

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**



Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

**EVALUACION DE UN CULTIVO DE MAIZ PISINGALLO (*Zea mays*
var. Oryzae) CON DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS Y
CALIDADES DE AGUA.**

Alumno: **Romero Lucas Daniel**

DNI: 28575911

Director: Ing. Agr. MSc Liliana E. Grosso

Co-Director: Ing. Agr. Raúl Jesús Crespi

Río Cuarto - Córdoba
Marzo/ 2016

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

**EVALUACION DE UN CULTIVO DE MAIZ PISINGALLO (*Zea mays*
var. Oryzae) CON DISTINTAS CONDICIONES HIDRICAS Y
CALIDADES DE AGUA.**

Autor: Romero, Lucas Daniel
DNI: 28575911

Director: Ing. Agr. MSc Liliana Grosso
Co-Director: Ing. Agr. Raul Crespi

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

Ing. Agr. Sergio González -----
Ing. Agr. Diego Ramos -----
Ing. Agr. MSc Liliana Grosso -----

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Río Cuarto por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y permitirme conocer excelentes personas.

A mis profesores Liliana, Raúl y Diego.

A mi abuelo Domingo Martín quien fue el responsable de hacerme sentir tanto amor por el campo y por eso elegir esta hermosa profesión.

A mi hermosa familia, en especial a mis padres Daniel y Marisa que siempre me acompañaron y gracias a ellos concrete mi tan ansiado objetivo.

A mis grandes amigos y compañeros Daniel, Pablo, Darío y Jorge.

A mis hermanos Carolina y Guillermo.

A todos muchas gracias!

INDICE GENERAL

Índice general.....	IV
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras.....	VI
Resumen.....	VII
Summary.....	VIII
Introducción.....	1
Antecedentes.....	7
Hipótesis.....	9
Objetivos generales.....	9
Objetivo específico.....	9
Materiales y métodos.....	10
Resultados y discusiones.....	21
Conclusión.....	34
Bibliografía.....	35
Anexo.....	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. : Análisis químico de suelo.2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Tabla 2. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
Tabla 3. Características físicas del perfil de suelo 2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. REU y Planta Piloto manejo de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	10
Figura 2. Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de ensayo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Figura 3. Vista en planta de la cámara concentradora de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	13
Figura 4. Corte transversal de la cámara concentradora y bomba. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	13
Figura 5. Planta convencional de tratamiento de efluentes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba....	16
Figura 6. Sitio donde se realizará el ensayo experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba....	16
Figura 7. Tuberías con ventanitas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
Figura 8. Ensayos de infiltración con doble anillo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	18
Figura 9. Trillando el maíz en el predio. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	19
Figura 10. Fases del riego y patrón de infiltración del agua en el suelo. UNRC. Río. Cuarto. Córdoba.....	21
Figura 11. Humedad de suelo y momentos de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	23
Figura 12. Aportes de agua durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	24
Figura 13. Numero de granos por espiga para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	25
Figura 14. Peso mil granos para diferentes condiciones hídricas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	26
Figura 15. Prolificidad espigas por planta para diferentes condiciones hídricas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	27
Figura 16. Grado de expansión de los granos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	28
Figura 17. Longitud de la espiga para diferentes condiciones hídricas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	29
Figura 18. Peso de la espiga para diferentes condiciones hídricas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	30
Figura 19. Altura de inserción de la espiga para diferentes condiciones hídricas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	31
Figura 20. Hileras de granos por espiga para diferentes condiciones hídricas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	32
Figura 21. Rendimiento kg ha ⁻¹ en distintos tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	33

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 distintas condiciones hídricas (riego y secano) y calidades de agua (agua de perforación y agua residual tratada), con un nivel de fertilización nitrogenada. El diseño del experimento fue el de parcelas subdivididas en franjas, arreglo factorial 3 x 2 con 6 tratamientos y 3 repeticiones: 1) Secano N0, 2) Secano N100, 3) Agua limpia N0, 4) Agua limpia N100, 5) Agua residual N0, 6) Agua residual N100. 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 tanto de agua residual como de agua de perforación. Las aguas residuales procedentes de las residencias estudiantiles universitarias (REU) fueron regeneradas mediante lodos activados y lagunas de maduración para su reincorporación al ciclo productivo. Se evaluaron los componentes del rendimiento prolificidad, peso y tamaño de la espiga, número de granos por espiga, peso mil granos, altura de inserción de la espiga, hileras de granos por espiga y grado de expansión del cultivar Poper 42. Los resultados fueron analizados mediante un estudio de ANAVA y de comparación de medias por el test de Duncan ($p=0,05$) para cada una de las variables, utilizando el programa estadístico INFOSTAT. Los rendimientos promedios fueron de 4962 kg ha⁻¹, 4316 kg ha⁻¹ y 3036 kg ha⁻¹ para riego con agua residual, agua de perforación y secano respectivamente; demostrándose diferencias significativas para los diferentes tratamientos. Esta experiencia demostró la importancia y el efecto positivo de las AR y de la fertilización sobre los componentes que determinan el rendimiento. Por otra parte, la reutilización de las aguas residuales urbanas debidamente tratadas constituye un recurso excelente si se pretende realizar maíz bajo condiciones de riego.

Palabras claves: Maíz pisingallo, fertilización, riego, secano, agua residual

SUMMARY

In 2010/2011 an experience on the campus of the National University of Río Cuarto in order to evaluate the behavior of pisingallo corn crop (*Zea mays* L. var. *Oryzaea*) under different water conditions (irrigation and dry land) was performed and water qualities (water drilling and treated wastewater), with a level of nitrogen fertilization. The experimental design was split plot in stripes, factorial arrangement 3 x 2 with 6 treatments and 3 replications: 1) Dryland N0, 2) Dryland N100, 3) Clean Water N0, 4) Clean Water N100 5) Wastewater N0, 6) wastewater N100. During the crop cycle the water evolution of the soil profile was followed by gravimetric method, applying a net irrigation by surface sheet of 234 mm both wastewater and water drilling. The wastewater from the university residence halls (REU) were regenerated using activated sludge and maturation ponds for their return to the production cycle. the components of prolificacy performance, weight and size of the spike, number of grains per spike, weight of thousand grains, height of insertion of the spigot, rows of grains per spike and degree of expansion of cultivated Poper 42. The results were evaluated were analyzed ANAVA through a study and comparison of means by Duncan's test ($p = 0.05$) for each of the variables, using the statistical software INFOSTAT. Average yields were 4962 kg ha⁻¹, 4316 kg ha⁻¹ and 3036 kg ha⁻¹ for irrigation with wastewater, water drilling and upland respectively; demonstrating significant differences for the different treatments. This experience showed the importance and positive impact of AR and fertilization on the components that determine performance. Moreover, the reuse of treated urban waste water properly is an excellent resource if you intend to make corn under irrigation.

Keywords: popcorn, fertilization, irrigation, dry land, wastewater

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, la presión de vapor interna no alcanza el nivel necesario 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 mayor proporción 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 Kg ha^{-1} , durante la campaña 2003 se sembraron 35.000 ha, que produjeron unas 133.000 t, en 2004 se

sembraron 50.000 ha y la producción fue de aprox. 190.000 t y en la campaña 2006 se estima una superficie de aprox. 30.000 ha con una producción de 114.000 t.

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, la 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 Popper 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 los 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.

