



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo”

*“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE MAÍZ PISINGALLO (*Zea mays L.var. oryzaea*) BAJO RIEGO CON EFLUENTES URBANOS,
FERTILIZACIÓN Y APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS”*

Autor: Mauricio Sebastián Pesaresi
DNI: 29.361.515

Director: Ing. Agr. Dr. Raúl. J. Crespi
Co-director: Ing. Agr. Diego Ramos

Río Cuarto – Córdoba
Septiembre 2012

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

“Evaluación del comportamiento de maíz pisingallo (Zea mays L.var. Oryzaea) bajo riego con efluentes urbanos, fertilización y aplicación de biosólidos.”

Autor: Mauricio Sebastián Pesaresi

DNI: 29.361.515

Director: Raúl J. Crespi

Co-Director: Diego Ramos

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadores:

Ing. Agr. Fabricio Salusso

Ing. Agr. Ernesto Guevara

Dr. Raúl J Crespi

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Lucia y Abel, mi hermano Javier y novia Florencia, a ellos gracias por sostenerme tanto económica como emocionalmente durante mis años de estudio.

A mis amigos personales Juan Mauricio, Luciano, Edgar, Natalia, Álvaro, Silvana y vecinos del barrio Marta y Juan Bruneta (el cual ya no se encuentra entre nosotros).

A mis profesores que me dieron la posibilidad de realizar el trabajo final Fabricio, Raúl, Liliana y Diego.

GRACIAS a todos!!!!

INDICE GENERAL

Índice general.....	IV
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras.....	VI
Resumen.....	VII
Summary.....	VIII
Introducción.....	1
Antecedentes.....	6
Hipótesis.....	8
Objetivos generales.....	8
Objetivo específico.....	8
Materiales y métodos.....	9
Resultados y discusiones.....	19
Conclusión.....	31
Bibliografía.....	32
Anexo.....	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. : Análisis químico de suelo.2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	10
Tabla 2. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	12
Tabla 3. Análisis químicas de los biosólidos. 2011. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Córdoba.....	14
Tabla 4. Características físicas del perfil de suelo 2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	16
Tabla 5. Análisis químico de suelo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. REU y Planta Piloto manejo de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	9
Figura 2. Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de ensayo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	9
Figura 3. Vista en planta de la cámara concentradora de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Figura 4. Corte transversal de la cámara concentradora y bomba. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Figura 5. Planta convencional de tratamiento de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba....	13
Figura 6. Sitio donde se realizará el ensayo experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
Figura 7. Tuberías con ventanitas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
Figura 8. Relevamiento planialtimétrico. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	15
Figura 9. Ensayos de infiltración con doble anillo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	15
Figura 10. Cosechando y embolsando el maíz. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
Figura 11. Trillando el maíz en el predio. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
Figura 12. Fases del riego y patrón de infiltración del agua en el suelo. UNRC. Río. Cuarto. Córdoba.....	19
Figura 13. Humedad de suelo y momentos de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	21
Figura 14. Aportes de agua durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	22
Figura 15. Eficiencia en el uso del agua. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	23
Figura 16. Producción individual de MS/planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	24
Figura 17. Números de granos por planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	25
Figura 18. Peso de mil granos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	26
Figura 19. Prolificidad espigas por planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	27
Figura 20. Rendimiento en grano (Kg.ha ⁻¹). UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	28
Figura 21. Grado de expansión de los granos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	29

RESUMEN

En el año 2010/2011 se realizó una experiencia en el campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto a los fines de evaluar el comportamiento del cultivo de maíz pisingallo (*Zea mays* L. var. *oryzaea*) bajo condiciones de riego, utilizando las aguas residuales procedentes de las residencias estudiantiles universitarias (REU) y regeneradas mediante lodos activados y lagunas de maduración para su reincorporación al ciclo productivo. La experiencia se desarrolló con un diseño experimental en bloques completos al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones: fertilización nitrogenada (N) 200 L ha⁻¹, (N) 400 L ha⁻¹, aplicación de Biosólidos (B10 t ha⁻¹), más un testigo, todos los tratamientos fueron regados con efluentes urbanos tratados. Durante el ciclo del cultivo se siguió la evolución hídrica del perfil del suelo mediante método gravimétrico, aplicando mediante riego superficial una lámina neta de 234 mm. Los rendimientos promedios fueron de 3088 kg ha⁻¹, 3552 kg ha⁻¹, 3514 kg ha⁻¹ y 2950 kg ha⁻¹ para (N) 200 L ha⁻¹, (N) 400 L ha⁻¹, biosólidos (B10 t ha⁻¹) y testigo respectivamente; demostrándose diferencias significativas para los diferentes tratamientos. Se determinaron los componentes del rendimiento y la eficiencia del uso del agua registrando valores de 0,75 kg m⁻³, 88 kg m⁻³, 0,83 kg m⁻³ y 0,70 kg m⁻³ para (N) 200, (N) 400, Biosólidos y testigo respectivamente. Esta experiencia demostró la importancia del maíz pisingallo como alternativa regional al maíz convencional diversificando el sistema productivo tradicional. Por otra parte, la reutilización de las aguas residuales urbanas debidamente tratadas y los biosólidos constituye un recurso excelente si se pretende realizar maíz bajo condiciones de riego.

SUMMARY

In the year 2010/2011, a trial was carried out on the campus of the National University of Río Cuarto in order to evaluate the performance of the crop of popcorn (*Zea mays* L. var. *oryzaea*) under irrigated conditions. The trial used wastewater from the university student residences (USR) and re-growth by activated sludge and maturation ponds for their return to productive cycle. The experience developed with a randomized complete block design, with 4 treatments and 4 repetitions: nitrogen fertilization (N) 200 L.ha⁻¹, (N) 400 L.ha⁻¹, application of biosólidos (B10 t ha⁻¹), plus a control. All treatments were irrigated with treated urban effluent. During the growing season, it was followed up the water evolution of the soil profile by a gravimetric method, implemented through a sheet net surface irrigation of 234 mm. Average yields were 3088 kg ha⁻¹ of, 3552 kg ha⁻¹, 3514 kg ha⁻¹ and 2950 kg ha⁻¹ for (N) 200 L ha⁻¹, (N) 400 L ha⁻¹, biosólidos (B10 t ha⁻¹) and witness respectively. Significant differences were demonstrated for different treatments. The yield components and water use efficiency were determined, registering values of 0.70 kg m⁻³, 0.90 kg m⁻³, 0.90 kg m⁻³ and 0.70 kg m⁻³ to (N) 200, (N) 400, and biosólidos and witness respectively. This experience demonstrated the importance of popcorn as an option to conventional maize regional, diversifying the traditional production system. Moreover, not only the reuse of urban wastewater but also treated properly is an excellent resource if they are to make corn under irrigation.

INTRODUCCIÓN

El maíz pisingallo (*Zea mays* L. var. *oryzaea*) es probablemente uno de los primeros maíces en ser cultivados. Existen hallazgos arqueológicos en el valle de Nuevo México que datan de 4000 años y que además confirman que, al igual que en la actualidad, esos antiguos agricultores también lo utilizaban para producir rosetas de maíz (The Popcorn Board, 2010).

La principal característica diferencial del grano de maíz pisingallo es su capacidad de formar grandes copos cuando el grano explota en respuesta al calor. Esta característica es conocida como “capacidad de expansión”. Los granos de pisingallo son de pequeño tamaño y contienen una alta proporción de endosperma córneo, donde el almidón queda encapsulado en una malla proteica elástica que se expande al ser calentado hasta alcanzar la explosión.

El atributo de calidad más importante en la producción de maíz pisingallo es el volumen de expansión de grano. Se lo define como el cociente entre el volumen ocupado por las rosetas, comúnmente llamados pochoclos o copos y el peso de granos que a través de la cocción les dieron origen (sus unidades están dadas en $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$). Cuanto mayor el volumen de expansión mayor será el beneficio para la industria, pues las rosetas de maíz son un producto que se comercializa más frecuentemente por unidad de volumen que por unidad de peso, siendo $40 \text{ cm}^3 \text{g}^{-1}$ un valor aceptable en la actualidad.

En cuanto a la humedad del grano, su relación con el volumen de expansión es de tipo óptimo, donde el máximo volumen de expansión de grano se alcanza con humedades entre 13,5 y 14%. Con concentraciones de humedad menores posiblemente sea la presión de vapor interna la que no alcanza el nivel necesario para formar altos valores requeridos para formar grandes copos (Ziegler, 2001).

En maíces pisingallo, disminuciones en la relación fuente-destino durante el período de llenado efectivo resultaron en caídas en el peso de grano y en el contenido de proteínas totales del grano, ambas correlacionadas con disminuciones en los valores de expansión. Estos resultados sugieren que los maíces pisingallos determinan un peso de grano potencial muy estable alrededor de floración, y que disminuciones en la relación fuente destino durante el llenado efectivo afectan el peso y la composición de los granos, modificando la expansión final (Severini *et al.*, 2008).

El maíz pisingallo es producido en cualquiera de las regiones maiceras actuales de nuestro país, aunque en la actualidad son cuatro zonas bien delimitadas las que concentran la proporción mayor de este cultivo: NOA, Córdoba, Norte de BsAs, Sur de Santa Fe y Sudeste de BsAs.

Con un rendimiento promedio por hectárea a nivel país de alrededor de $3.800 \text{ Kg. ha}^{-1}$, durante la campaña 2003 se sembraron 35.000 ha, que produjeron unas 133.000 tn, en 2004 se sembraron 50.000 ha y la producción fue de aprox. 190.000 tn y en la campaña 2006 se estima una superficie de aprox. 30.000 has con una producción de 114.000 tn.

En la actualidad, la producción nacional es cercana a las 160 mil toneladas anuales, lo cual posiciona al país como el segundo productor luego de Estados Unidos, y el mayor exportador mundial de maíz pisingallo (SAGPyA, 2007).

Por ser la Argentina un país netamente exportador de este producto, en los últimos años se ha ido transformando en uno de los referentes del mercado mundial. Una alta proporción del pisingallo producido en el país, aproximadamente el 94% es exportado a Europa, Brasil, Venezuela, México y países de Medio Oriente. La mayor parte de la producción de maíz pisingallo nacional es comercializada al exterior por un número reducido de empresas que se dedican a la producción propia y a la compra de lo que producen pequeños agricultores. A nivel nacional existe un consumo reducido, pero que viene aumentando, en primer lugar por su popularidad en las salas cinematográficas y eventos infantiles, y luego porque está asociado al crecimiento del consumo de cerveza (Maizar, 2007).

En la década de los noventa, la evolución del cultivo en la República Argentina presentó etapas bien diferenciadas

- Primera etapa: Hasta el año 1993 nuestro país contaba con un mercado incipiente, caracterizado por una baja tasa de crecimiento del cultivo y una producción dirigida principalmente a cubrir la demanda del Brasil y en menor medida, del mercado interno.

- Segunda etapa: En el transcurso del año 1994, y como resultado, en primer lugar de la reducción de los saldos exportables de EE.UU. y en segundo término de una demanda sostenida del producto en el mercado internacional, nuestra producción pudo ser comercializada sin ningún tipo de inconvenientes, colocándose el saldo exportable argentino a precios cuya relación llegó a ser 5:1 respecto de las cotizaciones del maíz tradicional. Esta situación coyuntural actuó como incentivo para que el área sembrada pasara de 14.200 hectáreas en el ciclo 1994/95 a 46.000 hectáreas en la campaña 1996/97.

- Tercera etapa: A partir de 1997, los precios del maíz pisingallo fueron disminuyendo en forma progresiva, hasta llegar en algunos casos a una relación del 2:1 con respecto al precio del maíz tradicional, debido principalmente a la recuperación del stock en los EE.UU., hecho que trajo aparejado una caída en las coberturas.

