

TRABAJO FINAL DE INTENSIFICACIÓN

**PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL VALLE MEDIO DEL RÍO NEGRO:
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO POR PULSOS Y
DISTINTAS DENSIDADES DE SIEMBRA**



Alumno: Cesar Matías Ochandorena

Tutor: Dr. Martín Espósito

Consejeros: Dra. Leticia Ithurrart - Ing. Agr. Mag. Pablo Zalba

Asesor externo: Ing. Agr. Verónica M. Favere

Departamento de Agronomía

Universidad Nacional del Sur



Noviembre 2019, Bahía Blanca

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecerles a mis padres, Julio y Adriana, que me educaron, me transmitieron todo el cariño y apoyo incondicional, confiaron en mí, para que hoy pueda culminar esta etapa de mi vida.

También a mis amigos, que son los hermanos que me dio la vida, ya sea aquellos que me acompañan desde la escuela primaria, colegio secundario, el pueblo y lo vivido durante esta etapa universitaria.

A mis abuelos por haberme acompañado siempre, su rol incondicional, transmitiéndome el cariño, enseñándome e inculcándome la pasión por la producción y el campo. Y al resto de la familia que me brindó su apoyo y me incentivo para seguir adelante.

A la Universidad Nacional del Sur y especialmente al Departamento de Agronomía.

Al Dr. Martín Espósito por ser el tutor de la tesina, por su cordialidad, disponibilidad y dedicación, brindándome todos sus conocimientos para la realización de este trabajo.

A la Dra. Leticia Ithurrart por ser consejera de la tesina y brindar su tiempo y conocimiento en la estadística utilizada.

Al Ing. Agr. Mag. Pablo Zalba por ser consejero de la tesina, aportar su tiempo y conocimiento de suelos y ayudarme con el procesamiento de muestras de suelos en el Laboratorio de Suelos Salinos-Sódicos de la UNS.

A la Ing. Agr. Verónica M. Favere por ser parte de este trabajo como asesora externa, acompañando y ayudándome con el procesamiento de muestras de maíz en la Agencia de Extensión Agropecuaria Valle Medio (Luis Beltrán, Río Negro).

Al resto de ingenieros y técnicos que trabajan en la Agencia de Extensión Agropecuaria Valle Medio, por su cordialidad durante mi estadía en el procesamiento de muestras de maíz.

Al Ing. Agr. Carlos Degele por su aporte en este trabajo en cuanto a conocimientos de suelos de la región del Valle Medio del río Negro.

Al Ing. Agr. Gastón Pérez, a la Ing. Agr. Irene Cibanal y a la Ing. Agr. Nazarena Starnone por su disponibilidad, su predisposición y ayuda durante este trabajo.

A todos los que directa o indirectamente ayudaron a la realización de esta tesina y que no aparecen mencionados aquí.

INDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCION	7
OBJETIVOS	10
Objetivos generales.....	10
Objetivos particulares	10
MATERIALES Y METODOS.....	11
Sitio de estudio.....	11
Ubicación geográfica	11
Clima.....	11
Suelo.....	12
Características generales, historia de uso y manejo	12
Diseño experimental	14
Siembra del maíz	15
Fenología y manejo del cultivo	15
Fertilización	16
Control de Malezas.....	16
Necesidad hídrica del maíz.....	17
Eventos de riego.....	18
Determinación del frente húmedo	21
Determinaciones sobre el cultivo.....	22
Coeficiente de logro	22
Muestreo de espigas	22
Procesamiento de las muestras	23
Análisis estadístico	23
RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
Muestras de las Calicatas	24
Análisis del suelo	27
Análisis del agua	27
Estimación de las necesidades hídricas del maíz	27
Eventos de riego del cultivo	29
Perfil húmedo del suelo	30

Emergencia, implantación y seguimiento del cultivo	31
Control de malezas.....	32
Rendimiento.....	33
Rendimiento total	33
Prolificidad.....	34
Componentes de rendimiento	35
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	40
BIBLIOGRAFIA.....	41
APENDICE	45
Maíz Híbrido I-550 VT TRIPLE PRO	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del establecimiento donde se realizó el ensayo.	11
Figura 2. Ubicación de la parcela de ensayo.....	13
Figura 3. Diseño experimental.	14
Figura 4. Estadios fenológicos del maíz y determinación de los componentes de rendimiento (http://suntech.agr.br/es/portfolio/milho/).	16
Figura 5. Cantidad de agua por melga (l) para mezclar la dosis de herbicida.	17
Figura 6. Cálculo de la cantidad de herbicida/melga.	17
Figura 7. Perfil humedo del suelo.	22
Figura 8. Tarjetas de identificación de las muestras.	23
Figura 9. Número de plantas sembradas y logradas en las densidades media y baja. Densidad Media Zonal (DMZ), Baja Densidad de Siembra (BDS).....	31
Figura 10. Rendimientos promedios obtenidos de ambas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras iguales indican que no existe diferencia significativa.....	33
Figura 11. Prolificidad del material para las distintas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.....	34
Figura 12. Número de granos por espiga para Densidad Media Zonal (DMZ). Espiga primaria (E1) y Espiga secundaria (E2). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.	35
Figura 13. Número de granos por espiga para Baja Densidad de Siembra (BDS). Espiga primaria (E1) y Espiga secundaria (E2). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.....	35
Figura 14. Número de granos por espigas en Espigas primarias (E1) para ambas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.	36