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) no se recomiendan estándares de coliformes fecales y sí para cultivos restrictivos (consumo crudo, campos deportivos) que tiene un límite máximo de 1000 coliformes fecales 100^{-1} 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^{-1} , y ninguna muestra puede tener más de 23-25 coliformes fecales 100 ml^{-1} (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^{-1} 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 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 m³ 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 t ha⁻¹ y 1,73 t 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).

Se citan en México ejemplos de producciones mayores debido a los nutrientes de las aguas residuales, así el rendimiento del tomate, regado con agua residual fue de 35 t ha⁻¹ y regado con agua limpia de 7 t ha⁻¹, la comparación de rendimientos obtenidos en Tacna, Perú, para el caso del cultivo de papa con riego con efluentes de lagunas de estabilización secundarias fue de 45 t ha⁻¹ y el rendimiento con aguas blancas de 12 t ha⁻¹ (Saénz Forero, 2006).

Durante los años 1998, 1999 y 2000, se realizaron, en Mendoza, Argentina, ensayos a campo con cultivos de ajo y cebolla, regados con efluentes domésticos tratados, y con agua de perforación como testigo. Se estudiaron los efectos del riego con efluente en el rendimiento de los cultivos, en su calidad sanitaria y admisibilidad para el consumo en fresco, como también sus efectos en los suelos regados. Se considera que el riego con efluentes se comporta como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos medios en un 9 y 25% con respecto al tratamiento con agua de perforación sin agregado de fertilizante. El riego con efluentes domésticos tratados no aumentó el porcentaje de defectos y malformaciones en el cultivo de ajo. La velocidad de infiltración en suelos regados con efluentes domésticos tratados durante 3 años, aumentó con respecto a las parcelas regadas con agua de perforación. Se considera que el contenido de materia orgánica y de fósforo en el efluente tratado produce modificaciones en la estructura del suelo (Fasciolo, 2002).

Las aguas residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno, que pueden suponer, por tanto, un beneficio para el agricultor. Considerando que las aguas residuales pueden tener un contenido de nitrógeno de 20-40 mg l⁻¹, podemos estimar que un cultivo al que se aplica en el riego un total de 5000 m³ ha⁻¹ recibe por tanto una dosis de nitrógeno de 100-200 kg ha⁻¹. Estas cantidades pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno del cultivo (Bouwer y Idelovitch, 1987).

En el cultivo del ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por hectárea en un 15 % y los calibres de los bulbos en un 9 %; no se incrementó el porcentaje de defectos y malformaciones en la bulbificación y no se afectó la calidad comercial del ajo (Fasciolo *et al.*, 2002).

La productividad de un cultivo de ajo regado con efluentes urbanos tratados fue equivalente al rendimiento del cultivo regado con agua limpia; por lo cual en éste cultivo el agua del efluente urbano tratado puede reemplazar para riego el uso del agua limpia, sin afectar su productividad y calidad sanitaria (Grosso *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de un cultivo de maíz pisingallo regado con efluentes urbanos tratados, agua de perforación y en secano, fertilizado con diferentes dosis de nitrógeno, para determinar el potencial fertilizante de los efluentes urbanos y la importancia del riego en la respuesta productiva de éste cultivo.

HIPÓTESIS

- El riego con aguas residuales tratadas incidirá positivamente sobre los componentes del rendimiento y calidad del cultivo de maíz pisingallo respecto al cultivo con riego con agua de perforación y en seco.

OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar componentes del rendimiento y calidad de un cultivo de maíz pisingallo (*Zea mays var. Oryzae*) bajo diferentes condiciones hídricas y calidades de agua de riego.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de diferentes condiciones hídricas (riego y seco) y de calidades de agua para riego (residuales tratadas y de perforación) sobre:

La prolificidad, tamaño de la espiga, peso de las espigas, altura de inserción de la espiga, hileras de granos por espiga, número de granos por espiga y peso de los granos.

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 de Docencia y Experimentación (CAMDOCEX) Sector “El Bajo” de la UNRC ubicado detrás de las Residencias Estudiantiles Universitarias (REU) a $64^{\circ} 14' \text{ LW}$, $33^{\circ} 07' \text{ L S}$ 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, UNR, Río Cuarto, Córdoba

Las condiciones de clima de la región en el período 1977-2006 son: Temperatura Máxima Anual $23,18^{\circ}\text{C}$; Temperatura Mínima Anual $10,20^{\circ}\text{C}$; Temperatura Media Anual $16,30^{\circ}\text{C}$; Temperatura Media Mensual de suelo a 10 cm de profundidad para el mes de Diciembre $22,4^{\circ}\text{C}$; 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).

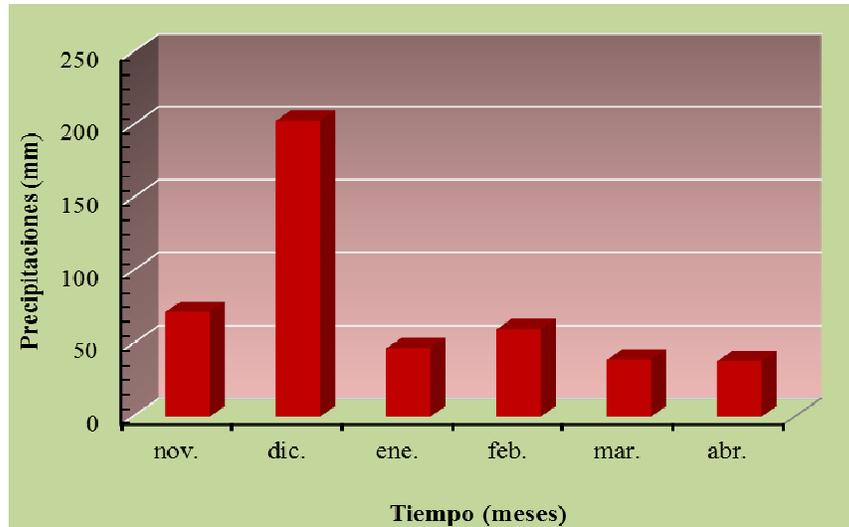


Figura 2: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de ensayo, UNR, Río Cuarto, Córdoba.

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 %	<i>1,23</i>
Nitrógeno de Nitratos ppm	<i>23,5</i>
Nitratos ppm	<i>104,1</i>
Fósforo ppm	<i>26,7</i>
pH (en agua)	<i>5,73</i>
Humedad %	<i>14,27</i>
CIC cmol/kg	<i>10</i>

El híbrido de maíz pisingallo evaluado fue Poper 42, sembrado el 4/12/10 con una densidad de 65000 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.

Los tratamientos realizados fueron seis, los cuales surgieron de la combinación factorial entre: los distintos aportes hídricos (riego con aguas residuales tratadas, riego con aguas de perforación y secano) con dosis de nitrógeno (N_0 Testigo y N_{100}).

- 1) Riego con aguas de perforación y N_0 .
- 2) Riego con aguas de perforación y N_{100} .
- 3) Riego con aguas residuales tratadas y N_0 .
- 4) Riego con aguas residuales tratadas y N_{100} .
- 5) Secano y N_0 .
- 6) Secano y N_{100} .

Se efectuó una fertilización con UAN (Nitrato de amonio) en el estado fenológico de V6, con 100 kg ha^{-1} de Nitrógeno (333 L ha^{-1} de UAN), aconsejándose esta dosis y siendo la más utilizada, por la extracción de este nutriente por parte de este cultivo (Presello, 2007). 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.