- Cuarta etapa: Como consecuencia entre otras causas de la devaluación del Real y del Euro, los subsidios a la producción y las barreras de ingreso al maíz argentino en Brasil y Europa, se verificó una sustancial disminución de la superficie sembrada en los últimos años (SAGPyA, 2011).

El maíz pisingallo o “pop corn”, es una alternativa novedosa de diversificación agrícola para el productor de la región pampeana. Con relación a su manejo y a diferencia del maíz tradicional, se deben tomar algunas precauciones, que derivan de sus características en cuanto al tamaño de la semilla y a la operatoria de cosecha y poscosecha del grano (SAGPyA, 2011).

La viabilidad del maíz pisingallo se ve favorecida por el creciente potencial de rendimiento de los híbridos que año a año son lanzados al mercado. Sin embargo, algunos aspectos de manejo no están del todo claros, siendo uno de los más importantes el ajuste de la fertilización (Ferraris *et al.*, 2004).

Pese a que se sabe que los maíces pisingallos son más prolíficos que los dentados se desconocen qué tan eficientes son en la partición de biomasa a espigas o la eficiencia en fijar granos por unidad de biomasa de espigas (Ziegler, 2001).

La planta de maíz pisingallo presenta menor foliosidad con respecto a la de un maíz común. El área foliar por planta en pisingallo sólo alcanza, en general, al 70-75% de la que tiene un maíz semidentado. Esto limita su capacidad de captura de radiación cuando se lo cultiva en densidades moderadas a bajas. En este sentido, el empleo de prácticas agronómicas que mejoran la eficiencia de captura de radiación incidente como el aumento en la densidad de plantas y la implantación con menor distancia entre surcos de siembra permite esperar ventajas en su rendimiento (Andrade *et al.*, 1996).

Los requerimientos hídricos del cultivo son variables en las diferentes etapas de su ciclo productivo; estas necesidades se incrementan progresivamente desde emergencia hasta el estadio de 9 a 10 hojas, para llegar al máximo de necesidad diaria al principio de espigazón. De aquí en adelante va decreciendo gradualmente hasta madurez fisiológica, es por ello que el déficit de agua afecta al rendimiento según el momento de ocurrencia (Rivetti, 2005).

No se han establecido umbrales propios para el cultivo, y en general se usan los mismos criterios utilizados 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 (Ferraris *et al.*, 2004).

En el mercado se encuentran disponibles materiales genéticos nacionales e importados destinados a producciones en zonas templadas. Los híbridos de origen nacional más importantes son Poper del semillero Sursem y Picasu INTA y Paraná INTA, mientras que los importados más difundidos son los híbridos estadounidenses Purdue 608, 615, 620, 621 y 622 (SAGPyA, 2011).

Por otra parte, el crecimiento exponencial puesto de manifiesto en todos los núcleos poblacionales del mundo, trae aparejado la generación de efluentes en forma directamente proporcional, que aunado a la incontrolada industrialización y sobre todo urbanización, determinaron la saturación de la capacidad asimiladora de la naturaleza conduciendo en muchos casos a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico. Por esto, es importante tomar conciencia que la contaminación es un problema de todos los habitantes de cualquier comunidad independientemente de su tamaño y que es uno de los principales desafíos con que se enfrentará la humanidad en este siglo (Crespi *et al.*, 2005).

En muchos lugares del mundo y de este país, los efluentes urbanos son vertidos directamente a un cauce natural, argumentando que los lechos de ríos constituyen un excelente dispositivo natural de

filtración; sin pensar o sin querer pensar, en la contaminación que se está produciendo aguas abajo, no solo por el impacto en si misma sino también por la proliferación de todo tipo de roedores e insectos transmisores de enfermedades. En América Latina y El Caribe según (Castro Dassen *et al.*, 2003), solo se trata el 10 % de las aguas servidas por lo que el peligro de contaminación se considera grave.

Argentina haciéndose eco de lo establecido en la Cumbre Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable reunida en Johannesburgo en el 2002, se comprometió a reducir para el 2015 en 2/3 partes el porcentaje de personas sin acceso al agua potable y a un adecuado sistema de saneamiento respecto a indicadores del año 1991 (Jáuregui *et al.*, 2004).

A nivel del sur de Córdoba, con una superficie de 7.000.000 ha y una población de 350.000 habitantes (Adesur, 1999), la red pública de servicios cloacales solo la poseen tres municipios del área y la falta de tratamiento de los efluentes domiciliarios se ha diagnosticado como uno de los problemas más serios de la región; similares antecedentes pueden encontrarse en varias partes del país, por lo que evidentemente este es un problema real, acuciante y que requiere urgente solución, ya demostrándose algunos adelantos para pequeñas muestras de población (Crespi *et al.*, 2005).

Debe entenderse que la reutilización de los efluentes es una alternativa válida toda vez que se comprenda que constituyen “un recurso” y no “un desperdicio”, su implementación es considerada segura y aceptable produciendo importantes incrementos de rendimientos en cantidad y calidad (Grosso *et al.*, 2005).

Por lo explicitado, se pretende que los efluentes dejen de tener un enfoque tradicionalmente “lineal”, para pasar a ser “cíclico”; esto implica la reutilización de las aguas residuales domiciliarias (Bossolasco *et al.*, 2005; Crespi *et al.*, 2005). En este marco, optimizar el desarrollo tecnológico con metodologías simples, prácticas y de rápida transferencia al ámbito urbano y/o rural, se considera una importante alternativa que luego de estudiarse e interpretar su funcionamiento, se transformará en un compromiso social que debe comunicarse por todos los medios a la más amplia región posible.

Si bien la producción agrícola creció un 2,2 % y un 1,3 % anual entre 1970-1990 y 1990-2006 respectivamente, debido fundamentalmente a un aumento de la productividad más que de la superficie cultivada; este incremento se logró entre otras cosas debido a una gran presión de fertilizantes minerales, pero su uso desmedido ha ocasionado serios problemas: ecológicos (contaminación de ríos, lagos, lagunas y aguas subterráneas, así como sobre la atmósfera y la destrucción de la vida microbiana del suelo), económicos (derivados de la pérdida de nutrientes por lixiviación) y sociales, por lo cual se cuestiona su uso y sobre todo su abuso (Caballero-Mellado *et al.*, 2006).

En tal sentido, es posible obtener aumentos de rendimientos en la agricultura en general y en el cultivo de maíz pisingallo en particular, mediante la reutilización de las aguas residuales urbanas tratadas que no solamente cubren el déficit hídrico, sino que también, aportan nutrientes de origen orgánico que pueden equiparar los fertilizantes sintéticos.

Tarchitzky, 2004, afirma que el uso de aguas residuales en agricultura constituye una de las herramientas más valiosas para controlar la contaminación y hacer frente al reto que constituye incrementar la producción agrícola cuando el recurso hídrico es limitado. En Israel se pretende para el año 2050 regar el 50% de la superficie cultivada con este tipo de agua de calidad marginal. Como subproducto del proceso, quedan los denominados lodos de depuración (biosólidos), que acumulan todos los materiales eliminados del agua bruta, salvo la parte de materia orgánica que, en el proceso de tratamiento biológico, se pierde a través de la respiración de los microorganismos en forma de anhídrido carbónico, metano, amoníaco, sulfhídrico, etc (Mercadé *et al.*, 2000).

Una forma de reciclar benéficamente estos biosólidos es su utilización en la agricultura lo que permite reducir el uso de fertilizantes químicos comerciales, ofrecer la oportunidad de proveer N (nitrógeno) a bajo costo para los cultivos y también suministrar otros nutrientes a los suelos calcáreos como: fósforo, hierro, zinc y cobre disponible para la planta (Urive Montes *et al.*, 2003). Importantes experimentos se han realizado en la Universidad Nacional de Río Cuarto con aplicación de biosólidos en otros cultivos (Crespi *et al.*, 2010).

Respecto al criterio fijado para establecer la calidad microbiológica, no hay un consenso sobre el número máximo de coliformes para el agua de riego, la Organización Mundial de la Salud, establece que para el riego "sin restricción" (forrajes, cereales, pasturas, árboles etc) no se recomiendan estándares de coliformes fecales y si para cultivos restrictivos (consumo crudo, campos deportivos etc) que tiene un límite máximo de 1000 coliformes fecales/100 ml y tanto para cultivos restrictivos como irrestrictos no debe superarse 1 huevo viable de nematodo/L, mientras que en California y Arizona, las aguas residuales depuradas para el riego de cultivos que se consumen crudos (hortalizas como por ejemplo, la lechuga) no pueden tener una media geométrica superior a 20 coliformes fecales/100 ml, y ninguna muestra puede tener más de 23-25 coliformes fecales/100ml (Bouwer *et al.*, 1997).

Así para proteger a los agricultores y sus familias contra la infección de enfermedades bacteriales y virales se recomienda considerar un número de Coliformes fecales ≤ 10000 NMP/100 ml de agua (Gabriel *et al.*, 2001).

El aprovechamiento de las aguas residuales para la agricultura una vez tratadas, representa una alternativa viable ya que no solo contribuiría a asegurar las cosechas en algunas zonas ante la variabilidad climática, sino que se tendría un destino provechoso para los efluentes evitando con ello la contaminación de las fuentes de agua (Gómez, 2004).

Existen claras señales que indican la necesidad de hacer gigantescas inversiones para afrontar la inminente escasez del agua y a diferencia del petróleo el agua no tiene sustitutos, requiriendo una activa participación política de los gobernantes en pos de la conservación del recurso y no solo haciendo promesas, pues la falta de agua es preocupación generalizada, sabiendo que el sector agrícola consume diez veces más agua que los sectores municipales e industriales combinados. (Allan, 2001).

ANTECEDENTES

Estudios realizados en Río Cuarto demuestran que es posible reutilizar en riego los efluentes municipales tratados; aprovechando el recurso hídrico, reduciendo el impacto ambiental y maximizando los beneficios agrícolas (Crespi *et al.*, 2005).

Un ensayo realizado en Pergamino durante la campaña 2004/05, por Ferraris *et al.*, 2004 determinaron la respuesta a la fertilización nitrogenada y azufrada en diferentes variedades de maíz pisingallo sobre un suelo serie Pergamino (Argiudol típico). Se detectó que no hubo interacción genotipo x fertilización. Hubo efectos de los nutrientes individuales, se reveló efecto de N pero no de S ni interacciones entre nutrientes o con los genotipos. La relación entre rendimiento y dosis de N tuvo un bajo ajuste cuando se integraron los datos de los cuatro genotipos.

La evaluación de *Azospirillum brasilense* sobre el cultivo de maíz bajo riego con diferentes condiciones hídricas y de fertilizantes, mostraron que la inoculación con Bacterias Promotoras del Crecimiento (PGPRs) ha generado un incremento de la biomasa radical con la consecuencia de un mayor rendimiento. Con distintos aportes hídricos, se encontraron diferencias significativas en producción de materia seca y en rendimiento (Crespi *et al.*, 2005).

En la experimental del INTA Marcos Juárez en el ciclo 2003/2004, Gudelj *et al.*, 2003 realizaron un ensayo en el cultivo de maíz (*Zea maíz*), con el objetivo de evaluar la respuesta a Nitrógeno (N); además el efecto del Azufre (S) y del Fósforo (P). Se concluyó que cuando se aplicaron altas cantidades de (N), no hubo en los lotes evaluados respuesta a la aplicación de (P). Tampoco hubo respuesta a la aplicación de (S), tanto cuando se comparó la respuesta media con S contra sin S. En la dosis de 180Kg ha⁻¹ N cuando se usó S como arrancador en dos lotes evaluados se deprimió significativamente el rendimiento respecto de cuando se usó S+P como arrancador. No hubo diferencia en rendimiento cuando se comparó la forma incorporada de aplicación de N y la superficial, excepto en un lote con mucha cantidad de residuos en superficie, donde para la dosis baja de N la forma incorporada tuvo un rendimiento significativamente superior.