Figura 15. Número de granos por espigas en Espigas secundarias (E2) para ambas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.	36
Figura 16. Peso de 1000 granos (P1000) en las dos espigas. Espigas primarias (E1), Espigas secundarias (E2). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.	37
Figura 17. Peso de 1000 granos (P1000) en las dos densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala fenológica de maíz.	15
Tabla 2. Descripción de la Calicata 1. Número de capas, profundidad, espesor y características morfológicas de las mismas.	25
Tabla 3. Descripción de la Calicata 2. Número de capas, profundidad, espesor y características morfológicas de las mismas.	26
Tabla 4. Resultados químicos de las muestras de suelo.	27
Tabla 5. Conductividad eléctrica y pH del agua del acuífero freático.	27
Tabla 6. Valores obtenidos del Cropwat de los siguientes parámetros: Evapotranspiración del cultivo de maíz (ETc), Precipitación efectiva (Pe), Requerimiento Neto de agua (Req. Neto) y Requerimiento Bruto de agua (Req. Bruto).	29
Tabla 7. Parámetros empleados para el cálculo de la Lámina Neta. Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP), Densidad aparente (Da), Profundidad (p) y Factor de reposición (f. rep.).	29
Tabla 8. Diferencia de eficiencia de aplicación del riego tradicional y tratamientos de 2-3 pulsos expresada en porcentaje. Números de color naranja representan el primer riego y los verdes el segundo.	30
Tabla 9. Registro de estadios fenológicos del cultivo a lo largo de su ciclo y de los momentos de fertilización, aplicación de herbicida y riegos.	32
Tabla 10. Características del Maíz híbrido I-550 VT3P.	45

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Determinación del rendimiento de maíz.	16
Ecuación 2: Fórmula de tiempo total de riego.	19
Ecuación 3. Fórmula de caudal total.	20
Ecuación 4. Fórmula de lámina neta.	20
Ecuación 5. Fórmula de lámina bruta.	20
Ecuación 6. Fórmula de caudal.	21
Ecuación 7. Fórmula de eficiencia de aplicación.	21

RESUMEN

Consecuencia del cambio climático, el agua es y será un recurso cada vez más escaso para el desarrollo de la agricultura y se deberán incrementar las eficiencias de riego, sobre todo, en el método gravitacional que es el más utilizado en el Valle Medio del río Negro. A sabiendas que el maíz es una especie con elevados requerimientos hídricos, condicionado por sus densidades de siembra y que ha tenido una notable expansión en los últimos años en la zona, se plantean los siguientes objetivos: (1) comparar la eficiencia de aplicación del agua entre el riego tradicional de la zona (caudal continuo) y el riego por pulsos (caudal discontinuo); (2) analizar los rendimientos del cultivo en dos densidades de siembra distintas. El trabajo se llevó a cabo en el establecimiento NA-ÚL, ubicado en la localidad de Choele Choel (Río Negro), sobre un diseño estadístico de Bloques Cruzados. Se construyeron 7 melgas que son interceptadas por 6 bloques, a fin de comparar las eficiencias de aplicación del agua obtenidas por los distintos pulsos de riego con respecto al riego tradicional y evaluar los componentes del rendimiento en las diferentes densidades de siembra. El material analizado corresponde a un híbrido de maíz (I550 VT TRIPLE PRO) prolífico, de ciclo corto y sembrado muy tarde (6 de enero). Los resultados en la comparación de la eficiencia entre los dos métodos de riego, indicaron un incremento de la eficiencia de aplicación del agua de hasta 15% en el tratamiento donde el recurso se distribuye en tres pulsos. Esta técnica empleada indica que con una mínima práctica de riego se pueden alcanzar mejores eficiencias de aplicación sin la necesidad de cambiar a los otros sistemas de riego presurizados de mayor costo de adquisición. Los rendimientos obtenidos del híbrido de ciclo corto, bajo las condiciones del ensayo resultaron altamente satisfactorios en ambas densidades de siembra, sin producirse diferencias significativas. Este material sembrado a una baja densidad expresó su prolificidad incrementando la producción de espigas secundarias, con mayor número de granos/espiga y de mayor peso. Bajo estas condiciones de manejo, el cultivo de maíz resultaría más atractivo para los productores de la zona, ya que les permitiría reducir el costo de la semilla y realizar otro cultivo en el mismo año calendario, aumentando así la rentabilidad de la actividad agropecuaria de sus establecimientos.

