aires, Argentina.
- GIFFORD R., T.J.H., W-HYTZ y GIAQUINTA R., (1984). Crop productivity and photoassimilate partitioning. Science 225:801-808.
- HARGROVE, W. (1998). Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: B. Bock y D. Kissel (Eds.). Ammonia volatilization from urea fertilizer. Bull NY 206, NFDC-TVA; Musde Schools, Alabama, USA.
- HERNANDEZ, C., GAMBOA, D., MORANDINI, M., DURAN, A (2001). Experiencias de fertilización en maíz. Revista de avance agroindustrial. EEAOC, Vol. 22 (1): 27-30; Tucumán, Argentina.
- HERNANDEZ, L.F. y ORIOLF, G.A. (1982). Growth análisis of irrigated sunflower at two plant populations. In International Sunflower conference, 10<sup>th</sup>, Surfers Paradise, Australia, 1982. Proceedings. pp. 18-21.
- INFOSTAT (2002). Infostat. Versión 1.1. Manual de Usuario. Grupo infostat FCA, Universidad Nacional de Córdoba, 1<sup>a</sup> Edición, Ed. Brujas. Argentina.
- INTA Pergamino (2003). Ensayo de comparación de rendimiento de maíz pisingallo e INTA Pergamino 2008, Desarrollo rural agrícola a cargo del Ing. Agr. Walter Kugler. [www.inta.gov.ar/pergamino/investiga/grupos/maíz/resul\\_c03/result\\_mai\\_03.htm](http://www.inta.gov.ar/pergamino/investiga/grupos/maíz/resul_c03/result_mai_03.htm)
- KIMIRY, J.R., WOOD, C.D., SPANEL, D.A. y COCKHOLT, A.J. (1990). Seed weight response to decreased seed number in maize. Agron. J. 54: 98-102.
- MARTINEZ, J.R. y CORDONE, L. (1998); CORDONE, L. y COLOMBO, J. (2001); FONTANETTO, J. y COLOMBO, J. (2001). Eficiencia de utilización de nutrientes. Fertilización fosfatada y nitrogenada en maíz Pisingallo. Región Productiva Núcleo de Argentina.
- MELLA, R., NIDER, F., SANGUINETTI, A. (1984). Evaluación de la ganancia genética en el rendimiento, prolificidad y quebrado del tallo de veintidós cultivares comerciales de maíz. 1949-1984. Actas del III Congreso Nacional de Maíz. A.I.A.N.B.A.: 42-47. Pergamino, Argentina.
- POPCORN ARGENTINA (2007). En [www.popcorn.com.ar/historia.html](http://www.popcorn.com.ar/historia.html) consultado 20/10/07.
- SAGPYA (2004-2006). Publicaciones Agrícolas. En [www.sagpya.mecon.gov.ar/new/o-o/prensa/publicaciones/maíz/pág.35](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/o-o/prensa/publicaciones/maíz/pág.35). Consultado 17/10/05

- TELLERIA, J.G. (1998). Evaluación de rendimientos en cultivos de maíz. Tucumán, Argentina.
- THOMPSON, J.S. y FENTON, I.G. (1979). Influence of plant population on yield and yield components of irrigated sunflower in southern new south wales. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb*, 19: 570-574.
- VALENTINUZ, O.R., VEGA, C.R., ANDRADE, H.H. y UHART, S.A. (1996). Número de granos de maíz, girasol, soja y radiación interceptada por planta. *Actas del VII Congreso Argentino de Meteorología*, Buenos Aires, Argentina. pp.: 39-40
- VALENTINUZ, O.R., CEBADAS, S. y SANCHEZ, C. (2007). Actualización técnica en maíz, girasol y soja. *Extensión* n° 44-46.
- VALENTINUZ, O.R., VEGA, C.R., ANDRADE, H.H. y UHART, S.A. (1995). Estabilidad de rendimiento ante variaciones en densidad de plantas de girasol, maíz y soja. Pergamino, Argentina. pp.: 151-159.
- VEGA, B., SUECNJACK, J., KNEZEVIC, M. y GRBESA, D. (2004). Performance of prolific and non prolific maize hybrids under reduced input cropping system. *Field crops Res.* 90: 203-212.
- VEGA, C.R. (1997). Número de granos por planta en soja, girasol y maíz en función de las tasas de crecimiento por planta durante el período crítico de determinación del rendimiento. Tesis Magíster Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. pp.: 45.