Debemos destacar que en el maíz pisingallo en nuestra región, se realizan dos fertilizaciones. La primera al momento de la siembra, con Fosfato Monoamónico (12% de N elemento y 52% P₂O₅). Las dosis más comunes utilizadas fluctúan entre 80 y 100 Kg. ha⁻¹ de Fosfato Monoamónico, o su equivalente bajo la forma de Fosfato Diamónico. La segunda aplicación se da en el estadio fenológico de V6, con urea (46% de N elemento). Para todos los casos y tipos de fertilización nitrogenada, 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).

Un estudio que se realizó en el Municipio de Carazo, en la comunidad de El Aguacate situada entre la ciudad de Jinotepe y el poblado de Güisquiliapa Nicaragua para implementar el riego de una pequeña zona con el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) Es estudio consistió en el monitoreo de las

características físicas y químicas del suelo en una etapa inicial, intermedio y final del ciclo vegetativo del cultivo de maíz. Bajo un régimen de riego utilizando para ello el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jinotepe. El uso de aguas residuales para riego en el cultivo de maíz, no representó para el suelo variaciones significativas en sus características físicas y químicas evaluadas. Los rendimientos del cultivo de maíz regado con agua residual tratada que se obtuvieron fueron superiores hasta en un 60 % con respecto a los rendimientos medios tradicionales en la zona donde se realizó el estudio (Gómez, 2004).

Un trabajo que se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Camilo Cienfuegos” de la granja urbana del municipio San Miguel del Padrón, en la provincia Ciudad de La Habana, determinaron la respuesta del Riego con aguas residuales a los cultivos de (*Sorghum bicolor*. L. Moench var. Blanco C-21) y maíz (*Zea mays*. L var. Tusón), como alternativa para la producción de alimento animal. El sistema de riego empleado fue por aspersión semiestacionario, con aspersores modelo 5022. Los tratamientos de estudio fueron: a) riego con aguas residuales y b) condiciones de secano (sin riego). Se aplicó una dosis neta total de $1775,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de aguas residuales, distribuida en 31 riegos que permitieron incrementar significativamente el rendimiento en granos de los cultivos de sorgo y maíz con valores de $4,29 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $1,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ respectivamente con relación al tratamiento de secano. Los resultados de los análisis de la calidad del agua, desde el punto de vista bioquímico y microbiológico y pH analizados muestran que los valores están dentro de los rangos permisibles para el uso del agua de riego de los cultivos de sorgo y maíz (Montero *et al.*, 2009).

Ensayos realizados en la planta piloto de tratamientos y reutilización de aguas urbanas de la UNRC, en soja regada con aguas residuales, indican que en éste cultivo, pierden importancia relativa la técnica de inoculación, es aconsejable que bajo estas condiciones, no se realice esta práctica, ahorrando mano de obra y costo del inoculante (Crespi *et al.*, 2005).

Se realizó una experiencia en la Universidad Nacional de Río Cuarto para evaluar el comportamiento de colza bajo diferentes condiciones hídricas y densidades de siembra, el tratamiento principal fue la condición hídrica: Agua Tratada (AT). Donde la reutilización de aguas residuales urbanas mediante riego subsuperficial en colza, resultó ser una técnica adecuada que dosifica la entrega de agua y nutrientes, ofreciendo un alto potencial de rendimiento y seguridad operativa en su manejo (Crespi *et al.*, 2005).

HIPÓTESIS

- La utilización de aguas residuales tratadas para el riego de maíz pisingallo aportará un balance de nutrientes, que influenciaría en forma positiva en la producción.
- Con la aplicación de biosólidos, se lograría un aumento en cantidad y calidad de los granos.

OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar la producción de maíz pisingallo (*Zea mays* L. var. *oryzaea*) bajo riego con aguas residuales tratadas, fertilización y abonado con biosólidos.
- Analizar el comportamiento agronómico, hidráulico y ambiental de las variables involucradas en el proceso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el perfil longitudinal de la parcela y graficar la evolución hídrica del agua en el suelo.
- Determinar la evolución de los nutrientes del suelo en la experiencia.
- Determinar las fases del riego y el patrón de infiltración del agua en el suelo.
- Calcular la eficiencia del uso del agua.
- Determinar los diferentes componentes del rendimiento para cada tratamiento.
- Cuantificar el grado de expansión de los granos.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola 2010/2011 en el departamento Río Cuarto (Córdoba, Argentina), en el predio del campo experimental de la UNRC ubicado detrás de las Residencias Estudiantiles Universitarias (REU) a 64° 14' LW, 33° 07' L S y a 421 msnm. y nexa a la Planta Piloto de Tratamiento y Reutilización de Efluentes Urbanos.



Figura 1: REU y Planta Piloto manejo de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Las condiciones de clima de la región en el período 1977-2006 son: Temperatura Máxima Anual 23,18 °C; Temperatura Mínima Anual 10,20 °C; Temperatura Media Anual 16,30 °C; Temperatura Media Mensual de suelo a 10 cm de profundidad para el mes de Diciembre 22,4 °C; El tipo de suelo es un Hapludol típico, la región se caracteriza por tener un clima templado subhúmedo, con un régimen de precipitaciones de tipo monzónico, concentrando el 87,6 % entre los meses de octubre a abril y con una precipitación media anual de 805,1 mm.(serie 1977-2006), (Seiler *et al.*, 1995).

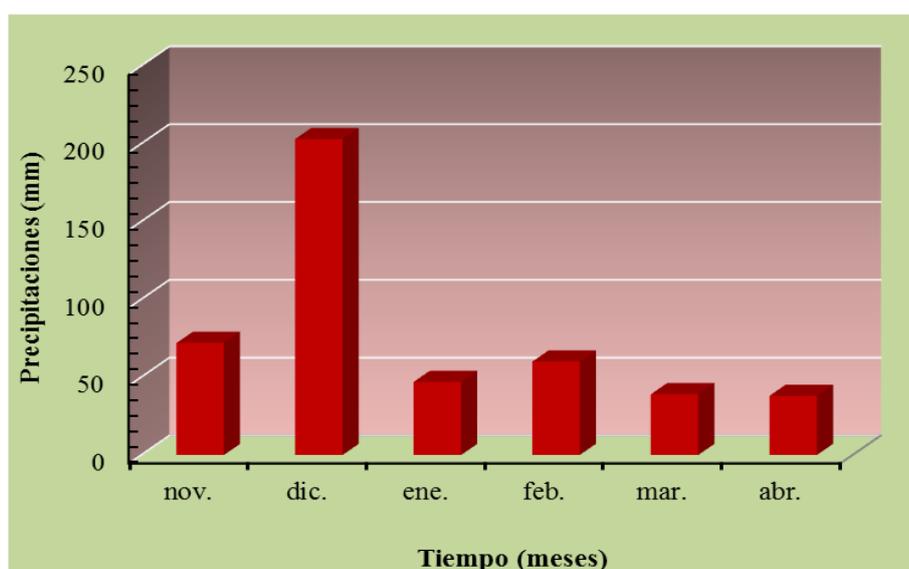


Figura 2: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de ensayo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la siguiente tabla se muestran los datos del análisis químico de suelo a una profundidad de 0-20 cm al comienzo de la experiencia.

Tabla 1: Análisis químico de suelo.2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina

Variables	Valores
Materia Orgánica %	1,23
Nitrógeno de Nitratos ppm	23,5
Nitratos ppm	104,1
Fósforo ppm	26,7
pH (en agua)	5,73
Humedad %	14,27
CIC cmol/kg	10

El híbrido de maíz pisingallo evaluado fue Poper 42, sembrado el 14/12/10 con una densidad de 75000 plantas por hectárea, en un sistema de labranza convencional donde se utilizó una rastra de discos para preparar el terreno y una sembradora Agrometal de 9 surcos neumática a 0.525 m de distanciamiento entre surcos. Se efectuó una fertilización al inicio del cultivo con FDA (Fosfato diamónico) y para el control de malezas se aplicaron herbicidas pre-emergentes (Atrazina + Acetoclor), y el control en pos-emergencia se realizó en forma manual mediante el uso de asada.

Los tratamientos realizados fueron cuatro: dos dosis de fertilizantes (Sol Mix) con una proporción de (80% de N y 20% de S). Dosis uno (N) 200 L ha⁻¹, dosis dos (N) 400 L ha⁻¹, una aplicación de biosólidos (B10 t ha⁻¹), más un testigo, todos los tratamientos fueron regados con efluentes urbanos tratados. Las aplicaciones de Sol Mix y de Biosólido fueron realizadas en forma manual en el estadio V6 del cultivo.

El agua residual es generada por una población de 208 habitantes que viven en 52 departamentos de las REU. La red de distribución consiste en tuberías de PVC K6 de 110mm de diámetro, enterradas a diferentes profundidades que colectan los efluentes urbanos de todos los departamentos para descargar en una tubería central de PVC K10 de 200 mm de diámetro que respetando una pendiente proyecto de 1,5%. Se conducen hacia una cámara concentradora de cemento de 2,5 m x 2,5 m x 5 m de profundidad; el caudal diario entregado a la Planta es de 25000 L donde se realiza el pretratamiento.



Figura 3: Vista en planta de la cámara concentradora de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

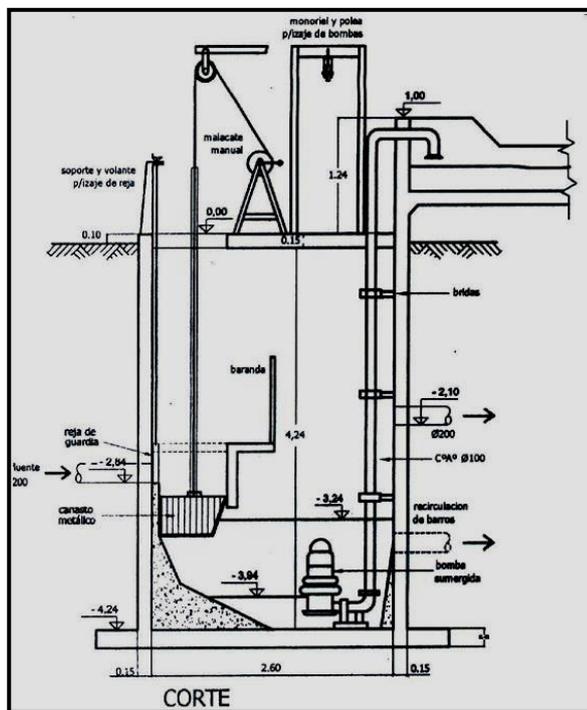


Figura 4: Corte transversal de la cámara concentradora y bomba. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Cada vez que se concentra en la cámara un volumen de 3500 L se ponen en marcha automáticamente dos electrobombas sumergibles -que funcionan alternativamente- y conducen a través de 60 m de tuberías de PVC K6 de 75 mm de diámetro dicho volumen hacia un tanque receptor de cemento de forma cuadrada de 10000 L que es un sedimentador de lodos. Desde este lugar, el agua por gravedad descarga hacia un tanque de 9.10 m de diámetro y 86000 L de capacidad que actúa como un lodo activado y que tiene la función de bajar la demanda biológica de oxígeno (DBO_5), desde este lugar el agua descarga por gravedad a un tanque de 15 m de diámetro y 136000 L de capacidad, donde por medio de la luz UV (ultravioleta) proveniente del sol, se eliminan gérmenes patógenos por destrucción de la cadena reproductiva; de esta manera se baja el nivel de contaminantes hasta límites permisibles para riego.