El diseño experimental fue en parcelas subdivididas en franjas, arreglo factorial 3×2 con 3 repeticiones y 6 tratamientos, los cuales ocuparon cuatro surcos distanciados a 0.52 cm. La superficie del ensayo fue de 234 m^2 , compuesta por un total de 18 parcelas de una superficie neta unitaria de $12,48 \text{ m}^2$ ($2,08 \text{ m} \times 6 \text{ m}$).

El agua limpia se obtuvo de una perforación ubicada en el mismo predio de la experiencia.

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 110 mm 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 $2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 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.

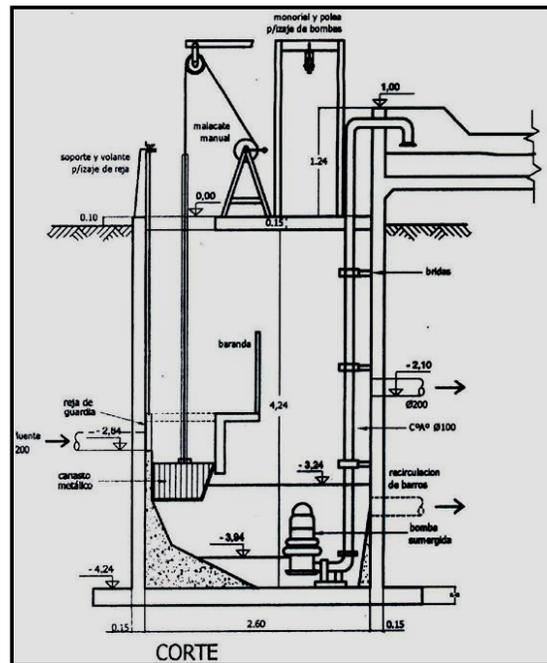


Figura 4: Corte transversal de la cámara concentradora y bomba, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

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 (DBO₅), 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 que se utilizó para la producción del cultivo de maíz pisingallo, presentó una carga de coliformes totales de 9×10^8 NMP 100 ml⁻¹ y la composición física-química 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)	<i>ml⁻¹</i>	<i>0.50</i>
Sólidos sedimentables (120 min)	<i>ml⁻¹</i>	<i>0.80</i>
Sólidos totales	<i>mg^l</i>	<i>842.00</i>
Sólidos totales fijos	<i>mg^l</i>	<i>298.00</i>
Sólidos totales volátiles	<i>mg^l</i>	<i>544.00</i>
Sólidos disueltos totales	<i>mg^l</i>	<i>590.00</i>
Sólidos disueltos fijos	<i>mg^l</i>	<i>380.00</i>
Sólidos disueltos volátiles	<i>mg^l</i>	<i>210.00</i>

Sólidos suspendidos totales	<i>mg l⁻¹</i>	252.00
pH		7.82
Conductividad eléctrica	<i>dSm⁻¹</i>	1.13
Turbiedad	<i>FAU</i>	263.50
Alcalinidad total	<i>mg l⁻¹</i>	350.00
Nitrógeno total	<i>mg l⁻¹</i>	108.50
Fosforo total	<i>mg l⁻¹</i>	8.10
Potasio	<i>mg l⁻¹</i>	16.00
Sodio	<i>mg l⁻¹</i>	158.00
Magnesio	<i>mg l⁻¹</i>	11.60
Calcio	<i>mg l⁻¹</i>	50.00
Sulfatos	<i>mg l⁻¹</i>	14.50
Demanda biológica de oxígeno	<i>mg l⁻¹</i>	112.57
Demanda química de oxígeno	<i>mg l⁻¹</i>	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.

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.

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 8: 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 hs 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 3: 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: Da, Wc, Wm y Wu, 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 (Wi) 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.

La cosecha se realizó los primeros días de abril del 2011, con un contenido de humedad de 14,5%. Las unidades de muestreos 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 9: Trillando el maíz en el predio, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

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

- Peso y tamaño de la espiga.
- Numero de granos por espiga.
- Peso de los 1.000 granos.
- Prolificidad (se contabilizó las espigas por plantas de cada parcela muestreada).
- Altura de inserción de la espiga.
- Hileras de granos por espiga.

Las diferentes variables fueron analizadas mediante un ANOVA para un diseño completamente aleatorizado. Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza con los tests de Shapiro-Wilks y de Levene, respectivamente. Las medias se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Duncan a un nivel de significación del 0,05.

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.

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.

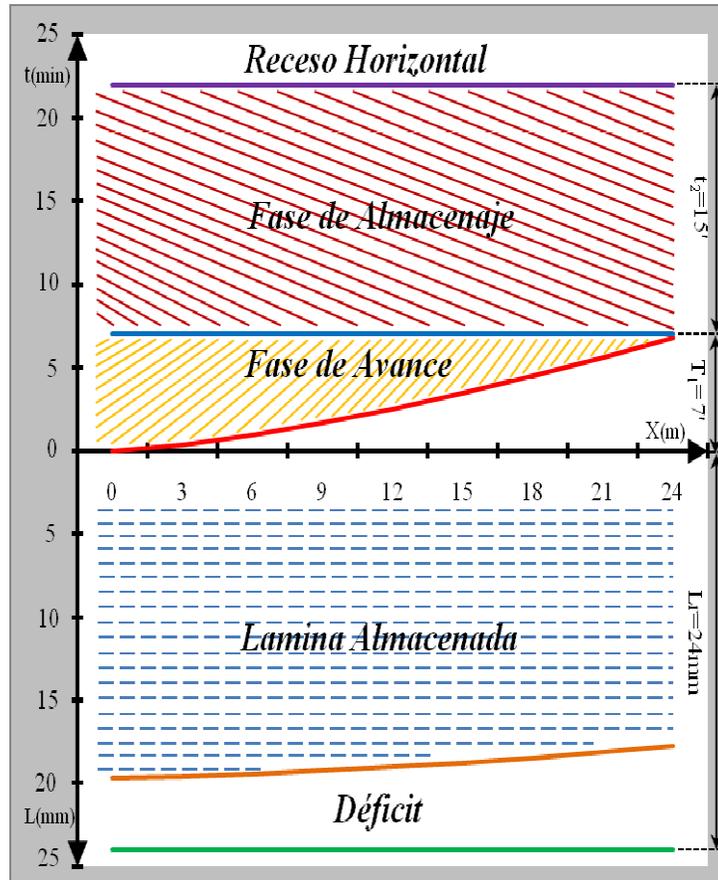


Figura 10: Fases del riego y patrón de infiltración del agua en el suelo, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

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.

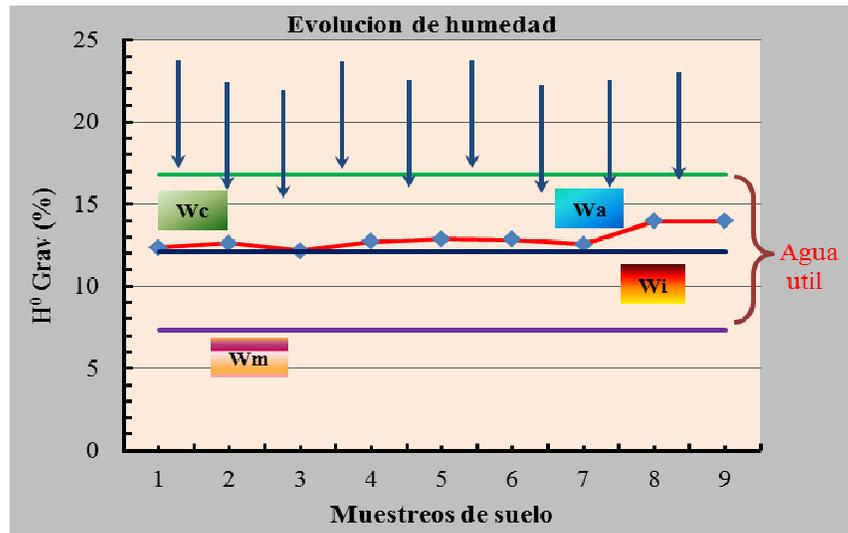


Figura 11: Humedad de suelo y momentos de riego, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

Se puede observar la evolución hídrica del perfil con los valores de humedad respectivos, atendiendo las constantes hídricas del suelo, capacidad de campo (Wc) y punto de marchitez permanente (Wm). Para determinar el momento óptimo de riego, se estableció el punto marchitez incipiente (Wi) 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 (Wa) y proceder a ejecutar el riego si el (Wa) estaba por debajo de (Wi).