INTRODUCCION

La población mundial podría llegar a los 9.100 millones de habitantes en el año 2050, aumentando las exigencias de cantidad y calidad de los alimentos demandados. Como consecuencia, debe existir un incremento significativo de los rindes de los cultivos y las áreas cultivadas bajo riego. La expansión de la superficie cultivada se encuentra limitada por la calidad y disponibilidad del recurso hídrico. Por lo tanto, el aumento de la producción agrícola debe proceder de tierras que ya están en uso, haciendo más eficiente la utilización de los recursos limitados, entre éstos, el agua (ONU, 2005; FAO 2002 y 2004).

La oferta del recurso hídrico para el desarrollo de la agricultura es cada vez más escasa, consecuencia del cambio climático y por este motivo, las diferentes técnicas de riego que se adopten, deben incluir un mejoramiento de la eficiencia global del uso del agua, a los efectos de satisfacer los requerimientos hídricos de cultivos en sus períodos críticos (Debaeke y Aboudrare, 2004). Sagardoy (2001) expuso que para el año 2030 la agricultura de regadío mundial tendría que aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego del 43% al 50%, a fin de lograr un uso más razonable de dicho recurso.

En Argentina, la superficie bajo riego es actualmente de alrededor de 2.200.000 ha, donde la mitad se desarrolla en las regiones semiáridas y áridas, como son los valles andinos de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero, San Juan, Mendoza, sur de las provincias de La Pampa y Buenos Aires, Neuquén, Chubut y Río Negro. El 70% de estas áreas son regadas por el método superficial o gravitacional, con valores de eficiencia de riego muy inferiores al 50% (Chambouleyron, 2008; PROCISUR, 2009; Zappi, 2012).

La Provincia de Río Negro tiene una superficie de 203.013 Km² y sus recursos hídricos están constituidos por ríos (Río Colorado, Río Negro y Río Manso) y lagos (Nahuel Huapi, Mascardi y Steffen). El río Negro, constituye una de las cuencas hídricas más importante de Argentina. Nace de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén, atraviesa la provincia a lo largo de 720 km en dirección noroeste sudeste, recorriendo en su tramo inferior la provincia de Buenos Aires. Este río drena un área de 125.500 km² desembocando finalmente en el océano Atlántico, a sólo 30 Km de Viedma, la capital de la provincia de Río Negro. Tiene un módulo medio anual de 800 m³/seg de excelente calidad de agua que no es aprovechada en su totalidad (FAO, 2015).

Su cuenca se divide en tres sectores, el Alto Valle, desde la naciente del río hasta la localidad de Chelforó; Valle Medio, desde el último punto hasta Fortín Castre y Valle Inferior, desde Fortín Castre hasta la desembocadura. El Valle Medio, abarca una superficie de aproximadamente 240.000 ha potencialmente cultivables que se encuentran sobre ambas márgenes del río. Dentro de sus límites existen siete localidades: Chimpay, Coronel Belisle, Darwin, Choele Choel, Fray Luis Beltrán, Lamarque y Pomona, las últimas tres situadas dentro de una gran isla, denominada Isla Grande de Choele Choel, que rodean dos brazos del Río Negro (brazos Norte y Sur).

En el Valle Medio el método de riego tradicional mayormente utilizado es el gravitacional y el manejo consiste en aplicar el agua necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo (CC), para luego de un intervalo de tiempo, realizar una nueva aplicación hasta el nivel mencionado, sin un control preciso de la cantidad de agua aplicada por parte del productor (Reinoso, 2014).

El concepto del riego gravitacional se basa en la aplicación del agua al suelo utilizando como energía movilizadora la gravedad. La lámina de agua que necesita el cultivo se aplica sobre el suelo provocando un escurrimiento superficial que cubre en forma parcial (surcos) o total (melgas) la superficie del suelo. El avance del agua se produce lentamente, con lo cual la oportunidad de infiltración es grande en los primeros tramos y se reduce progresivamente a lo largo del recorrido. Para lograr un suministro de agua adecuado en los tramos finales se producen grandes pérdidas por percolación en la cabecera de los surcos o melgas (Fuentes Yagüe, 1999).