La calidad del agua de riego empleada debe interpretarse desde un punto de vista agronómico, donde además del análisis químico, es preciso considerar el cultivo (maíz pisingallo en este caso) el método de riego y el manejo del agua. En términos generales el agua empleada no presenta ningún problema, clasificándola como de buena calidad, con un nivel bajo de salinidad, pH normal, un peligro sobre la estabilidad estructural del suelo muy baja y sin problemas de toxicidad; no obstante, cuando interactúan todos los iones en la solución del suelo, se presenta -para este tipo de agua- un grado de restricción en su uso de ligero a moderado (Suarez, 1981).

El agua residual tratada y los biosólidos (91 % de humedad) se utilizaron para la producción de cultivo de maíz pisingallo, la carga de coliformes totales del agua residual cruda fue de 9×10^8 NMP/100 mL y la composición física-química del agua residual se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Determinación química de los componentes del agua	Unidades	Valores
Sólidos sedimentables (10 min)	mlL^{-1}	0.50
Sólidos sedimentables (120 min)	mlL^{-1}	0.80
Sólidos totales	mgL^{-1}	842.00
Sólidos totales fijos	mgL^{-1}	298.00
Sólidos totales volátiles	mgL^{-1}	544.00
Sólidos disueltos totales	mgL^{-1}	590.00
Sólidos disueltos fijos	mgL^{-1}	380.00
Sólidos disueltos volátiles	mgL^{-1}	210.00
Sólidos suspendidos totales	mgL^{-1}	252.00
pH		7.82
Conductividad eléctrica	dSm^{-1}	1.13
Turbiedad	FAU	263.50
Alcalinidad total	mgL^{-1}	350.00
Nitrógeno total	mgL^{-1}	108.50
Fosforo total	mgL^{-1}	8.10
Potasio	mgL^{-1}	16.00
Sodio	mgL^{-1}	158.00
Magnesio	mgL^{-1}	11.60
Calcio	mgL^{-1}	50.00
Sulfatos	mgL^{-1}	14.50
Demanda biológica de oxígeno	mgL^{-1}	112.57
Demanda química de oxígeno	mgL^{-1}	265.00

Analizando el sodio como agente dispersante, se considera un agua de baja peligrosidad sódica. Atendiendo el comportamiento interactivo del sodio y de las sales; se deduce que la calidad de

esta agua tratada para riego desde el punto de vista químico, se encuadra dentro de la categoría de uso restrictivo débil a moderado (Tchobanoglous y Burton, 1991) y de acuerdo al aspecto microbiológico se clasifica en la categoría “B” (Blumenthal *et al.*, 2000), dado que se trata de un cultivo industrial donde hay contacto del operario (regante) con el agua de riego por surco.

El riego con aguas residuales urbanas y consecuentemente el suministro de nutrientes en solución, se presenta como una importante alternativa tecnológica desde el punto de vista económico, hidrológico y agronómico, concepto que es apoyado por (Medeiros *et al.*, 2008), cuando expresa que la productividad agrícola aumenta significativamente empleando aguas residuales de origen doméstico; verificándose una tendencia creciente en el uso de estas aguas de calidad marginal, pues a medida que aumenta la demanda mundial de agua potable, la reutilización de aguas servidas en agricultura toma mayor importancia en la gestión de los recursos hídricos.



Figura 5: Planta convencional de tratamiento de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Los lodos obtenidos por decantación en el sedimentador de lodos, son conducidos por una tubería de PVC de 30 m de longitud y 63 mm de diámetro hasta la boca de carga del biodigestor con una pendiente del 4 % donde se realizó su tratamiento por transformación de la materia orgánica en un sistema de biodigestión fijo y campana flotante, el depósito es de 392 L, el tiempo de residencia hidráulica (TRH) de 28 días. El biogás llega del biodigestor al gasómetro a través de 4 m de tubería de hierro galvanizado de 1” de diámetro y sale del gasómetro con una tubería aérea de PE reforzada protegida a la luz UV, de 20 mm de diámetro y 26 m de longitud y encamisada con una tubería de 40 mm de PVC, llegando al centro de consumo con una pendiente de 1,5%.

Las características de los biosólidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis químicas de los biosólidos 2011. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Parámetro	30-mar	10-may	09-oct
Cenizas %	52,9	62,5	61,25
Materia Orgánica %	47,1	37,5	38,75
Nitrógeno total %	2,2	2,15	1,85
Fosforo %	1,28	1,05	1,41
Potasio %	0,65	0,58	0,71
Carbono %	20,15	22,51	18,91
C/N	9,16	10,47	10,22

Para realizar la práctica del riego, se capta el agua desde la parte superficial del tanque con auxilio de un flotador como se observa en la Figura 5 y se presuriza mediante una bomba centrífuga de 3,5 HP de potencia, 35 m de altura manométrica y 11400 L h⁻¹ para vencer las pérdidas de carga de una tubería de PVC K6 de 40 mm de diámetro y llegar así al lugar del ensayo.



Figura 6: Sitio donde se realizó el ensayo experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la cabecera se conecta con dos tramos de tubería de 6 m de largo de PVC K 2,5 de 160 mm de diámetro perfectamente niveladas y provistas de ventanitas espaciadas 0.5 m que erogan un caudal unitario de 1800 L h⁻¹.



Figura 7: Tuberías con ventanitas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El método de riego empleado fue por surcos con pendiente y salida de agua al pie y una pendiente longitudinal del 0.5 %.

Una vez definido el sitio experimental, la primera actividad que se efectuó fue un relevamiento planialtimétrico a los fines de conocer las diferentes alturas del terreno y así poder determinar las cotas respectivas como elemento auxiliar para el trazado del perfil longitudinal.



Figura 8: Relevamiento planialtimétrico. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En tres momentos diferentes del ciclo fenológicos del cultivo (30, 60, 90) días, se realizaron ensayos de infiltración de agua con el método del doble anillo a los fines de conocer la capacidad de infiltración y la lámina de agua infiltrada, determinando los parámetros que definen las ecuaciones respectivas.



Figura 9: Ensayos de infiltración con doble anillo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Otra actividad fue cronometrar frente a cada progresiva de cinco metros el avance del agua en el surco y el receso en los mismos, de esta manera será posible conocer las fases del riego y el patrón de infiltración del agua en el suelo.

Para determinar los momentos de riego se tomaron muestras de humedad de suelo con barreno sacabocados, las muestras se realizaron en forma semanal en la cabecera del surco y pie del mismo a tres profundidades diferentes (0.20 m-0.30 m y 0.40 m.), luego se pesaron y se llevaron a estufa a 105 °C durante 24 h o hasta peso constante. La densidad aparente (d_a), se determinó utilizando el método de Uhlund mediante cilindros de acero inoxidable de 50 mm de altura por 47 mm de diámetro interno, para posteriormente establecer la humedad volumétrica de los diferentes horizontes del perfil del suelo.

Las constantes hídricas se determinaron en laboratorio mediante el empleo de ollas de presión a -30 kPa y a -1500 kPa de potencial para capacidad de campo y punto de marchitez permanente, respectivamente y se expresan en forma gravimétrica al igual que el agua útil.

Tabla 4: Características físicas del perfil de suelo 2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Características	Profundidad (cm)				Promedio
	10	20	30	40	
Da (gr/cm³)	1,38	1,26	1,35	1,30	1,32
Wc (%)	15,95	16,19	17,51	17,58	16,81
Wm(%)	7,27	7,22	7,86	7,10	7,36
Wu (%)	8,68	8,97	9,65	10,48	9,45

Dónde:

D_a , W_c , W_m y W_u , son: densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua útil, respectivamente.

La programación del riego se definió para un punto de marchitez incipiente (W_i) se fijó para un consumo de agua útil del 12,08 %, cuando el contenido de humedad del suelo se registró por debajo de este umbral se procedió a la aplicación del riego.

El diseño experimental fue en bloques completos, al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, los tratamientos ocuparon seis surcos distanciados a 0.52 m. La superficie del ensayo fue de 302,4 m², compuesta por un total de 16 parcelas de una superficie neta unitaria de 18,9 m² (3,15m x 6m).

La cosecha se realizó los primeros días de abril del 2011, con un contenido de humedad de 14,5%. Las unidades de muestreo fueron los dos surcos centrales de 4 m de largo cada uno, (8m x 0.52) = 4.16 m² donde se extrajeron las espigas en forma manual comprendida en dicha área, con la finalidad de evitar el efecto bordura que pudiera inferir en los resultados obtenidos.



Figura 10: Cosechando y embolsando el maíz. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



Figura 11: Trillando el maíz en el predio. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Posteriormente en laboratorio, se efectuaron la evaluación de los siguientes parámetros:

- Producción de materia seca en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (muestras tomadas previas a cosecha (R6), secadas a estufa a 105C°).
- Numero de granos por espigas.
- Peso de los 1.000 granos.
- Prolificidad (se contabilizo las espigas por plantas de cada parcela muestreada).
- Rendimiento en grano en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.
- Calidad del híbrido (postcosecha, midiendo el grado de expansión de los granos de maíz Pisingallo en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$).

Para determinar la expansión del grano (GE) de maíz Pisingallo (que es la variable comercial más importante), se utiliza un Testeador de Volumen Métrico, sus siglas en ingles son MWVT que significa Metric Weigt Volumetric Tester. El nivel de expansión se toma con este instrumento que representa la cantidad de centímetros cúbicos de maíz explotado por cada gramo de maíz sin explotar. Mientras más alto sea el nivel de MWVT, más grande será el volumen de expansión por cada gramo de maíz sin explotar.

La Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) se determinó teniendo en cuenta la cantidad total de agua recibida por el cultivo (riegos más precipitaciones). Para el cálculo de la eficiencia en el uso del agua (WUE), se empleó la Ecuación 1 según Hussain y Al-Jaloud (1998). Considerando una precipitación efectiva (P_e) determinada según la Ecuación 2.

$$\mathbf{WUE(kgm^{-3}) = \frac{Y(kgha^{-1})}{TAR(m^3ha^{-1})}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

WUE es la Eficiencia en el uso del agua

Y es el rendimiento

TAR es el total de agua recibida por el cultivo

$$\mathbf{P_e = 2.43 P(mm)^{0.687}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

P_e es la precipitación efectiva (mm)

P es la precipitación acaecida (mm)

Donde P, es la precipitación para valores mayores a 14 mm y la determinación de la P_e , es independiente de la humedad precedente y de la intensidad de la precipitación.

Se realizó un balance hídrico mediante datos brindados por la estación meteorológica de la UNRC. Mediante estos datos se pudo comparar las precipitaciones mensuales de dicha campaña con las medias históricas mensuales para la ciudad de Río Cuarto como así también el cálculo de evapotranspiración real y potencial (Figura 1) mediante el método Thornwuaite.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

-Fases del riego y patrón de infiltración

En el siguiente grafico se evalúa el comportamiento del agua de riego y se determinan las eficiencias de riego a nivel parcelario (aplicación, distribución y almacenaje del agua de riego en el suelo), considerando cero el receso horizontal.