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.

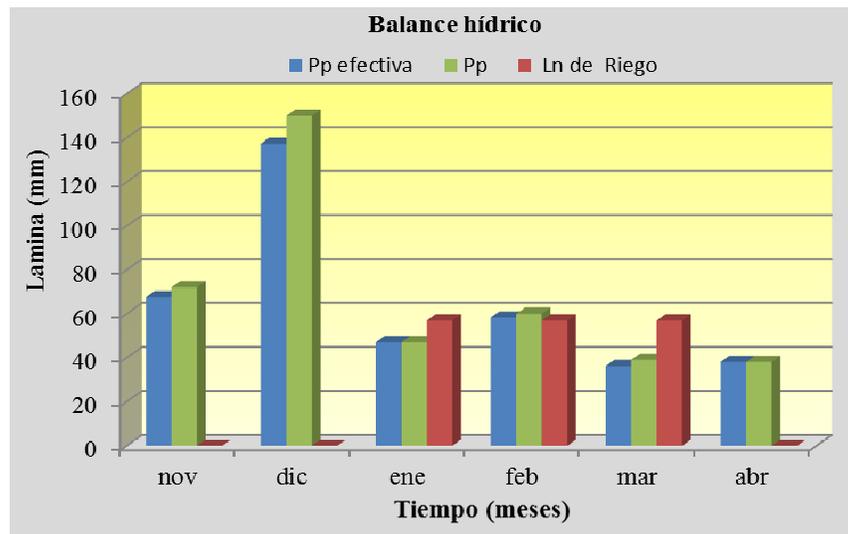


Figura 12: Precipitaciones, precipitación efectiva y lamina de riego durante el ciclo del cultivo, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

En el trabajo realizado con maíz pisingallo se puede observar en la Figura 12 la cantidad de agua aportada al cultivo durante todo el ciclo, ya sea por las precipitaciones como también por el riego aplicado, contabilizando un total de agua desde la siembra hasta madurez fisiológica de 450 mm, de los cuales 279 mm corresponden a las precipitaciones efectivas y el resto al agua de 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.

-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).

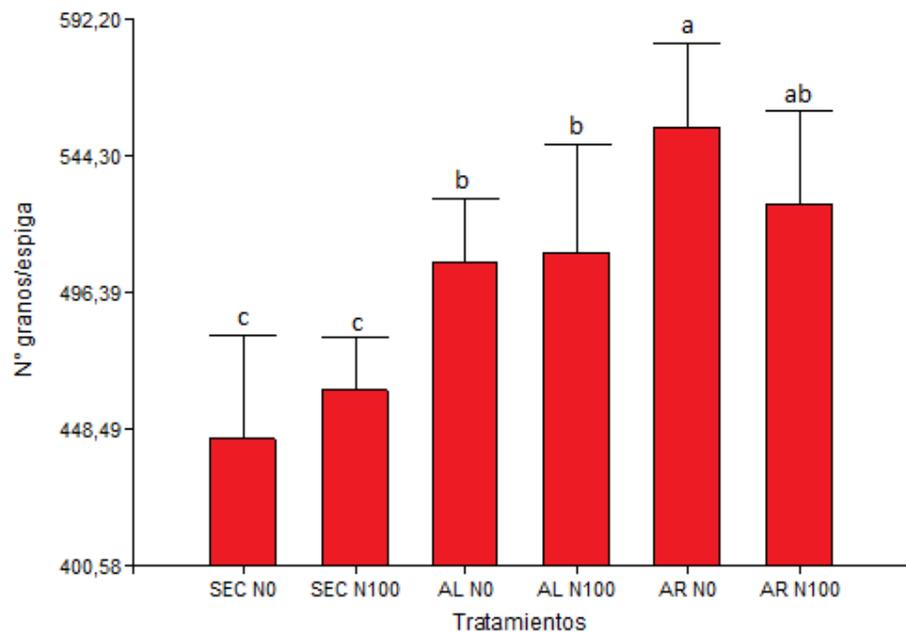


Figura 13: Números de granos por espiga para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

En lo que respecta a esta variable los resultados demuestran que para condiciones hídricas riego (agua limpia y agua residual) y secano manteniendo fijo el nivel de fertilización N0 hay diferencias estadísticas, siendo el tratamiento con aguas residuales tratadas (N₀) el que tuvo mayor producción de granos por planta. Si se mantiene fijo el nivel de fertilización N100, solo existen diferencias estadísticas en los tratamientos secano y agua limpia al igual que secano y agua residual, no observándose estas diferencias entre los tratamientos agua limpia y agua residual para esa dosis de fertilización.

-Peso de los granos

En maíz el peso de los granos se encuentra altamente relacionado con el número de células endospermatas como con la cantidad de gránulos de almidón formados. Las condiciones ambientales durante el llenado efectivo pueden modificar el peso dependiendo de la cantidad de fuente disponible por grano (Carcova *et al.*, 2003).

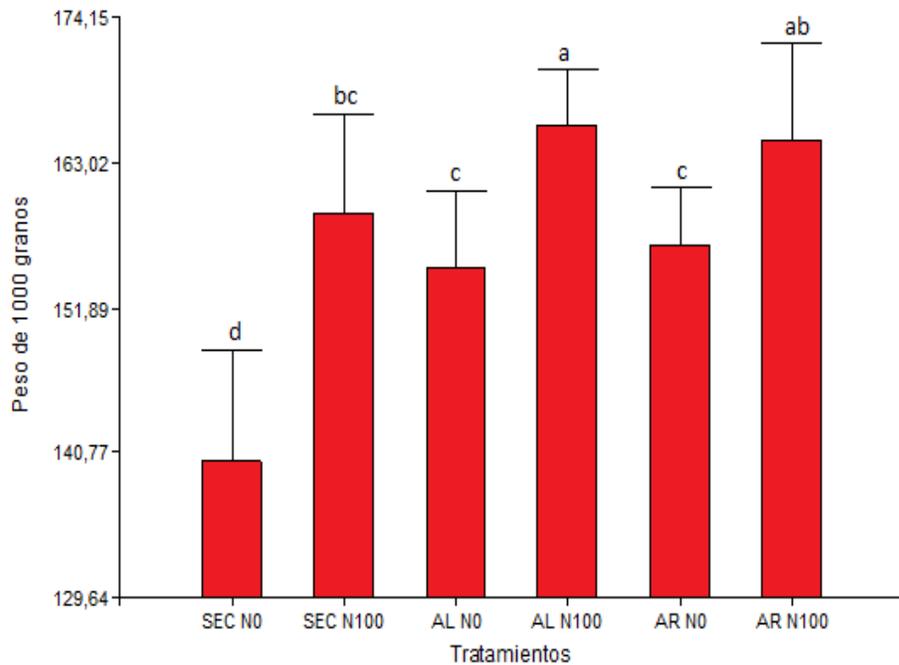


Figura 14: Peso de mil granos para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

Analizando esta variable (Figura 14) se puede observar que dentro de cada tratamiento hay diferencias estadísticas en el peso de los granos cuando se usa una fuente de fertilización nitrogenado, siendo el tratamiento de agua limpia N100 el que presentó mayor peso de los 1000 granos con 164 gramos.