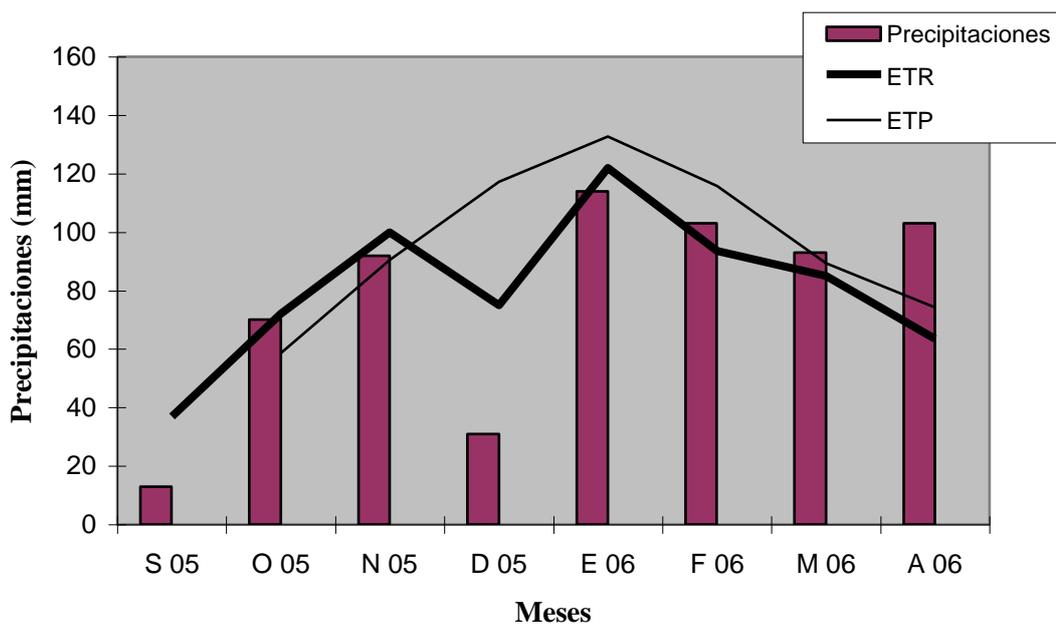
## ANEXOS

- Balance hídrico: tabla y figura representativa de la campaña 2005/06.
- Tabla de datos relevados en ensayo experimental y en Laboratorio.
- Análisis ANOVA: Infostat, 2002.
- Figuras del cultivo de maíz Pisingallo realizado en el campo experimental de la UNRC.
- Índice de referencias.

**Tabla N° 1: Balance Hídrico**

MES	Precipitaciones	ETP	ETR	Déficit
sep.05'	13	43,1	37	6,1
oct.05'	70	74,14	72	2,14
nov.05'	92	106,72	100	6,72
dic.05'	31	127,55	75	52,55
ene.06'	114	137,8	122	15,8
feb.06'	103	93,6	93,6	0
mar.06'	93	85,01	85,01	0
abr. 06'	103	63,46	63,46	0