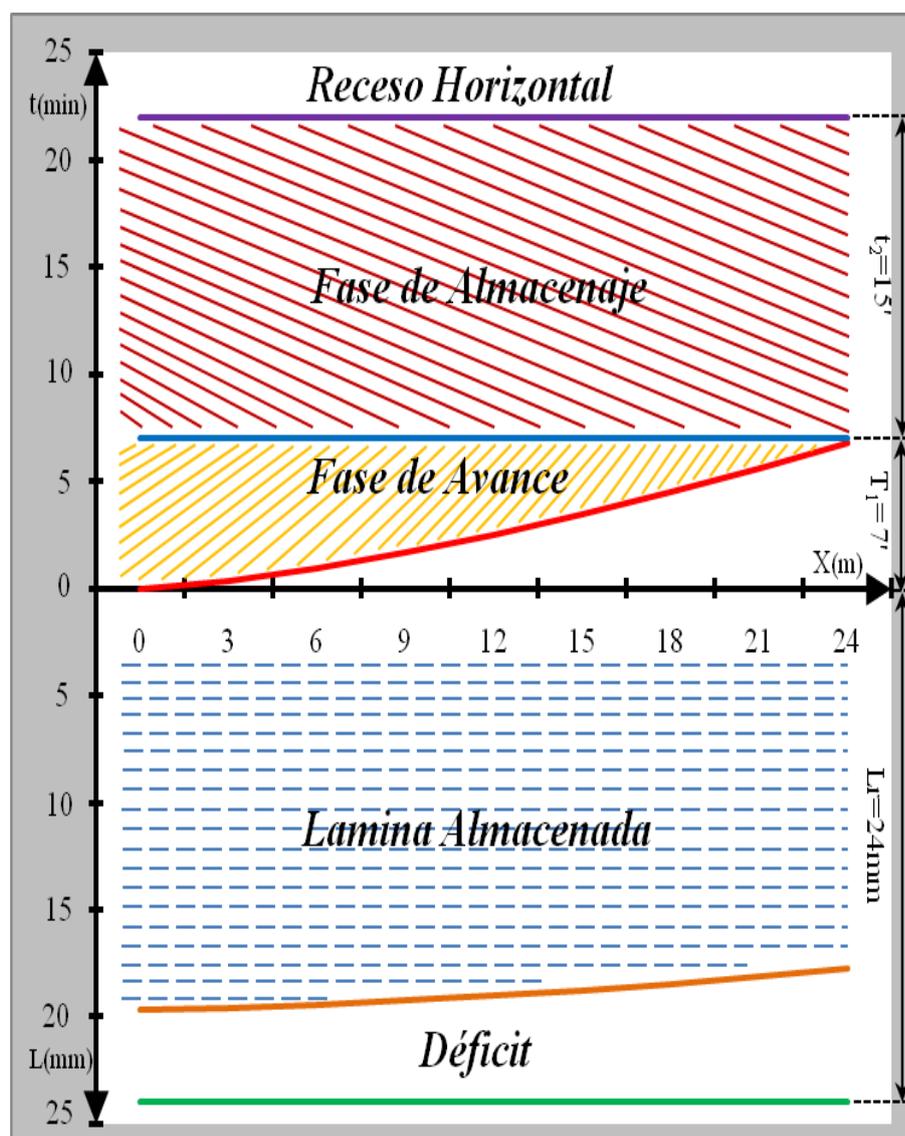


Figura 12: Fases del riego y patrón de infiltración del agua en el suelo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El riego fue realizado cada vez que el contenido de humedad del suelo estuvo por debajo del 50% del agua útil, con un tiempo de riego de 15 min, donde se aplicó una lámina media de 19 mm, donde se debía reponer una lámina de 24 mm quedando un déficit de 5 mm. Esta deficiencia en la lámina almacenada fue debido a que si se regaba más tiempo para reponer la lámina requerida, bajaría la eficiencia de aplicación debido a pérdidas por percolación profunda, lo cual se trató de evitar

pensando en la contaminación potencial del acuífero bajo esta metodología de riego. En definitiva, es una situación de compromiso, donde se priorizó este tipo de programación del riego sabiendo que se maneja un tipo de agua de calidad marginal.

A continuación se detalla los datos de láminas.

Calculo de láminas

Lámina bruta.....	36 mm
Lámina almacenada promedio.....	19 mm
Lamina requerida.....	24 mm
Lámina del cuarto más desfavorable.....	18 mm

Calculo de eficiencias

Como resultó en este caso, la lámina almacenada fue menor que la requerida, por lo tanto:

1. Eficiencia de almacenaje:

$$EAL = 79 \%$$

Donde:

EAL es la eficiencia de almacenaje

2. Eficiencia de aplicación:

$$EAP = 100 \%$$

Donde:

EAP es la eficiencia de aplicación

3. Eficiencia de distribución:

$$EDI = 95 \%$$

Donde:

EDI es la eficiencia de distribución

En conclusión la eficiencia de riego a nivel parcelario en este ensayo experimental de maíz pisingallo fue de:

$$ERP = 75 \%$$

Donde:

ERP es la eficiencia de riego a nivel parcelario

Este resultado es razonable a nivel experimental para estas dimensiones de la unidad de riego, con una elevada eficiencia a nivel parcelario dado el manejo particular que se puede hacer en este tipo de unidades, donde se registró una pérdida por escurrimiento al pie de la parcela de 17 mm en los surcos debido a la pendiente y no como normalmente sucede en zonas de regadío, donde la mayor parte de las pérdidas de agua se manifiestan por percolación profunda, más aún si se encadenan los riegos.

-Evolución de humedad en el suelo

Durante el ciclo del cultivo el aporte de agua mediante riego por surcos fue de 171 mm, las aplicaciones de los riegos se indica con flechas en la Figura 13. La duración de cada riego fue de 15 (min) una vez que el agua llego al pie de surco. Suspendiendo la aplicación de riegos cuando se alcanzó la madurez fisiológica (R6) del cultivo.

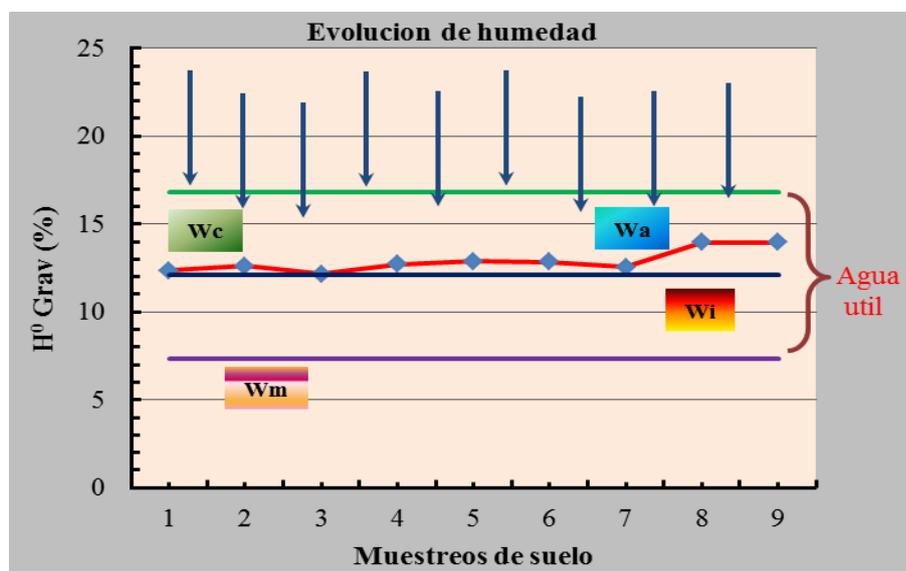


Figura 13: Humedad de suelo y momentos de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Se puede observar la evolución hídrica del perfil con los valores de humedad respectivos, atendiendo las constantes hídricas del suelo, capacidad de campo (W_c) y punto de marchitez permanente (W_m). Para determinar el momento óptimo de riego, se estableció el punto marchitez incipiente (W_i) o Umbral de Riego (UR) en un valor de humedad de 12,08 %, esto indica una parte importante de la programación del riego que responde a la pregunta ¿cuándo regar?; de esta manera, se estableció la oportunidad de reposición de la lámina neta, cuando se consumió el 50% del agua útil. Para conocer estos niveles de humedad del suelo, se realizaron muestreos semanales a los fines de conocer la humedad actual (W_a) y proceder a ejecutar el riego si el (W_a) estaba por debajo de (W_i).

Analizando el comportamiento de los diferentes parámetros se puede concluir que mediante la aplicación de riegos por surcos, con un manejo adecuado, se logró que el cultivo de maíz pisingallo disponga de un nivel hídrico adecuado a su demanda en todo su ciclo, manteniéndose valores muy cercanos al umbral de riego fijado; esto indica que el cultivo tuvo un crecimiento y desarrollo en condiciones hídricas y nutricionales no limitantes, pudiendo de esta manera expresar al máximo su potencial.

-Balance hídrico

El agua disponible es, generalmente, el principal factor que limita el crecimiento y el rendimiento de los cultivos en condiciones extensivas. Además, el maíz pisingallo manifiesta una sensibilidad diferencial a la sequía según la etapa del ciclo considerada. Uno de los momentos más importantes es próximo a la floración, donde la ocurrencia de una sequía puede producir mermas de hasta el 50 % de la producción.

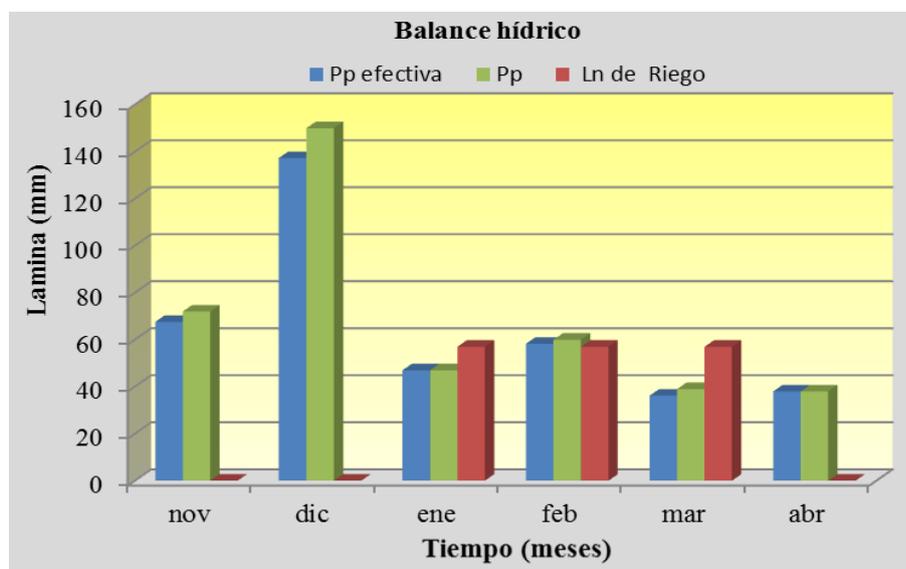


Figura 14: Aportes de agua durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En el trabajo realizado con maíz pisingallo se puede observar en la Figura 14 la cantidad de agua aportada durante todo el ciclo del cultivo por las precipitaciones y el riego, contabilizando un total de agua desde la siembra hasta madurez fisiológica de 450 mm, de los cuales 279 mm corresponde a las precipitaciones efectivas que represento 62% y el 38% restante al riego con una lámina neta de 171 mm. La lámina aplicada para este cultivo se encuentra en un rango medio considerando algunos autores (Andrade *et al.*, 1996) que señalan un consumo entre 400 y 700 mm en condiciones hídricas no limitantes según las condiciones ecológicas de cada región.

-Eficiencia en el uso del agua

La biomasa producida por unidad de agua consumida expresa la eficiencia con la cual un órgano o un cultivo fija carbono en relación con el agua que pierde y se define como eficiencia de uso del agua (EUA o WUE). La acumulación de biomasa puede expresarse en asimilación de CO₂, biomasa total de la planta o rendimiento, mientras el agua consumida se expresa como transpiración, evapotranspiración o agua que ingresa al sistema (lluvia + riego) (Dardanelli *et al.*, 2004).