Si se mantiene fijo el factor N0, no se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos agua limpia y agua residual, pero si existen diferencias entre estos dos mencionados y secano.

En el caso de mantener fijo el factor N100 solo se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos de secano y agua limpia, pudiéndose observar que no ocurre lo mismo con el tratamiento de agua residual y los tratamientos anteriormente mencionados.

-Prolificidad

La prolificidad se la denomina en maíz como la capacidad de producir más de una espiga por planta.

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).

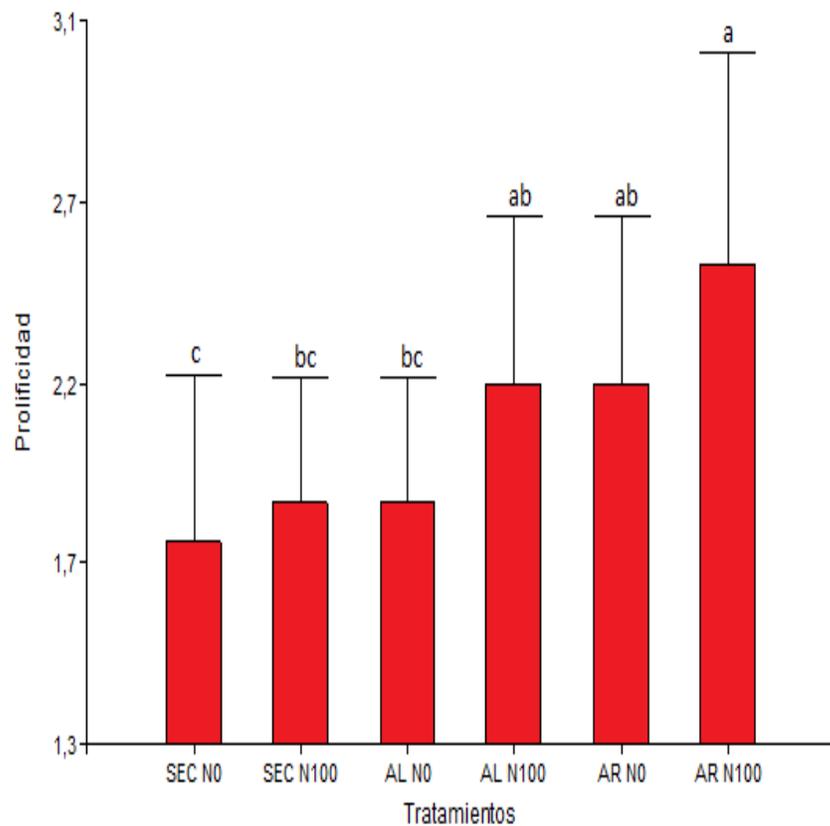


Figura 15: Prolificidad espigas por planta para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

En este ensayo de investigación, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre un mismo tratamiento cuando se elevó la dosis de nitrógeno. Como se observa en la gráfica, comparando los distintos tratamientos y manteniendo fijo tanto el

factor N0 como N100, solo se observó diferencias estadísticas entre el tratamiento de agua residual (2,5 espigas por planta promedio) y seco (1,8 espigas por planta promedio).

-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. Por tal motivo fue fundamental realizar esta medición que se llevó a cabo en este ensayo, en la Figura 16 se presentan los valores obtenidos, observándose valores de 33 y 34 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ para SEC N0 y N100, 35 y 36 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ para AL y de 36 y 37 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ para los tratamientos AR N0 y N100 respectivamente y sin diferencias significativas dentro de cada tratamiento al elevar la dosis de nitrógeno mediante la fertilización nitrogenada.

Al mantener fijo el factor N0 se observan diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos de condiciones hídricas y calidades de agua, pero al mantener fijo el factor N100, solo se observa diferencias estadísticas entre el tratamiento de seco y los tratamientos con agua residual y agua limpia, sin presentarse diferencias entre estos últimos.

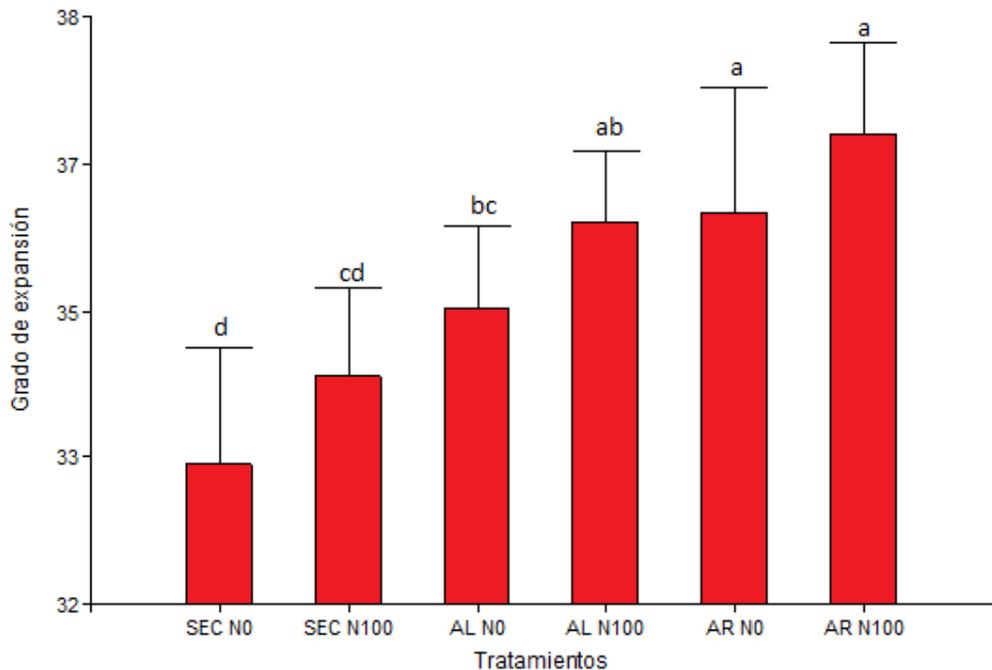


Figura 16: Grado de expansión de los granos, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

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 aumenta, 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).