El periodo del servicio de riego comienza en el mes de agosto y termina en el mes de mayo, coincidiendo con la época de mayor demanda hídrica atmosférica de los cultivos que se realizan en el valle. Los riegos son permanentes y cada evento es realizado con una frecuencia aproximada de una vez por semana o cada quince días, dependiendo del cultivo, tipo de suelo y del turnado de riego establecido por el consorcio. Bajo estas condiciones, según estudios realizados por Agua y Energía Eléctrica (1987), los productores riegan antes de que se haya consumido el 50 % del agua útil para las plantas, produciendo excedentes que llegan al sistema de drenaje, lo que disminuye considerablemente la eficiencia del uso del agua (Reinoso, 2014).

La amplia presencia del riego por gravedad justifica la necesidad de hacer un uso más eficiente del agua a nivel de parcela y una de las técnicas que se podría implementar es el método de caudal discontinuo o riego por pulsos (*surge flow*), que permite el ahorro de agua y energía, con bajos costos de inversión y mantenimiento. Esta técnica fue desarrollada en Estados Unidos a fines de la década de los 70 y mejora la eficiencia del riego gravitacional, minimizando las pérdidas por percolación profunda en la cabecera y escurrimientos al pie del surco o melga, que mejoran la distribución del agua (Clemmens, 1998; Romay y Morábito, 2000; Beláustegui, 2010).

Las condiciones óptimas de temperatura, heliofanía, agua y suelo que se dan en el Valle Medio permiten realizar diversos cultivos frutícolas, hortícolas, pasturas perennes, verdes, etc. Entre ellos, la producción de maíz (*Zea mays* L.) ha incrementado la superficie de siembra de manera considerable en estos últimos años, impulsada por la demanda de granos, consecuencia de la inclusión del maíz a la dieta de animales confinados, los altos costos de fletes provenientes de las zonas núcleos maiceras y al aumento de la producción ganadera. Esta última, debido al incremento de los precios de la carne por ser una región libre de aftosa y libre de vacunación, a partir del año 2013 con el nuevo desplazamiento de la barrera Zoofitosanitaria hasta el río Colorado (De Placido *et al.*, 2005).

Las variables antes mencionadas, sumado a la mala situación económica de la fruticultura desde hace varios años, está modificando la producción agrícola-ganadera de la zona. Los productores comenzaron a destinar una mayor superficie a la siembra de maíz, con la finalidad de asegurarse un alimento de alto valor energético para la terminación de vacunos a corral (feedlot), y a su vez darle valor agregado a la producción de este grano (De Placido *et al.*, 2005).

Al momento de producir maíz, un manejo correcto de la densidad de siembra, asegura la obtención de coberturas vegetales que permitan lograr una interceptación máxima de luz en los momentos en que ésta tiene mayor impacto sobre los rendimientos. Este cultivo es muy sensible a los cambios de densidad y por ello el ajuste de la misma es muy importante, ya que no presenta mecanismos de compensación frente a cambios en el número de plantas por unidad de superficie como lo hacen otros cultivos (aumentando el área foliar a través del macollaje el trigo, la ramificación la soja, o la expansión foliar el girasol). En consecuencia, si la densidad de siembra no es la adecuada, habrá competencia o subutilización de recursos que concluirán en rendimientos bajos (HSBC Agribusiness, 2000).

Sabiendo que (1) en la región el riego es gravitacional, con eficiencias muy bajas; (2) el maíz es una especie anual, de crecimiento estival, con elevados requerimientos hídricos que coinciden con la época del año de mayor demanda hídrica atmosférica (verano); (3) los mayores rendimientos serán condicionados por la densidad de siembra; y (4) la zona garantiza condiciones adecuadas de luz, agua y nutrición, se plantearon los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivos generales

1. Comparar la eficiencia de aplicación del riego tradicional de la zona (caudal continuo) respecto del riego por pulsos (caudal discontinuo), ambos métodos gravitacionales.
2. Analizar los rendimientos de un cultivo de maíz de ciclo corto, prolífico, bajo riego, sembrado a dos densidades distintas.

Objetivos particulares

1. Determinar las necesidades hídricas del maíz para la zona de estudio.
2. Analizar los parámetros físicos y químicos del suelo de la parcela.
3. Evaluar el desempeño del híbrido (I550 VT TRIPLE PRO) en la zona para una siembra tardía.
4. Generar información sobre el manejo del cultivo de maíz en la región que sea de utilidad para los productores.

MATERIALES Y METODOS

Sitio de estudio

Ubicación geográfica

El estudio se realizó en un lote del establecimiento “NA-ÚL” ubicado en la zona rural “La Rinconada” (**latitud: 39°17'43,36" S, longitud: 65°42'57,60" O**) situada en una de las islas del río Negro denominada “Isla grande de Choele Choe”, dentro de la región del Valle Medio, perteneciente al departamento de Avellaneda de la provincia de Río Negro, norte de la Patagonia, Argentina (Figura 1).