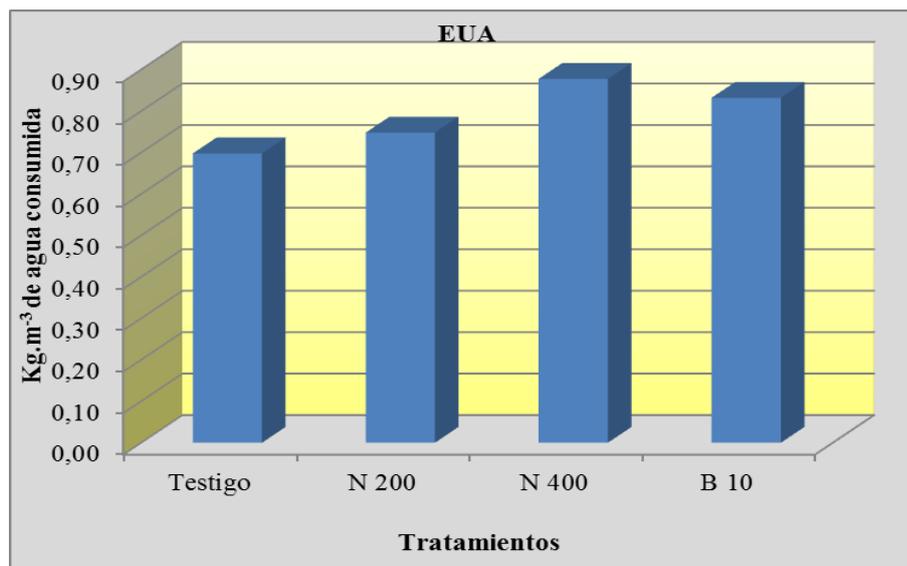


Figura 15: Eficiencia en el uso del agua. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Figura 15, se puede observar que la mayor eficiencia de uso del agua se da para los mayores rendimientos, con 0,70 Kg.m⁻³ para Testigo, 0,75 kg.m⁻³ con (N) 200, 0,88 Kg.m⁻³ para (N) 400 y 0,83 Kg.m⁻³ para B10, ya que esta eficiencia se calcula como la relación entre el rendimiento y el agua aportada, todos los tratamientos recibieron la misma lámina neta de agua.

-Producción de materia seca

Los tratamientos si bien no mostraron una diferencia estadística significativa en la producción total de MS/planta (Figura 16), se observó una tendencia de aumento a mayores dosis de fertilización química y a la aplicación de biosólidos. El tratamiento Testigo registró una producción promedio de 399,00 g MS/planta, en lo que respecta a (N 200) se observó un aumento respecto al Testigo de 11% lo cual representó 442,50 g MS/planta; y de un 12% para (N 400), que fue superior a los dos tratamientos antes mencionados con una producción de 448,75 g MS/planta. Por último, para el tratamiento con aplicación de (B 10) se logró una respuesta positiva superando al tratamiento testigo en un 7% lo cual representó 427,50 g MS/planta.

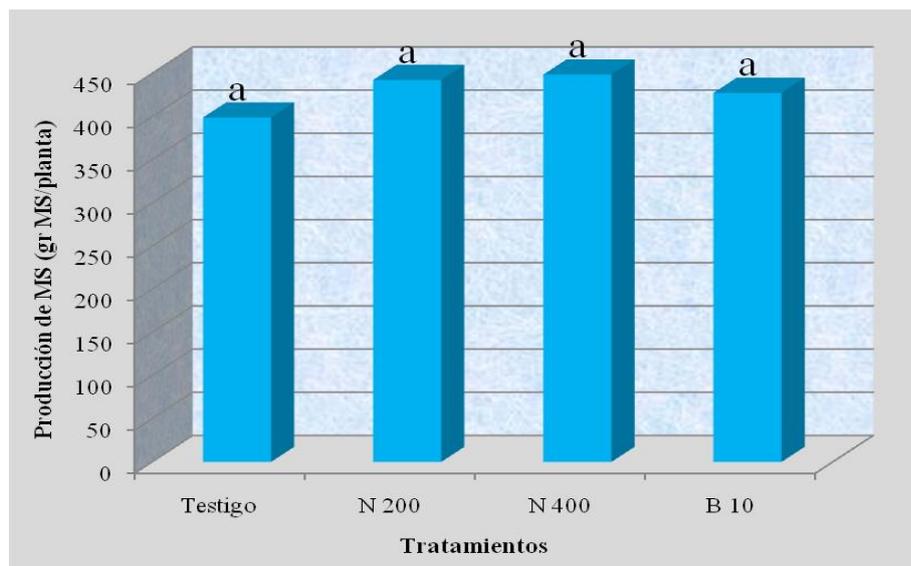


Figura 16: Producción individual de MS/planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Reza1 y Alvarado (1995) obtuvieron respuestas positivas en la producción de materia seca del cultivo de maíz al agregado de lodos activos como fertilizante, valores de 4 t ha^{-1} de lodo activos deshidratado permitieron superar los resultados obtenidos con fertilización química nitrogenada, logrando diferencias estadísticas significativas. Posiblemente, en el ensayo realizado en la Planta Piloto, los resultados no mostraron una respuesta importante al agregado de biosólidos, debido, a que la dosis aplicada fue inferior y además el aporte nutricional realizado por el efluente urbano tratado a través del riego fue suficiente para cubrir gran parte de la demanda del cultivo, por lo tanto, las diferencias entre tratamientos no fueron muy marcadas.

-Número de granos

La fracción del crecimiento total que el cultivo particiona a los granos (índice de cosecha) está directamente relacionada con el número de granos que es capaz de fijar. Dicho número queda determinado por la tasa de crecimiento de la planta durante la etapa de la floración: a mayor crecimiento, mayor fijación de granos. Entonces, en ambientes favorables (con alta disponibilidad de agua y nutrientes), el empleo de mayores densidades de siembra mejora el rendimiento por el mayor número de granos en el cultivo con ligeras reducciones en el peso del grano, aunque pueden afectar los valores del grado de expansión (Andrade *et al.*, 1996).

En maíz pisingallo, 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, la generación de estructura capaz de dar origen a un grano no sería un factor determinante del número final que alcanza a la madurez. Diversos autores han señalado que para lograr aumentos de rendimiento es más

importante aumentar la supervivencia de dicha estructuras que el numero potencial de granos (Carcova *et al.*, 2003).

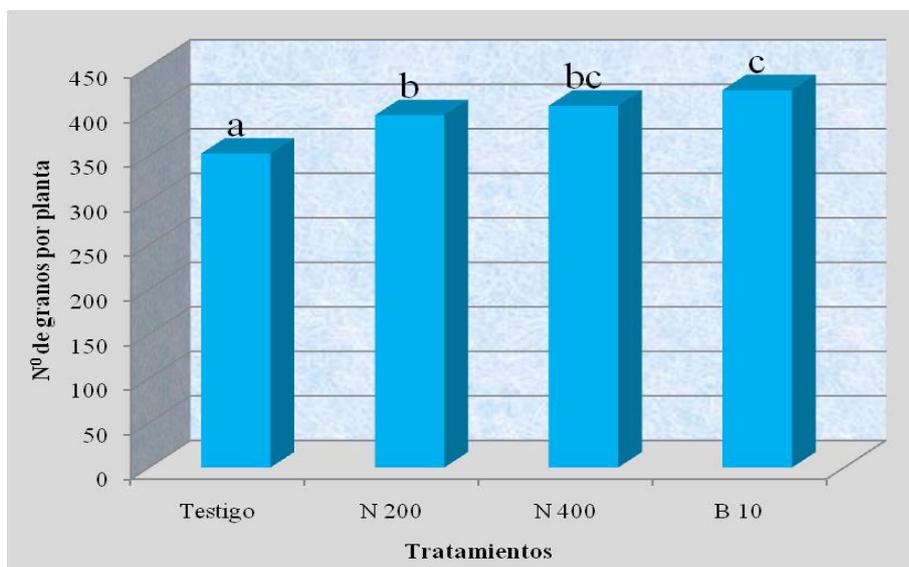


Figura 17: Números de granos por planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En lo que respecta a este análisis los resultados estadísticos demuestran que hay diferencia significativa en cuanto al número de granos por planta siendo el tratamiento con aplicación de biosólidos (B 10) el que tuvo mayor producción de granos por planta. Aunque el número de granos es mayor con respecto a los demás tratamientos, esto no refleja un aumento significativo en el rendimiento, que se puede observar en la Figura 20 Este comportamiento se puede explicar por una pequeña disminución del peso de mil granos que se determinaron en el tratamiento con biosólidos (Figura 18).

-Peso de los granos

En materiales dentados, una mayor disponibilidad de fotoasimilados por grano (relación fuente-destino) durante las etapas tempranas de la formación del grano incrementa el tamaño potencial del mismo. Sin embargo, se ha encontrado que cambios de esa relación no resultan en caídas ni aumentos relevantes del peso potencial ni del peso final del grano a cosecha en líneas endocriadas de maíz pisingallo, lo cual sugiere que el peso de grano en este tipo de maíces es más estable que en maíces dentados (Kiniry, 1990).

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. Las condiciones durante el llenado efectivo pueden modificar el peso dependiendo de la cantidad de fuente disponible por grano (Carcova *et al.*, 2003).

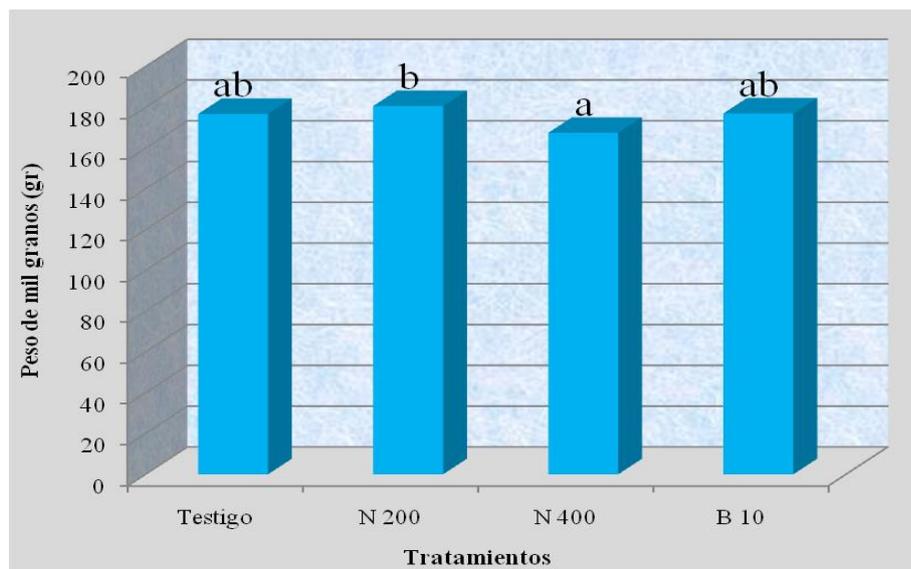


Figura 18: Peso de mil granos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El híbrido analizado Poper 42 mostró diferencia estadística significativa en cuanto al peso de los granos. En los resultados se observan un mayor peso de granos en el tratamiento (N 200), pero este aumento en el peso no refleja un aumento en el rendimiento del mismo, ya que el número de granos por espiga fue algo menor, debido a que el rendimiento está más influenciado por el número que por peso de los de granos.

-Prolificidad

La prolificidad se la denomina en maíz como la capacidad de producir más de una espiga por planta, en distintos ensayos no encontraron diferencias entre híbridos con distinta prolificidad cuando estos se compararon en dos sistemas de cultivos con diferentes niveles de insumos (Vega *et al.*, 2004). La capacidad genética 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 la evidencia 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).

Sin embargo en nuevas experiencias realizadas en la estación Experimental del INTA Paraná se evaluó la variable prolificidad entre distintos híbridos y densidades, los resultados obtenidos informan que no se encontraron diferencias significativas (Valentinuz, 2007).