-Tamaño de la espiga

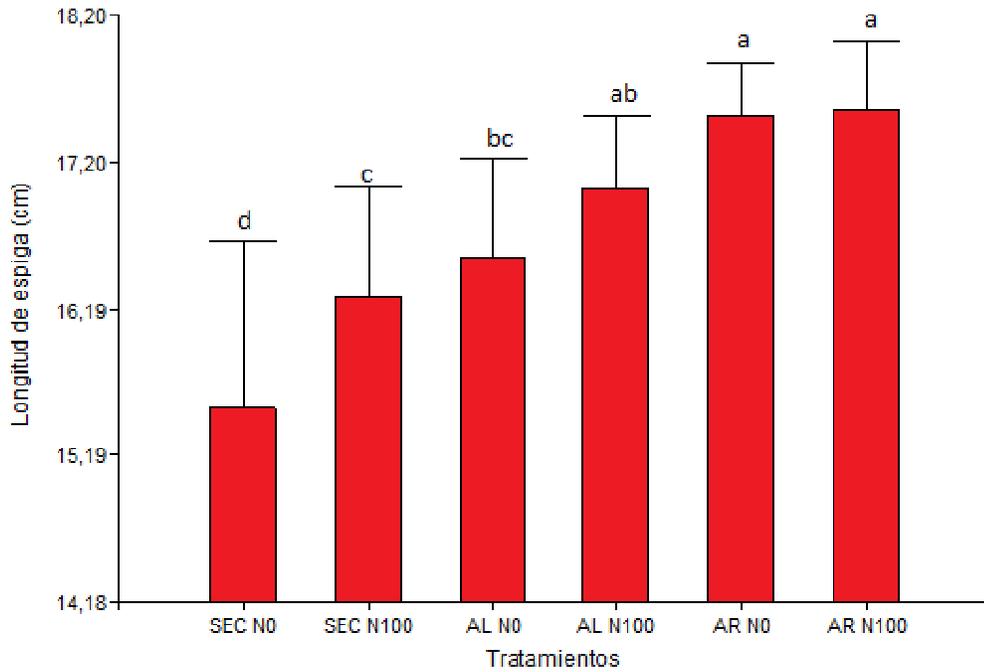


Figura 17: Longitud de la espiga para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

Si se mantiene fijo el factor N0 y comparamos los tratamientos, se puede concluir que hay diferencias estadísticas para la variable longitud de la espiga, siendo el tratamiento con agua residual el que arroja la mayor longitud promedio de espiga (17,51 cm) seguido por agua limpia (16,55 cm) y secano (15,51 cm) . Cuando mantenemos fijo N100 y comparamos los tratamientos no se observan diferencias estadísticas entre agua residual y agua limpia, pero si entre estos dos tratamientos y secano.

De acuerdo a los resultados del análisis se concluye entonces que los efectos de condición hídrica y calidad de agua actúan de manera independiente. De esta manera, se prueban las H0 para cada factor por separado. El p-valor para condición hídrica es altamente significativo ($p < 0,0001$) concluyendo que el factor condición hídrica influye en la longitud de la espiga. Por otro lado, el p-valor para calidad de agua es significativo ($p = 0,0365$) con lo cual se concluye, por lo tanto, que el factor calidad de agua también influye en la longitud de la espiga.

Es posible observar que para esta variable en estudio solo se diferencia estadísticamente el tratamiento de secano al aumentar la dosis de nitrógeno, no observándose estas diferencias dentro de los demás tratamientos (agua limpia y agua residual).

-Peso de la espiga

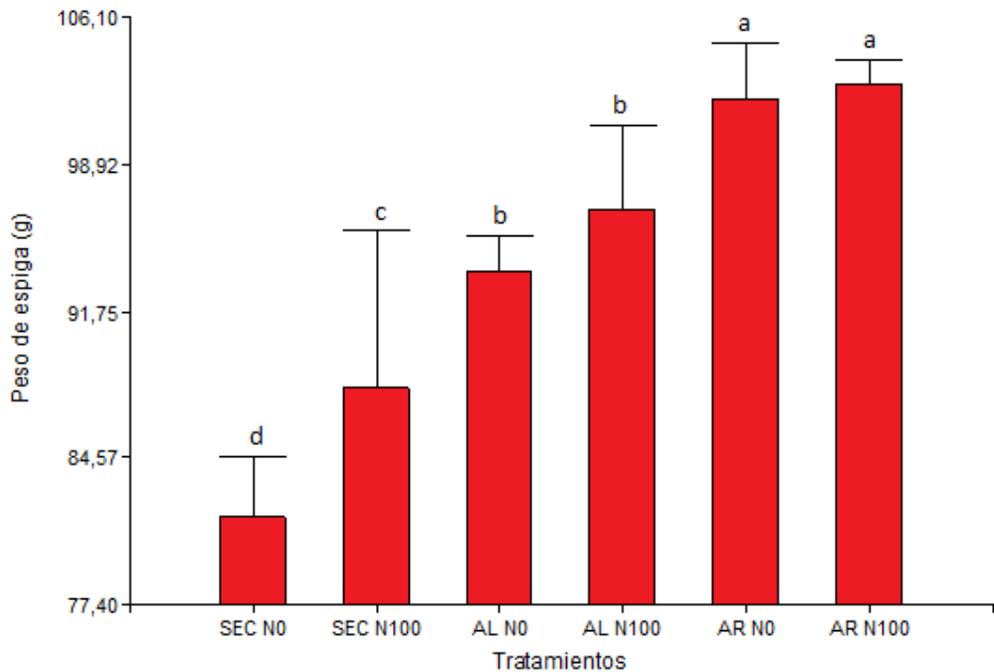


Figura 18: Peso de la espiga para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

En la Figura 18 se observa que, solo el tratamiento en secano presento diferencia estadística en el peso promedio de la espiga al aplicar fertilizante nitrogenado, no existiendo esas diferencias en lo que respecta a los tratamientos de calidades de agua (agua residual y agua limpia) al fertilizar con nitrógeno.

Si comparamos los tratamientos manteniendo fijo tanto el factor N0 como N100, se puede concluir que existen diferencias estadísticas con respecto a la variable peso de la espiga.

-Altura de inserción de la espiga

Esta variable va a depender de la altura de la planta, la cual se halla determinada genéticamente dependiendo de la variedad; existen genes que conducen a una mayor o menor altura de la planta y las condiciones ambientales hacen que los mismos se expresen en mayor o menor proporción, dando por consiguiente una mayor o menor altura de inserción de la espiga (Gerage, 1991).

Los resultados del análisis permiten determinar que hay diferencias estadísticas dentro de cada tratamiento cuando se aumenta la dosis de nitrógeno, como también entre los tratamientos independientemente del factor que se mantenga fijo.

Como se observa en la Figura 19, la mayor altura de inserción de la espiga se observa en el tratamiento AR N100 (173,80 cm) seguido por el AL N100 (152,20 cm) y AR N0 (135cm).

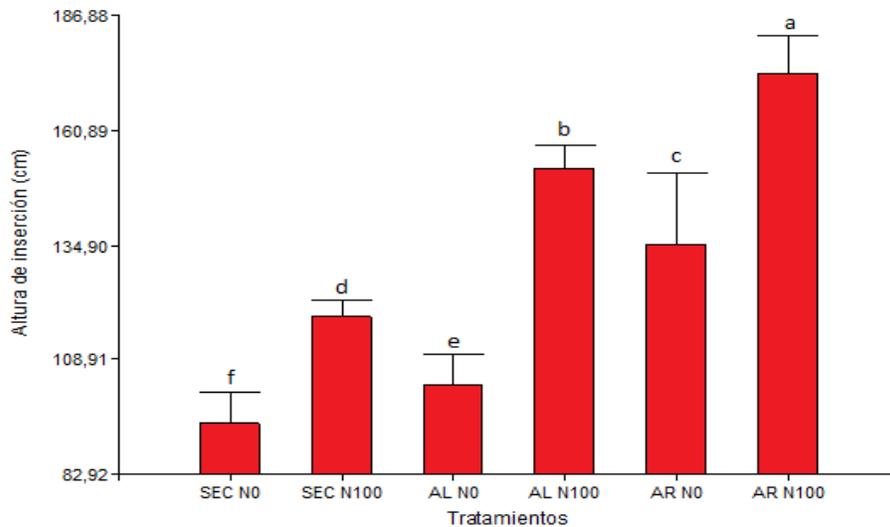


Figura 19: Altura de inserción de la espiga para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

-Hileras de granos por espiga

El valor p del factor condición hídrica como el valor p del factor calidad de agua no son significativos, por lo tanto no influyen en el número de hileras de granos por espigas.