El establecimiento está ubicado sobre un camino vecinal de asfalto que une las localidades de Choele Choe y Fray Luis Beltrán, a una distancia equidistante (4 km) de ambas localidades.

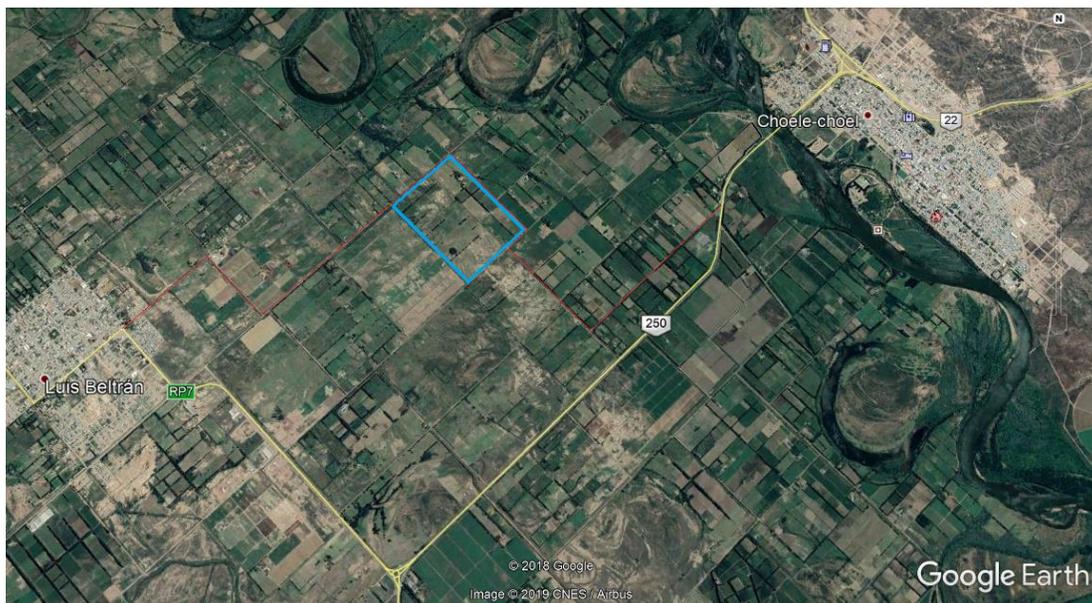


Figura 1. Ubicación geográfica del establecimiento donde se realizó el ensayo.

Clima

El clima del Valle Medio del Río Negro es semiárido a árido (Burgos, 1963), con un promedio de lluvias de 308 mm anuales (serie 1971-2000, informe INTA Alto Valle), siendo la estación más lluviosa el otoño (febrero-marzo-abril) y la más seca el invierno (julio). La humedad relativa mínima anual promedio es de 41,1 % y la máxima de 75,4 %, con valores mínimos y máximos, en primavera-verano y junio, respectivamente.

La región presenta una gran amplitud térmica diaria y estacional. La temperatura media anual es de 15°C, siendo el mes más frío julio (6,8°C) y el mes más cálido enero (23,0°C).

Las temperaturas mínima y máxima media para el mes más frío y cálido son de 0,5°C y 13,4°C en julio y de 14,6°C y 31,4°C en enero; siendo las mínimas y máximas absolutas de -15,3°C y 41°C, respectivamente. Los vientos predominantes soplan desde el oeste. El periodo libre de heladas es de 210 días si se toma como referencia la temperatura en el abrigo meteorológico y de 161 días a los 5 cm del suelo (Starnone, 2017).

Suelo

En la región del Valle Medio existen dos unidades ambientales bien contrastantes respecto de sus génesis, procesos y uso del suelo: meseta y valle. El sitio de estudio está ubicado en la región del valle. Esta corresponde a una geoforma de origen aluvial, donde la vegetación original ha sido suplantada por cultivos comerciales bajo riego. El río Negro presenta un diseño entre anastomosado y meandroso. A raíz de la profundización de los cauces se han formado distintos niveles de terraza. Esto más la permanente migración lateral del río ha provocado una diversidad horizontal y vertical de los materiales depositados. Por ello, es común encontrar especialmente en las terrazas más modernas variaciones en espacios muy cortos de los depósitos de origen aluvial que conforman las terrazas utilizadas con fines agrícolas (Bertani y Ferrari, 2017).