**Figura de Balance Hídrico**



### Datos relevados en ensayo experimental y en laboratorio

Bloque	Tratamientos		Número de plantas	Número de espigas	Número de granos. espiga	Peso de espiga	Peso de los granos (gr.)
	Densidad plantas. ha	Fertilizantes					
1	65.000	N	30	32	540	90,4	2085,9
	65.000	Testigo	32	62	392	57,7	3005,1
	65.000	N+S	32	41	510	78,37	2607,8
	80.000	N	30	30	424	81	1730,2
	80.000	Testigo	31	37	420	75	1994,7
	80.000	N+S	32	30	371	53,7	1302,1
	95.000	N	45	33	383	68	1802
	95.000	Testigo	42	31	278	41,7	1100
	95.000	N+S	40	43	300	46	1776,6
2	65.000	N	25	25	484	66,5	1268,3
	65.000	Testigo	29	44	480	64,2	2219,4
	65.000	N+S	26	26	554	69,9	1211
	80.000	N	35	40	360	51	1712,5
	80.000	Testigo	34	32	417	69	1619,2
	80.000	N+S	32	29	461	82,4	1607,2
	95.000	N	43	35	387	57,3	1462,9
	95.000	Testigo	31	20	350	45,4	701,3
	95.000	N+S	42	39	331	51	1237,2
3	65.000	N	26	29	498	70,3	1931,7
	65.000	Testigo	26	31	420	69,9	1772,8
	65.000	N+S	26	33	488	71,5	1915,2
	80.000	N	35	35	381	77	1685,5
	80.000	Testigo	35	31	376,5	70,4	1840,9
	80.000	N+S	34	34	474	86,8	1989,2
	95.000	N	40	38	618	73	2277,2
	95.000	Testigo	38	35	294,5	61	1804,4
	95.000	N+S	40	40	464	75,4	2552

## INFORME ESTADISTICO: MAÍZ PISINGALLO

Las variables fueron analizadas utilizando el análisis de la Varianza, ANOVA, correspondiente a un diseño en parcelas divididas. Se verificaron los supuestos de normalidad y de homogeneidad de las varianzas con la prueba de Shapiro-Wilks y Test de Levene, respectivamente.

Las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas en las fuentes de variación se les aplicó la prueba de comparaciones múltiples de LSD ( $\alpha=0.05$ ).

Se realizó también una correlación de Pearson para conocer la asociación fenotípica entre dichas variables.

### Resultados

Todas las variables analizadas cumplieron con los supuestos de normalidad de los residuos y de homogeneidad de las varianzas.

#### • Variable Número de Plantas por m<sup>2</sup>

**Tabla: análisis de la varianza de número de plantas de maíz Pisingallo.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
n* plantas	27	0.88	0.75	8.68		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Bloque	18.30	2	9.15	1.07	0.3746	
Densidad	665.41	2	332.70	17.32	0.0107	(Bloque*Densidad)
Bloque*densidad	76.81	4	19.20	2.24	0.1256	
Fertilización	4.96	2	2.48	0.29	0.7538	
Densidad*fertilización	14.81	4	3.70	0.43	0.7831	
Error	102.89	12	8.57			
Total	883.19	26				

El ANOVA muestra que no hay interacción entre factores Densidad\*Fertilización ( $p=0.7831$ ), por lo que los efectos principales pueden interpretarse directamente. El factor

densidad mostró diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0107$ ) entre niveles en el número de plantas de maíz Pisingallo, no así de la fertilización ( $p=0.7538$ ).

**Test: LSD Fisher** Alfa: =0.05 DMS: =5.73555

Error: 19.2037 gl: 4

Densidad	Medias	n	
95.000	40.11	9	A
80.000	33.1	9	B
65.000	28.00	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de 95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, que presenta mayor número de plantas, y las densidades de 80.000 y 65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, no mostrándose diferencias significativas entre estas dos últimas.

• **Variable Número de Espigas por m<sup>2</sup>**

**Tabla:** análisis de la varianza de número de espigas de maíz pisingallo.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
n* espiga	27	0.49	0.00	23.68

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Bloque	138.74	2	69.37	1.03	0.3859	
Densidad	35.63	2	17.81	0.24	0.7997	(Bloque*Densidad)
Bloque*densidad	301.26	4	75.31	1.12	0.3920	
Fertilización	122.30	2	61.15	0.91	0.4287	
Densidad*fertilización	183.70	4	45.93	0.68	0.6170	
Error	806.67	12	67.22			
Total	1588.30	26				

Los resultados indican que no hay interacción Densidad\*Fertilización ( $p=0.6170$ ), ni diferencias significativas en los efectos principales, densidad ( $p=0.7997$ ) y fertilización ( $p=0.4287$ ), sobre el número de espigas del maíz Pisingallo.