De esta manera se observa que no hay diferencias estadísticas entre los mismos tratamientos al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado, como tampoco al comparar distintos tratamientos manteniendo fijo el factor N0; pero si mantenemos fijo el factor N100 y comparamos los tratamientos, se observa un leve aumento en el tratamiento con agua residual (15,9 hileras) con diferencias significativas solo al tratamiento seco (14,88 hileras).

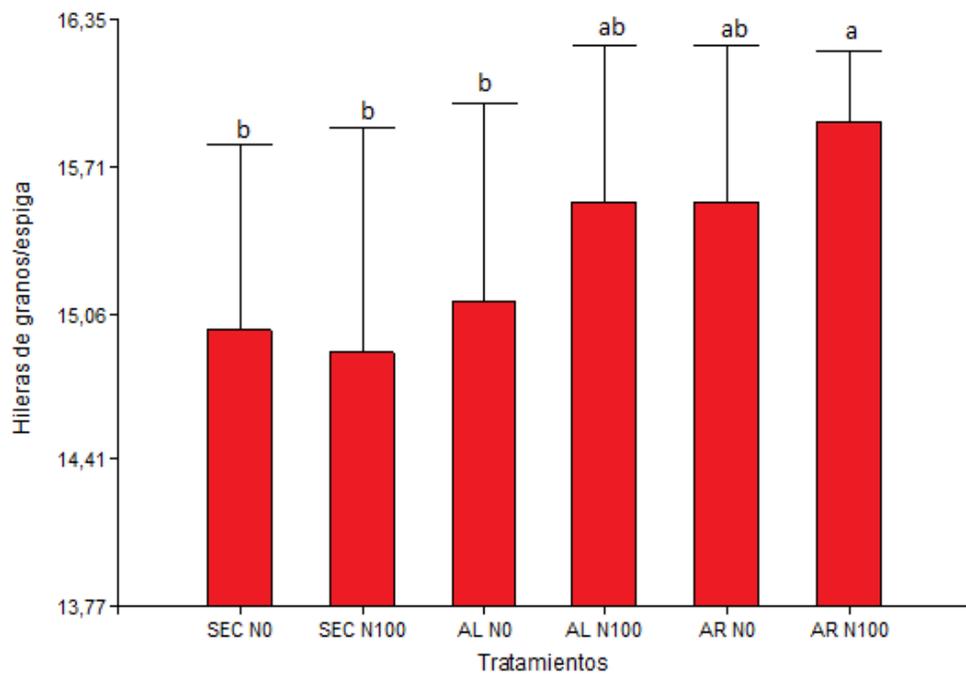


Figura 20: Hileras de granos por espiga para diferentes condiciones hídricas y calidades de agua, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

-Rendimiento de 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).

Analizando la producción del cultivo para los distintos tratamientos, independientemente de la dosis de N aplicada (Figura 21), las parcelas regadas con agua residual supera en 13 % a las regadas con agua limpia y en 38 % al cultivo de secano, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

Cuando no se aplicó fertilizante nitrogenado, el mayor rendimiento promedio fue de 4724 kg ha⁻¹ y se logró cuando se regó con agua residual, diferenciándose estadísticamente a los tratamientos AL con 4142 kg ha⁻¹ y SEC con 2852 kg ha⁻¹. Ahora si se analizan las variaciones de producción teniendo en cuenta la dosis de N y solo para los tratamientos regados, el mayor rendimiento promedio se obtuvo con ART con un rendimiento de 5200 kg ha⁻¹ superando en un 13 % al maíz regado con agua de perforación con un rendimiento promedio de 4490 kg ha⁻¹.

En condiciones de secano el mayor rendimiento promedio se obtuvo cuando se aplicó una dosis de 100 kg ha⁻¹ de N siendo estadísticamente significativo respecto al cultivo en iguales condiciones que no recibió N (N0).

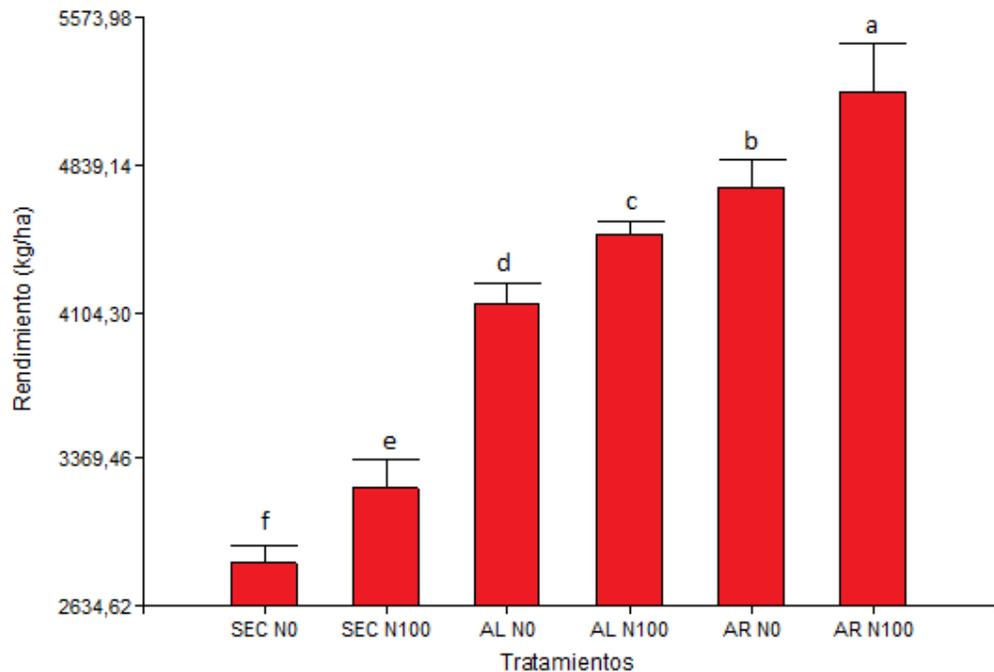


Figura 21: Rendimiento kg ha⁻¹ en distintos tratamientos, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

CONCLUSION

- La utilización de efluentes urbanos tratados y la aplicación como fuente de agua y nutrientes, es considerado como un avance tecnológico otorgando sustentabilidad al agroecosistema, disminuyendo la contaminación ambiental y logrando mejorar los rendimientos para el cultivo de maíz pisingallo.

- El mayor rendimiento con agua residual tratada en el cultivo de maíz pisingallo, se debe al aporte conjunto de macronutrientes (N, P, K), nutrientes secundarios (Ca, Mg, S) y micronutrientes, logrando una “fertilización” balanceada (Crespi *et al.*, 2005).

- A pesar de ser un solo año de ensayo, se ha comprobado en maíz pisingallo la eficiencia en el uso del agua residual y la no necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados para obtener elevados rendimientos; no obstante será necesario seguir investigando con este cultivo a los fines de tomar decisiones definitivas y comprobadas estadísticamente.

- El riego en el cultivo de maíz pisingallo representa una alternativa viable ya que contribuiría a asegurar las cosechas en algunas zonas con variabilidad climática, quedando demostrado en este trabajo de investigación diferencias estadísticas con respecto al cultivo en condición de secano.

- En relación a la producción de maíz pisingallo y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que es aconsejable redireccionar el destino del agua, pudiendo usar para este cultivo solo agua residual tratada y el agua de perforación destinarla a consumo humano.