Características generales, historia de uso y manejo

El establecimiento en la actualidad es propiedad de Rodriguez Adriana M., pero anteriormente fue de sus padres, Rodriguez Carlos A. y Santa Giuliana Margót, quienes lo compraron en el año 1985 y desde ese entonces se lo utiliza para la actividad ganadera. Los recursos forrajeros cultivados son pasturas perennes en base al cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), verdeos invernales, tales como avena (*Avena sativa*) o cebada (*Hordeum vulgare*) y estivales, como sorgo (*Sorghum spp.*) o maíz (*Zea mays* L.).

La superficie del establecimiento es de 100 ha bajo dominio del riego gravitacional, con sus respectivos canales y drenes construidos que se encuentran en funcionamiento. Es importante mencionar que existen varios lotes emparejados con sistema de nivelación de rayo láser y que otros se encuentran sin nivelar, estos últimos destinados a la ganadería de bajos insumos.

La parcela donde se desarrolló el estudio posee una superficie de 1,32 ha, delimitada por alambrados perimetrales de 7 hilos para evitar el ingreso de animales bovinos y ovinos (Figura 2).



Figura 2. Ubicación de la parcela de ensayo.

Para regar esta parcela se utiliza una acequia ubicada paralela a uno de sus alambrados perimetrales (noreste). Entre la acequia y el alambrado hay una fila de álamos (*Populus sp.*) plantados hace varios años que se utiliza como cortina forestal contra los vientos predominantes. En el talud de esta acequia se encuentran los boquetes para el ingreso del agua al lote impulsada por la gravedad, que permiten realizar el riego de los cultivos. Este sistema de ingreso de agua al lote resulta ineficiente por lo que estos derivadores deberían ser reemplazados por compuertas metálicas con sus respectivas estructuras de cemento.

En el pie del lote se encuentra un dren principal que atraviesa el establecimiento en dirección norte-sur, que se encarga de evacuar el agua no utilizada por los cultivos después de cada riego, además de transportar las sales e impedir el ascenso del nivel freático, evitando de esta manera la degradación química y física del suelo. Es importante mencionar que existe una cortina forestal de álamos sobre uno de los laterales de la parcela, que produce sombreado sobre la misma.

En cuanto a la historia de la parcela cabe resaltar que dos años antes de realizar el ensayo se niveló con el sistema de nivelación de rayo láser y sin pendientes en ambos sentidos. Los cultivos antecesores del ensayo fueron maíz para grano y avena para pastoreo directo de novillos durante el periodo invierno-primavera.

La cobertura vegetal del suelo es homogénea, predominando la margarita (*Matricaria recutita*), avena y rastrojos de maíz, siendo esta característica junto a la nivelación, decisivas al momento de seleccionar la parcela utilizada para realizar el ensayo.

Meses previos al ensayo se restringió el pastoreo sobre la parcela seleccionada para luego delimitar el sitio donde se realizarían los trabajos culturales y la construcción de las unidades de riego (melgas). Con ayuda de las imágenes satelitales del Google Earth se diferenciaron dos sectores con coberturas vegetales diferentes.

En cada sector se realizó una calicata, la primera cerca de la acequia, representando la cabera de las unidades de riego y la segunda en sentido opuesto, al pie de estas unidades, ambas aledañas al área delimitada para el ensayo y georreferenciadas con un GPS.

En las calicatas se midió la profundidad del suelo y se realizó la descripción del perfil, tomando las muestras necesarias de cada capa para determinar la textura y a partir de ella obtener otros parámetros físicos. De esta manera, constatar si existen diferencias entre los suelos de estos sectores que puedan interferir en el desarrollo del estudio. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos Salinos-Sódicos perteneciente a la Universidad Nacional del Sur.

Se tomaron muestras de agua de la capa freática en cada una de las calicatas y del curso superficial del río Negro, siendo las mismas llevadas al laboratorio de Hidrología y Riego (UNS) para analizar su conductividad eléctrica (CE) y el pH.

Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado fue de bloques cruzados, donde la unidad de muestreo fue la melga. Cada una de ellas tenía una longitud de 60,00 m, un ancho de 3,50 m y 5 filas de maíz sembradas con una separación de 0,70 m entre ellas. Las melgas entre ellas estaban separadas por 5,14 m. Para el ensayo de eficiencia de riego se emplearon 6 bloques completos con 3 tratamientos (T1: riego tradicional, T2: riego en 2 pulsos y T3: riego en 3 pulsos). Para el estudio de las densidades de siembra se emplearon 6 bloques completos con 2 tratamientos (T1: siembra a densidad media zonal y T2: siembra a baja densidad).