• **Variable Número de granos por Espiga**

**Tabla:** análisis de la varianza de número de granos por espigas de maíz Pisingallo.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>		
n* espiga	27	0.79	0.54	12.05		
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(error)</b>
Bloque	2984.52	2	1492.26	0.59	0.5687	
Densidad	75647.63	2	37823.81	21.64	0.0072	(Bloque*densidad)
Bloque*densidad	6991.93	4	1747.98	0.69	0.6107	
Fertilización	3375.63	2	1687.81	0.67	0.5301	
Densidad*fertilización	21861.48	4	5465.37	2.17	0.1346	
Error	30254.22	12	2521.19			
Total	141115.41	26				

El análisis indica que no hay interacción Densidad\*Fertilización ( $p=0.1346$ ), por lo que los efectos principales pueden interpretarse directamente. El efecto densidad de siembra presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0072$ ) en el número de granos por espiga de maíz Pisingallo, no así de la fertilización ( $p=0.5301$ ).

**Test: LSD Fisher** Alfa: =0.05 DMS: =54.72064

Error: 1747.9815 gl: 4

<b>Densidad</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	
95.000	485.11	9	A
80.000	409.33	9	B
65.000	356.11	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

El resultado de la prueba de Fisher muestra diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de 65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, que presenta mayor peso de grano por espiga, y las densidades de 80.000 y 95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, no mostrándose diferencias significativas entre estas dos últimas.

• **Variable Peso de Espiga**

**Tabla:** análisis de la varianza de peso de espigas de maíz Pisingallo.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>		
Peso espiga	27	0.72	0.40	14.88		

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(error)</b>
Bloque	554.12	2	277.06	2.80	0.1004	
Densidad	1137.83	2	568.92	5.53	0.0705	(Bloque*Densidad)
Bloque*densidad	411.42	4	102.85	1.04	0.4267	
Fertilización	342.87	2	171.43	1.73	0.2181	
Densidad*fertilización	677.16	4	169.29	1.71	0.2119	
Error	1186.91	12	98.91			
Total	4310.31	26				

Los resultados sugieren que no hay interacción Densidad\*Fertilización ( $p=0.2119$ ). El factor densidad de siembra presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0705$ ) sobre peso de espiga del maíz Pisingallo, no así el factor fertilización ( $p=0.2181$ ).

*(Aclaración: se tomó la densidad como significativa pero utilizando únicamente en este caso un  $p<0.10$ . Si usted. Prefiere un  $p<0.05$  no tome este efecto como significativo y obvie la prueba de comparación múltiple).*

**Test: LSD Fisher** Alfa: =0.05 DMS: =10.21484

Error: 98.9089 gl: 12

<b>Densidad</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>		
80.000	71.83	9	A	
65.000	71.00	9	A	
95.000	57.66	9		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de 95.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, que presenta menor peso de espiga, y las densidades de 80.000 y 65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, no mostrándose diferencias significativas entre estas dos últimas, que presentaron mayor peso de espiga.

• Variable Peso de Grano

**Tabla:** análisis de la varianza de peso de grano del maíz Pisingallo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso espiga	27	0.78	0.53	19.02

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Bloque	1539332.97	2	769666.49	6.67	0.0113	
Densidad	663862.94	2	331931.47	0.71	0.5440	(Bloque*Densidad)
Bloque*densidad	1865803.28	4	466450.82	4.04	0.0265	
Fertilización	266155.51	2	133077.76	1.15	0.3481	
Densidad*fertilización	638353.59	4	159588.40	1.38	0.2973	
Error	1384002.29	12	115333.52			
Total	6357510.58	26				

Los resultados sugieren que no hay interacción Densidad\*fertilización ( $p=0.2973$ ), por lo que los resultados de los efectos principales pueden interpretarse directamente: no existe efecto de la densidad de siembra ( $p=0.5440$ ), ni de la fertilización ( $p=0.3481$ ) sobre peso del grano del maíz Pisingallo.