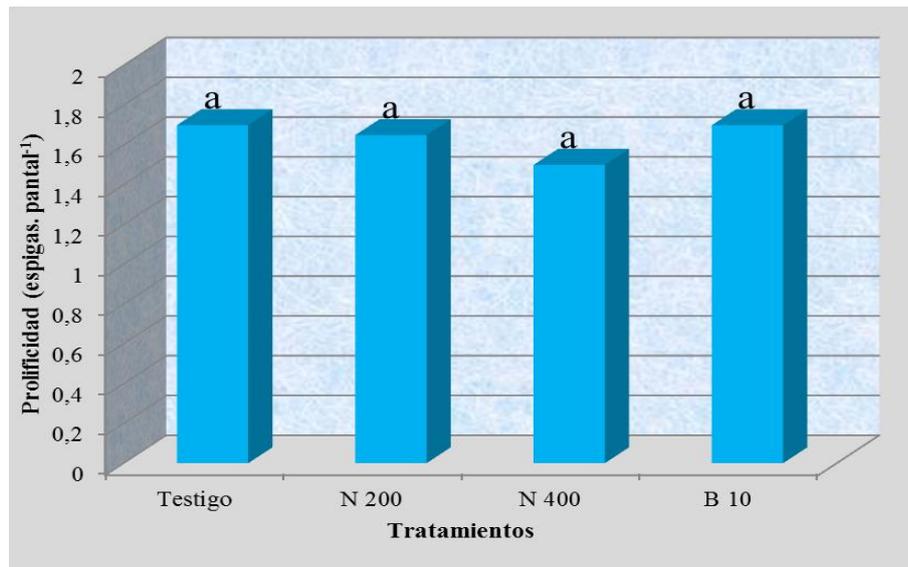


Figura 19: Prolificidad espigas por planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En este ensayo no se hallaron diferencias estadísticas significativas para los distintos tratamientos realizados, sobre el número de espigas de maíz Pisingallo por plantas. Aunque habría que resaltar que se observó una mayor preponderancia en la producción de espigas por plantas en el tratamiento con (B 10) y testigo con una relación 1:1,70 (una planta, 1,70 espigas por plantas). En los dos restantes tratamientos (N 200 y N 400), la relación observada fue de 1,65 y 1,50 espigas por plantas respectivamente.

-Rendimiento en grano

El rendimiento depende de diferentes factores, tales como la densidad de siembra, la temperatura, los niveles de radiación, las precipitaciones, disponibilidad de nutrientes y el genotipo.

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).

En este trabajo se han encontrado diferencias estadísticas significativas en cuanto a rendimiento entre los distintos tratamientos. Los mejores resultados estuvieron asociados a la aplicación de fertilizante químico (N 400) con un rendimiento 3951 Kg.ha⁻¹, seguido del tratamiento con biosólidos (B 10) con 3746 Kg.ha⁻¹, sin diferencias estadísticas significativa entre ellos, estos tratamientos permitieron alcanzar rendimientos superiores al testigo de 3142 Kg.ha⁻¹, y a la fertilización química (N 200) con 3368 Kg.ha⁻¹ y a su vez no difieren estadísticamente entre sí en sus resultados.

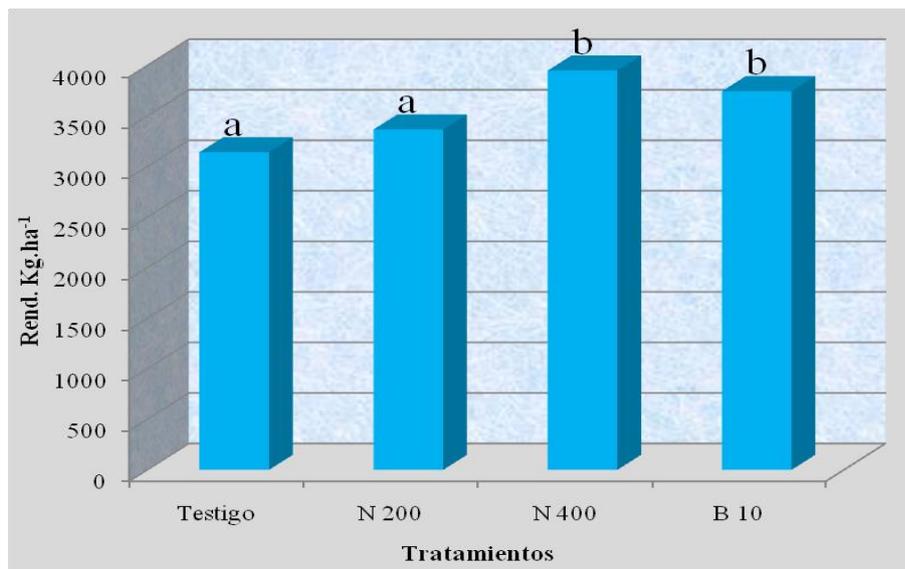


Figura 20: Rendimiento en grano (Kg. ha⁻¹). UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Estos resultados están en el orden del rendimiento medio alcanzado a nivel nacional, según los registros de la Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación (SAGPYA, 2011).

En la Figura 20 se puede notar con los diferentes tratamientos hay un tendencia a incrementarse los rendimientos en granos con dosis más altas de fertilizantes químicos y lo más importante que se logró obtener resultados similares con la aplicación de Biosólidos. El aprovechamiento de las aguas residuales y los lodos de depuración para la agricultura una vez tratadas, representan una alternativa viable ya que no solo contribuiría a asegurar las cosechas en algunas zonas ante la variabilidad climática, sino que se tendría un destino provechoso para los efluentes evitando con ello la contaminación de las fuentes de agua.

Los resultados de este trabajo concuerdan con el ensayo que se realizó en Pergamino donde se evaluó la respuesta a la fertilización nitrogenada y azufrada en cuatro genotipos diferentes de maíz pisingallo que mostraron importantes diferencias estadísticas en el rendimiento de granos (Ferraris *et al.*, 2004).

El rendimiento de maíz puede ser estudiado a través de sus componentes numéricos del rendimiento, tales como: número de granos por unidad de superficie, peso de los granos, entre otros (Carcava *et al.*, 2003).

-Grado de expansión de los granos

El grado de expansión es uno de los factores más importantes al momento de comercializar del maíz pisingallo, ya que su precio depende en gran medida de este factor. Con tal motivo fue fundamental realizar esta medición que se llevó a cabo en este ensayo, donde se puede observar en la Figura 21 los valores obtenidos por cada tratamiento, en los cuales se obtuvieron valores de 38,3 y 38

$\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ para los ensayos de Testigo y N 200 respectivamente, observándose un leve incremento en los tratamientos N400 y B10 con igual valores para ambos, con $39 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$.

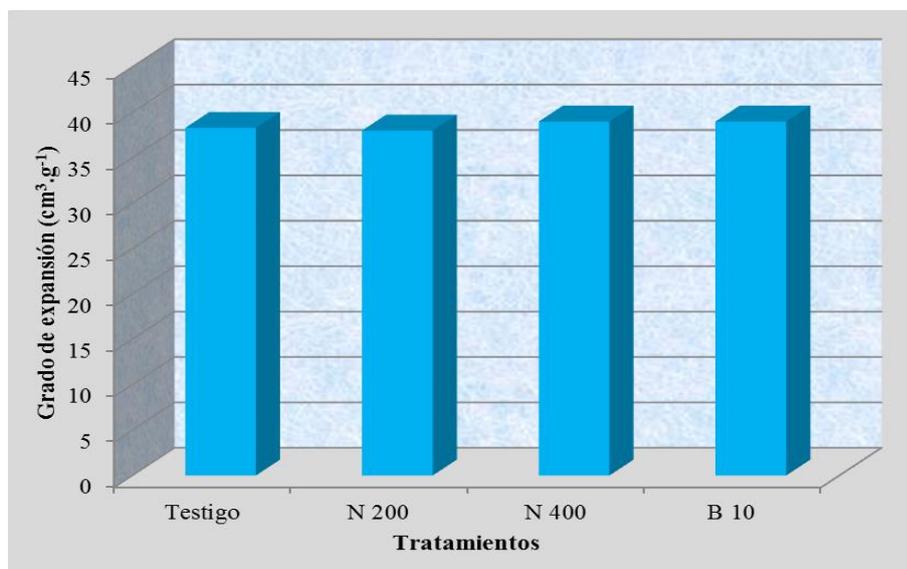


Figura 21: Grado de expansión de los granos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El tamaño del grano es también importante, por razones obvias, ya que los granos de mayor tamaño producirán rosetas más grandes. Sin embargo, esto no quiere decir que a medida que aumenta el tamaño del grano el volumen de expansión también aumente, ya que el grado de expansión es equivalente a la sumatoria de los volúmenes individuales de cada roseta. En efecto, cuando se analiza la relación entre el volumen de expansión y el tamaño de los granos parece presentarse una situación de compromiso entre el número de rosetas y el tamaño individual de cada una de ellas. El volumen de expansión se incrementa al aumentar el tamaño de grano, pero sólo lo hace hasta alcanzar un tamaño de grano óptimo por encima del cual el volumen de expansión decrece debido al menor número de granos o (rosetas), luego de la cocción que contiene la muestra. En concordancia con esta idea, y pese a que las opiniones en cuanto a qué tamaño de grano es el que genera mayor volumen de expansión son diversas, Ceylan y Karababa (2002) reportaron que los granos de menor tamaño son los que más expanden, la mayoría de los autores sostiene que son los granos de mediano tamaño los que maximizan el volumen de expansión (Song *et al.*, 1991; Allred-Coyle *et al.*, 2000; Gökmen, 2004; Ademiluyi *et al.*, 2009).

-Análisis químico de suelo al finalizar el ensayo.

En la siguiente Tabla se muestran los datos del análisis químico de suelo a una profundidad de 0-20 cm para cada tratamiento al final de la experiencia.

Tabla 5: Análisis químico de suelo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina

Variables	Testigo	N 200	N 400	Biosólidos
Materia Orgánica	1,27	1,23	1,30	1,28
Nitrógeno de Nitratos ppm	9,33	13,3	10,50	12,6
Nitratos ppm	41,33	58,92	46,52	55,82
Fósforo	27,7	28,5	28,1	28
pH (en agua) %	6,78	6,45	6,96	6,70
Humedad	8,58	10,96	11,64	12,83
CIC	11,30	10,90	10,60	10,80

Los efluentes urbanos presentan tenores de macro y micronutrientes suficientes para atender la demanda de la mayoría de los cultivos, no siendo el maíz la excepción a esta regla general, los requerimientos de nitrógeno y fósforo, en gran parte estos nutrientes son aportados por el agua residual usada para riego.

CONCLUSIÓN

- Las mayores eficiencias en el uso del agua se observaron en los tratamientos de mayor dosis de fertilizantes químicos y la aplicación de biosólidos; esto en concordancia con los mayores rendimientos en granos.
- El cultivo de maíz, produjo en términos generales una respuesta positiva en la mayoría de los parámetros evaluados, el número de granos presentó un incremento a favor de los tratamientos N400 y B10; pero no se reflejó de la misma forma el peso debido a que a mayor número de granos disminuye el peso.
- Las diferencias de rendimientos observadas como resultado de la aplicación de fertilizantes nitrogenado y biosólidos, fueron estadísticamente significativa, representaron incremento de 583 kg ha^{-1} entre distintas dosis de fertilizantes químico. El rendimiento máximo corresponde a la dosis más alta de fertilizante químico con diferencia de 205 kg ha^{-1} respecto de la aplicación de biosólidos pero sin diferencia estadísticas significativas.
- En el maíz pisingallo la calidad de los granos es medida a través del grado de expansión ya que este es el factor de mayor importancia para su comercialización, en los tratamientos con N400 y B10 se observó una diferencia con respecto a las demás tratamientos.