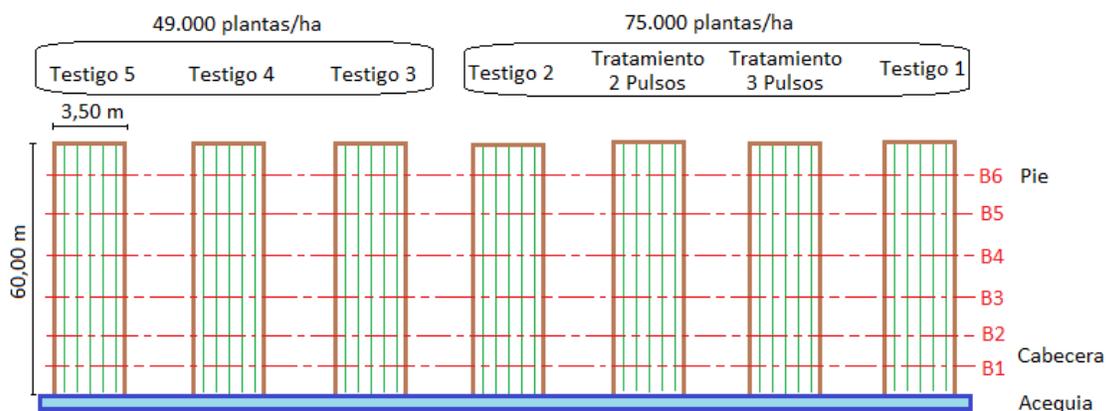


Figura 3. Diseño experimental.

Siembra del maíz

La preparación de la cama de siembra se inició haciendo un desmalezado mecánico para luego realizar dos pasadas de rastra y una de cincel. La última labor que se realizó fue con un vibro-cultivador, dejando el suelo acondicionado para regar y posteriormente sembrar.

La siembra del cultivo se realizó el día 6 de enero de 2017, con una sembradora marca Crucianelli Gringa III de siembra directa con placas, de 7 surcos, distanciados los trenes de siembra a 0,70 m. La sembradora era impulsada por un tractor marca Massey Ferguson 292.

El material utilizado para la siembra fue el híbrido I550 VT TRIPLE PRO, de ciclo corto (102 días a madurez fisiológica) de la empresa ILLINOIS.

Se utilizaron dos densidades de siembra, una representativa de la zona (DMZ) de 75.000 plantas/ha y otra de 49.000 plantas/ha, correspondiente a una baja densidad de siembra (BDS). La profundidad de siembra fue de 5 cm.

La siembra se realizó sobre 7 melgas de 3,50 m de ancho por 60 m de largo (210 m²), con un espaciamiento entre ellas de 5,14 m, a fin de evitar el ingreso de humedad a las melgas aledañas después de la aplicación de cada riego.

De las 7 melgas, 4 fueron sembradas con una densidad de 75.000 plantas/ha y 3 con 49.000 plantas/ha. A su vez, en cada una se sembraron 5 hileras de maíz.

Fenología y manejo del cultivo

Durante el desarrollo del cultivo se realizó un seguimiento de los distintos estadios fenológicos utilizando la escala determinada por Ritchie y Hanway (1982) (Tabla 1) a los efectos de estimar las necesidades hídricas y determinar los componentes de rendimiento (Figura 4). Dicha escala divide al desarrollo de la planta en estadios vegetativos (V) y reproductivos (R).

Tabla 1. Escala fenológica de maíz.

Estadios Vegetativos		Estadios Reproductivos	
VE	Emergencia	R1	Estigmas visibles
V1	Primer hoja	R2	Grano acuoso
V2	Segunda hoja	R3	Grano lechoso
V3	Tercer hoja	R4	Grano pastoso
...		R5	Grano duro
...		R6	Madurez fisiológica
...			
V(n)	Enésima hoja		
VT	Panojamiento		