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.
- 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. y IDELOVITCH E. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. *J. Irrig. & Drainage Eng.* 113: 516-535.
- 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 diazótrofos 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.
- 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.*
- FASCIOLO, G. E.; E. GABRIEL; F. TOSI y M. I. MECA. 2002. Rendimiento de los cultivos de ajo y cebolla regados con efluentes domésticos tratados. XIX Congreso Nacional del Agua. Córdoba. Argentina. Pp 31-40.
- FERRARIS, G.; L. COURETOT y J.C. PONSÁ. (2004). Respuesta a la fertilización nitrógeno-azufre 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.
- GERAGE, C. 1991. A cultura do milho no Paraná. Londrina, BR: Iapar. 271 p. (Circular n° 68).
- 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 reúso 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.

- GROSSO, L.; RICAGNI A.; RAMOS D. y R. CRESPI 2006. Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.), riego con efluentes urbanos tratados y fertilización con nitrógeno. XXIV. Congreso Argentino de Horticultura. Catamarca, Argentina.
- 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.
- 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.
- 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.
- PRESELLO, D. 2007. Evaluación de cultivares de maíz pisingallo. “Rendimientos y expansión de granos”. En: permaiz@pergamino.inta.gov.ar
- 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.
- SAENZ FORERO, R. 2006. Uso de aguas residuales tratadas en agricultura y acuicultura. Modernización y avances en el uso de aguas negras para la irrigación. Intercambio de aguas uso urbano y riego. Pág. 267
- 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 pHe 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
- 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. Disponibleen: <http://www.popcorn.org>.
- VEGA, B.; J. SVECNJAK;M. KNEZEVIC y D. GRBESA. (2004). Performans of prolific and nop prolific maize hybrids under reduce-input cropping sistem. *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: Numero de granos por espigas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº granos/espiga	60	0,63	0,60	6,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	83169,24	5	16633,85	18,35	<0,0001
Tratamiento	83169,24	5	16633,85	18,35	<0,0001
Error	48948,48	54	906,45		
Total	132117,72	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=26,99454

Error: 906,4533 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
SECANO N0	445,20	10	9,52	A	
SECANO N100	461,90	10	9,52	A	
AGUA LIMPIA N0	507,34	10	9,52		B
AGUA LIMPIA N100	510,66	10	9,52		B
AGUA RESIDUAL N100	527,36	10	9,52		B C
AGUA RESIDUAL N0	554,35	10	9,52		C

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

Cuadro 2: Peso de los granos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000 granos	60	0,65	0,62	4,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4326,03	5	865,21	20,22	<0,0001
Tratamiento	4326,03	5	865,21	20,22	<0,0001
Error	2310,92	54	42,79		
Total	6636,95	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,86542

Error: 42,7948 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
SECANO N0	140,10	10	2,07	A		
AGUA LIMPIA N0	155,00	10	2,07		B	
AGUA RESIDUAL N0	156,63	10	2,07		B	
SECANO N100	159,10	10	2,07		B	C
AGUA RESIDUAL N100	164,70	10	2,07			C D
AGUA LIMPIA N100	165,90	10	2,07			D

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

Cuadro 3: Prolificidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Prolificidad	60	0,28	0,21	19,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,48	5	0,70	4,13	0,0030
Tratamiento	3,48	5	0,70	4,13	0,0030
Error	9,10	54	0,17		
Total	12,58	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,36807

Error: 0,1685 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
SECANO N0	1,80	10	0,13	A		
SECANO N100	1,90	10	0,13	A	B	
AGUA LIMPIA N0	1,90	10	0,13	A	B	
AGUA LIMPIA N100	2,20	10	0,13		B	C
AGUA RESIDUAL N0	2,20	10	0,13		B	C
AGUA RESIDUAL N100	2,50	10	0,13			C

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

Cuadro 4: Tamaño de la espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de espiga (cm)	60	0,54	0,50	4,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30,78	5	6,16	12,69	<0,0001
Tratamiento	30,78	5	6,16	12,69	<0,0001
Error	26,19	54	0,49		
Total	56,98	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,62445

Error: 0,4851 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.				
SECANO N0	15,51	10	0,22	A			
SECANO N100	16,28	10	0,22		B		
AGUA LIMPIA N0	16,55	10	0,22		B	C	
AGUA LIMPIA N100	17,02	10	0,22			C	D
AGUA RESIDUAL N0	17,51	10	0,22				D
AGUA RESIDUAL N100	17,55	10	0,22				D

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

Cuadro 5: Peso de la espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de espiga (g)	60	0,80	0,78	4,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3387,90	5	677,58	41,90	<0,0001
Tratamiento	3387,90	5	677,58	41,90	<0,0001
Error	873,30	54	16,17		
Total	4261,21	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,60570

Error: 16,1723 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
SECANO N0	81,66	10	1,27	A	
SECANO N100	87,95	10	1,27		B
AGUA LIMPIA N0	93,72	10	1,27		C
AGUA LIMPIA N100	96,75	10	1,27		C
AGUA RESIDUAL N0	102,05	10	1,27		D
AGUA RESIDUAL N100	102,81	10	1,27		D

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

Cuadro 6: Altura de inserción de la espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de inserción (cm)	60	0,91	0,91	6,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45651,92	5	9130,38	115,38	<0,0001
Tratamiento	45651,92	5	9130,38	115,38	<0,0001
Error	4273,24	54	79,13		
Total	49925,16	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,97599

Error: 79,1340 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
SECANO N0	94,48	10	2,81	A	
AGUA LIMPIA N0	102,90	10	2,81		B
SECANO N100	118,40	10	2,81		C
AGUA RESIDUAL N0	135,00	10	2,81		D
AGUA LIMPIA N100	152,20	10	2,81		
E					
AGUA RESIDUAL N100	173,80	10	2,81		

F

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

Cuadro 7: Hileras de granos por espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hileras de granos/espiga	60	0,20	0,13	4,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,95	5	1,59	2,75	0,0274
Tratamiento	7,95	5	1,59	2,75	0,0274
Error	31,17	54	0,58		
Total	39,12	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,68121

Error: 0,5772 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SECANO N100	14,88	10	0,24	A
SECANO N0	14,98	10	0,24	A
AGUA LIMPIA N0	15,11	10	0,24	A
AGUA LIMPIA N100	15,55	10	0,24	A B
AGUA RESIDUAL N0	15,55	10	0,24	A B
AGUA RESIDUAL N100	15,90	10	0,24	B

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

Cuadro 8: Rendimiento Kg ha⁻¹

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	60	0,97	0,97	3,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	40832448,33	5	8166489,67	409,14	<0,0001
Tratamiento	40832448,33	5	8166489,67	409,14	<0,0001
Error	1077850,00	54	19960,19		
Total	41910298,33	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=126,67341

Error: 19960,1852 gl: 54

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SECANO N0	2852,00	10	44,68	A
SECANO N100	3221,00	10	44,68	B
AGUA LIMPIA N0	4142,00	10	44,68	C
AGUA LIMPIA N100	4490,00	10	44,68	D
AGUA RESIDUAL N0	4724,00	10	44,68	E
AGUA RESIDUAL N100	5200,00	10	44,68	F

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

Cuadro 9: Diseño parcela experimental

	<i>Agua de Perforacion</i>		<i>Agua Residual</i>		<i>Secano</i>	
<i>Bloque 1</i>	N0	N100	N0	N100	N0	N100
<i>Bloque 2</i>						
<i>Bloque 3</i>						