BIBLIOGRAFIA

- ADESUR. (1999). Asociación interinstitucional para el sur de Córdoba. Plan Director. Secretaría Técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. 99 pág. Córdoba. Argentina.
- ALLAN, T. (2001). Agua virtual. Económicamente invisible y políticamente silenciosa. Una manera de resolver problemas estratégicos de agua. *Rev. Internacional de Agua y Riego*.
- ALLRED- COYLE, T.A.; R.B. TOMA; W. REIBOLDT; M. THAKUR. 2000. Effects of moisture content, hybrid variety, kernel size, and microwave wattage on the expansion volume of microwave popcorn. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 51(5), 389–394.
- ANDRADE, F.; A .G. CIRILO; S. UHART; M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa-EEA Balcarce, INTA-FCA, UNMP Buenos Aires.
- BAUMER, R. (1996). Fertilización y sistemas de labranza e implantación (seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras); CPIA-SRA; Buenos Aires.
- BLUMENTHAL, U.J.; D. DUNCAN MARA; A. PEASEY; J. RUIZ PALACIOS AND R. SCOTT. (2000). Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bull. World Health Org.* 78(9), 1104-1116.
- BOSSOLASCO, M. y R. CRESPI. (2005). “Protection of the Environment and Reuse of Water Resource”. *Proceedings. Session 5. The Problems of sustaining Freshwater Supplies*. Pag. 100. International Geographical Union. Buenos Aires. Argentina.
- BOUWER, H.; E. IDELOVITCH. 1997. Quality requirements for irrigation with sewage water. *J. Irrig. & Drainage Eng.* 113: 516-535.
- CABALLERO-MELLADO, J.; S.TENORIO-SALGADO; J. ONOFRE-LEMUS; R. CASTRO-GONZALES; P. ESTRADA DE LOS SANTOS; G. PAREDES-VALDEZ; R. DÍAZ; L. MARTINEZ-AGUILAR. 2006. Uso de Azospirillum en México y potencial agrobiotecnológico de nuevos diazotófos del genero Burkholderia. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 16-18. Salta-Jujuy, Argentina.
- CÁRCOVA, J.; L. BORRÁS; M.E. OTEGUI. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de maíz.
- CASTRO DASSEN, H.; L. MONELOS; P. PERI y C. ALBRIEU. (2003). “Reuso de Aguas Servidas Tratadas para Riego con Goteo Subterráneo de una forestación en Santa Cruz”. Informe técnico. Univ. Nac. de la Patagonia Austral. 14 pág.
- CEYLAN, M.; E. KARABABA. (2002) .Comparison of sensory properties of popcorn from various types and sizes of kernel. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82(1), 127–133.
- CRESPI, R.; C. RODRIGUEZ; O. PLEVICH; L. GROSSO; M. BOSSOLASCO; C. FRIGERIO; S. BETTERA; A. THUAR; J. BOEHLER; J. PUIATTI; O. BAROTTO; M. DEMAESTRI; A.

- RICOTTO; D. RAMOS y D. PICCA. (2005). Tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias. Conagua 2005. Mendoza. Argentina.
- CRESPI, R. (2005). “Reutilización de Aguas Residuales en la Producción Agrícola”. Rev. HYDRIA. Programa de Participación Social en la Gestión del Agua. Año I. N° 3. Pag. 10. Argentina.
- CRESPI R; O. PLEVICH; A. THUAR; L. GROSSO; C. ROGRIGUEZ; D. RAMOS; O. BAROTTO; M. SARTORI;M. COVINICH y J. BOEHLER(2005). Manejo de aguas Residuales Urbanas. Conagua . Mendoza.
- CRESPI, R; M, PUGLIESE, L. GROSSO; D. RAMOS; F. SALUSO y A. CHANADAY. (2010). Evaluacion de la producción de biogas y uso de biosolidos en cultivos intensivos XIII congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Doce paginas en CD Buenos Aires.
- DARDANELLI, J.; D. COLLINO; M. E. OTEGUI y V. O. SADRAS. 2004. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivo de grano. En: Producción de Granos. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Pp 377 - 406.
- DURIEUX, R.P.; E.J. KAMPRATH y R.H. MOLL. (1993). Yield contribution of apical and subapical ears in prolific and non prolific corn agron. J 85:606-610.
- FERRARIS, G.; L. COURETOT y J.C. PONSÁ. (2004). Respuesta a la fertilización nitrógeno-azufrada en diferentes genotipos de maíz pisingallo. Proyecto regional agrícola, área de desarrollo rural INTA Pergamino.
- GABRIEL, E.; G. FASCIOLO; F. TOZZI; J. MORABITO. (2001). Efecto del riego con efluentes domésticos tratados sobre el rendimiento y la calidad comercial de ajo *Allium sativum* L. Publicado el resumen en Horticultura Argentina 20(48):18 resumen 003.
- GIFFORD, R.; W. HITZ y R. GIAQUINTA. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. Science.
- GÓMEZ, E. U. (2004). Departamento de Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria UNA Managua, Nicaragua. El reuso de aguas residuales para riego en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) una alternativa ambiental y productiva
- GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; y R. CRESPI. (2005). “Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) regados con efluentes urbanos tratados”. Libro de resúmenes. HR3. Pág. 272. Gral. Roca. Río Negro. Argentina.
- GUDELJ, V; P. VALLONE; C. GALARZA; O. GUDELJ; C. LORENZON; B. MASIRO. (2003). Ensayo de fertilización en maíz, EEA INTA Marcos Juárez.
- HUSSAIN,G. y A.A. AL-JALOUD. 1998. Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. Journal of Env. Qual. N° 31. Pp 1802 - 1809.

- JÁUREGUI, L.U. y J.P. SCHIFINI. (2004). “Gestión y financiamiento en agua potable y saneamiento ante los desafíos del milenio”. ISA N° 77. AIDIS ARGENTINA. Pág. 16-19.
- KINIRY, J.R.; C.A. WOOD; D.A. SPANEL; A.J. BOCKHOLT. (1990). Seed weight response to decreased seed number in maize. *Agronomy Journal* 82, 98–102.
- MAIZAR. (2007). El maíz pisingallo en Argentina. Disponible en: <http://www.maizar.org.ar>. Consultado el 07/03/12
- MEDEIROS, S.; A. SOARES; P. FERREIRA; J. NEVES y J. SOUZA. (2008). Utilizacao de agua residuária de origen doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Engenharia Agr. y Amb.*
- MERCADE OLALIA, L. y L. DIAS DIEZ. OLALLA. Primera edición (2000). Utilización de aguas residuales y lodos de depuración en agricultura.
- MONTERO, L. S. L.; R. C. GARCÍA; J. P. PETITÓN; M. P. R. CALZADILLA; y J. H. PUEBLA. (2009). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias Riego con aguas residuales a los cultivos del sorgo y maíz como alternativa para la producción de alimento animal.
- REZA, J. L; V. A. ALVARADO; O. E. SÁENZ; F. ZAVALA; R. GONZÁLEZ; R. VALDEZ y C. GALLEGOS (1995). Análisis de crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) Aplicación de lodos activos y urea. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. pag 438.
- RIVETTI, A. R. (2005). UNRC. Efectos del riego complementario sobre el rendimiento en grano de maíz y sus componentes. Trabajo presentado en el VIII Congreso Nacional de Maíz.
- SAGPyA. (2007). Maíz para consumo humano. Publicaciones Agricultura. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/prensa/publicaciones/maiz/pag35.php>.
- SAGPyA (2011) Publicaciones agrícolas. El cultivo de maíz en alerta amarilla. En www.sagpya.mecon.gov.ar.
- SEILER, R. A.; R. A. FABRICIUS; V. H. ROTONDO y M. G. VINOCUR. (1995). Agroclimatología de Río Cuarto - 1974/1993. Vol. I. FAV. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- SEVERINI, A.; L. BORRÁS; M.E. WESTGATE; A.G. CIRILO. (2008). Expansión del grano en maíces pisingallo y disponibilidad de asimilados por grano durante el llenado efectivo. Resúmenes XXVII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Rosario (Santa Fe). 21-24/Setiembre de 2008.
- SONG A.; S.R. ECKHOFF; M. PAULSEN; J.B. LITCHFIELD. (1991). Effects Of Kernel Size And Genotype On Popcorn Popping Volume And Number Of Unpopped Kernels.
- SUAREZ, D.L. (1981). Relationship between pHc y sodium adsorption ratio (SAR) y an alternative meted of estimating SAR of soil or drainage waters. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 45: 469-475
- TARCHITZKY, J. (2004). “Efectos de la calidad del agua en suelos y cultivos: la lógica de mejorar la calidad”. Servicio de Extensión, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Rev. Internacional de Agua y Riego. Vol. 24. N° 2. Pág. 29-33. Israel.

- TCHOBANOUGLOUS, G. y F.L. BURTON. (1991). Wastewater Engineering Treatment, Disposal y Reuse. 3° ed. 1334 pág.
- THE POPCORN BOARD. (2010). 401 North Michigan Ave., Chicago, IL, 60611-4267. Disponible en: <http://www.popcorn.org>.
- URIVE MONTES, H. R.; G. CHÁVEZ; M. OROZCO HERNANDEZ; S. VALDEZ ESPINOSA. 2003. Biosólidos digeridos anaeróbicamente en la producción de maíz forrajero. Red de revistas Científicas de America Latina y el Caribe, España y Portugal.
- VALENTINUZ, O.R., CEBADAS, S. y SANCHES, C. (2007). Actualización técnica en maíz, girasol y soja. Extensión n° 44-46.
- VEGA, B.; J. SVECNIJAK; M. KNEZEVIC y D. GRBESA. (2004). Performans of prolific and non prolific maize hybrids under reduce-input cropping system. Field crops Res.90:203-212.
- ZIEGLER, K. E. (2001). Popcorn. En: "Corn: Chemistry and Technology", Chapter 22, 2nd Edition Edited by.

ANEXO

Cuadro 1: Producción de materia seca individual

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Prod. materia seca	16	0,10	0,00	15,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5895,19	3	1965,06	0,47	0,7102
Tratamiento	5895,19	3	1965,06	0,47	0,7102
Error	50406,75	12	4200,56		
Total	56301,94	15			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=99,85242

Error: 4200,5625 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	399,00	4	32,41	a
B 10	427,50	4	32,41	a
N 200	442,50	4	32,41	a
N 400	448,75	4	32,41	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Cuadro 2: Numero de granos por espigas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de granos	320	0,11	0,10	18,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	221119,74	3	73706,58	13,29	<0,0001
Tratamiento	221119,74	3	73706,58	13,29	<0,0001
Error	1752857,25	316	5547,02		
Total	1973976,99	319			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=23,16937

Error: 5547,0166 gl: 316

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	352,53	80	8,33	a
N 200	395,58	80	8,33	b
N 400	406,25	80	8,33	b c
B 10	423,88	80	8,33	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Cuadro 3: Peso de los granos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000	32	0,20	0,12	5,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	752,59	3	250,86	2,34	0,0945
Tratamiento	752,59	3	250,86	2,34	0,0945
Error	2997,38	28	107,05		
Total	3749,97	31			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,59687

Error: 107,0491 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N 400	167,50	8	3,66	a
Testigo	176,75	8	3,66	a b
B 10	177,00	8	3,66	a b
N 200	180,63	8	3,66	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Cuadro 4: Prolificidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Prolificidad	160	0,02	0,01	32,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,08	3	0,36	1,27	0,2855
Tratamiento	1,08	3	0,36	1,27	0,2855
Error	43,90	156	0,28		
Total	44,98	159			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,23431

Error: 0,2814 gl: 156

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N 400	1,50	40	0,08	a
N 200	1,65	40	0,08	a
B 10	1,70	40	0,08	a
Testigo	1,70	40	0,08	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Cuadro 5: Rendimiento en grano

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	16	0,74	0,68	6,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	159,40	3	53,13	11,63	0,0007
Tratamiento	159,40	3	53,13	11,63	0,0007
Error	54,81	12	4,57		
Total	214,20	15			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,29254

Error: 4,56 72 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	31,42	4	1,07	a
N 200	33,68	4	1,07	a
B 10	37,46	4	1,07	b
N 400	39,51	4	1,07	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)