**Correlación de Pearson: coeficientes/probabilidades**

	n*plantas	n*espiga	n*g espiga	peso espiga	peso grano
n*plantas	1.00	0.18	2.8E-04	0.07	0.93
n*espiga	0.26	1.00	0.48	0.58	5.0E-06
n*gespiga	-0.64	-0.14	1.00	1.2E-05	0.10
peso espiga	-0.35	-0.11	0.74	1.00	0.02
peso grano	-0.02	0.76	0.33	0.45	1.00

Existe una alta correlación positiva y estadísticamente significativa entre las variables número de espiga – peso del grano ( $p=5.0E-06$ ), y entre numero de grano por espiga-peso de espiga ( $p=1.2E-05$ ).

**Figura del ensayo de investigación**  
**Campo experimental de la UNRC**



**Figura esquemática del ensayo experimental (1)**



**Figura esquemática del ensayo experimental (2)**

## Campo experimental de la UNRC



**Figura esquemática del ensayo experimental (3)**  
**Análisis del cultivo de maíz Pisingallo en presencia de un bajo contenido de**  
**humedad en el suelo.**

## ÍNDICE DE REFERENCIAS

- %: Por ciento
- **Bs. As.:** Buenos Aires
- **Ca:** Calcio
- **cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup>:** centímetros cúbicos por gramo
- **EES:** Espacio entre surcos
- **Estadío V6:** Estadío vegetativo seis del cultivo (seis hojas totalmente desarrolladas)
- **ETP:** Evapotranspiración potencial
- **ETR:** Evapotranspiración real
- **g:** gramo/os
- **g MS.planta:** gramos de materia seca por planta
- **ha<sup>-1</sup>:** Hectárea
- **INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- **IAF:** Índice de Área Foliar
- **K:** Potasio
- **kg:** kilogramo/os
- **kg.ha<sup>-1</sup>:** kilogramo por hectárea
- **kg MS.ha<sup>-1</sup>:** kilogramos de materia seca por hectárea
- **Km.:** kilómetro
- **LC:** Labranza Convencional
- **L.ha<sup>-1</sup>:** litros por hectárea
- **L:** litros
- **MO:** Materia Orgánica
- **m:** metro/os
- **MS:** Materia seca
- **m<sup>2</sup>:** metros cuadrados
- **Mg:** Magnesio
- **N.ha<sup>-1</sup>:** Nitrógeno por hectárea
- **N:** Nitrógeno
- **N+S:** Nitrógeno mas Azufre
- **N120:** Ciento veinte Kg. de Nitrógeno
- **N60:** Sesenta Kg. de nitrógeno
- **NH<sub>3</sub>:** Amoníaco

- **N°**: número
- **NOA**: Noroeste Argentino
- **P**: Fósforo
- **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**: Pentóxido de Fósforo
- **pH**: grado de acidez o alcalinidad.
- **Plantas.ha<sup>-1</sup>**: Plantas por hectárea
- **Kg.ha<sup>-1</sup>**: kilogramos por hectárea
- **RFA**: Radiación Fotosintéticamente activa
- **S**: Azufre
- **SD**: Siembra Directa
- **T**: Tonelada
- **UNRC**: Universidad Nacional de Río Cuarto
- **UAN**: Solución de Urea + Nitrato de Amonio (30% N); (Fertilizante a base de Nitrógeno)
- **UAN + S (Tiosulfato)**: Fertilizante a base de nitrógeno y azufre
- **UBA**: Universidad de Buenos Aires
- **V2**: Estadío vegetativo dos (dos hojas totalmente desarrolladas)
- **V5**: Estadío vegetativo cinco (cinco hojas totalmente desarrolladas)