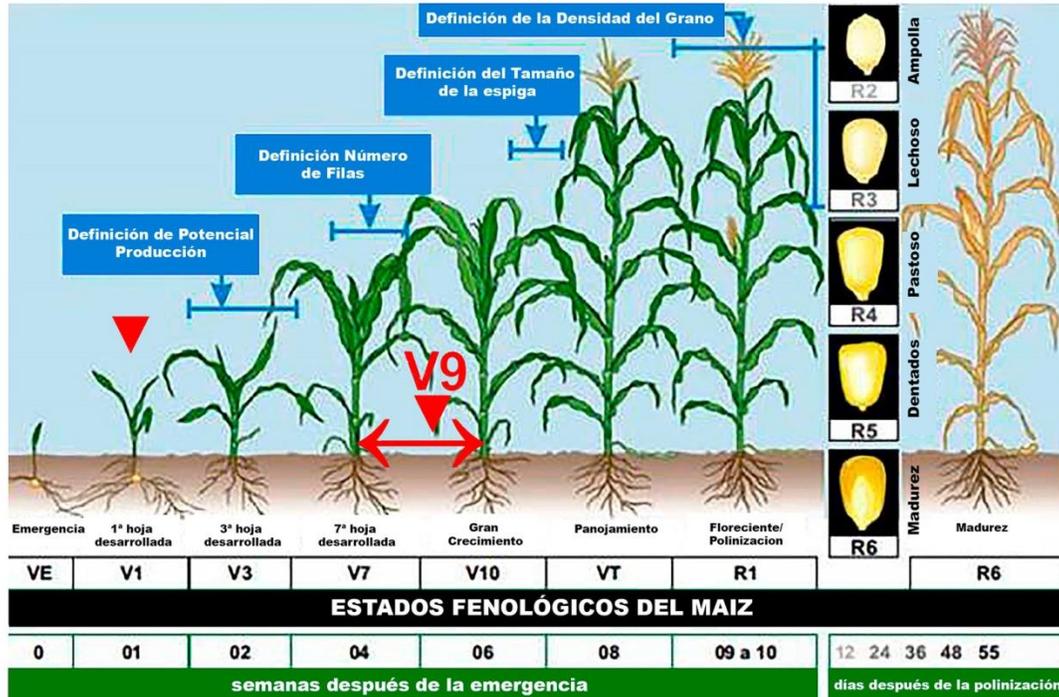


Figura 4. Estadios fenológicos del maíz y determinación de los componentes de rendimiento (<http://suntech.agr.br/es/portfolio/milho/>).

El rendimiento del cultivo de maíz se determinó según la ecuación 1.

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Espigas}}{\text{ha}} * \frac{\text{Hileras}}{\text{Espigas}} * \frac{\text{Granos}}{\text{Hilera}} * \text{Peso del Grano (kg)}$$

Ecuación 1: Determinación del rendimiento de maíz.

Fertilización

El cultivo se fertilizó en tres oportunidades: 1) a la siembra se aplicaron 80kg/ha de MAP (Fosfato Monoámonico, grado 10-50-0) sobre la línea de siembra; 2) en el estadio fenológico V6-V8 se aplicó 150kg/ha de UREA; y 3) en el estadio V10-V12 se aplicaron 150 kg/ha de UREA.

Control de Malezas

El día 22 de febrero de 2017 se aplicó el herbicida Randup Full 2 debido a que el material sembrado es un híbrido resistente al glifosato y la aplicación se realizó con una mochila de accionamiento manual que tenía una capacidad de 20 litros.

El volumen de caldo necesario para cubrir la superficie del ensayo se estimó cargando la mochila con 10 litros de agua y se pulverizó hasta terminar el líquido. Se mojaron 525 m²

equivalentes a la superficie de 2,5 melgas, por lo que a cada melga le corresponderían 4 litros de agua o caldo (Figura 5).

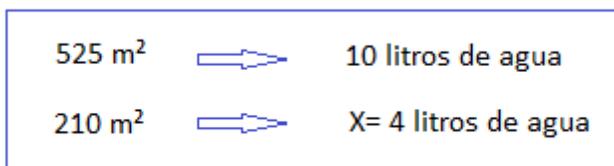


Figura 5. Cantidad de agua por melga (l) para mezclar la dosis de herbicida.

La dosis aplicada de herbicida fue de 4 litros/ha, siendo la más utilizada para este cultivo en la zona, debido a la presencia de gramilla o pata de perdíz (*Cinodon dactylon*). De acuerdo a la superficie que abarca cada melga (210 m²) se aplicó 0,084 litros (84 cm³) de producto para cada una de ellas (Figura 6).

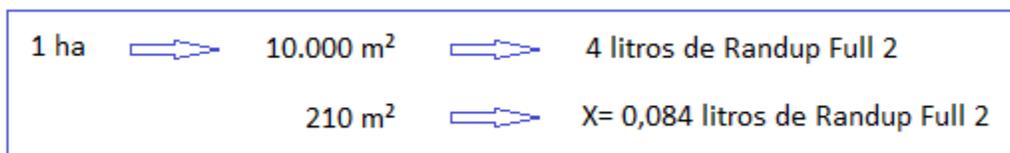


Figura 6. Cálculo de la cantidad de herbicida/melga.

La pastilla utilizada para la aplicación de herbicida fue de abanico plano, serie 110 02 de color amarilla.

Necesidad hídrica del maíz

Para determinar la necesidad hídrica del cultivo se recurrió a la ayuda del programa informático CROPWAT 8.0 que utiliza registros climáticos históricos, datos del cultivo y del suelo de la región a estudiar, desarrollado por la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2002; Allen *et al.*, 2006).

Los registros meteorológicos utilizados fueron tomados de la estación automática de Fray Luis Beltrán. Se seleccionaron los datos de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad, velocidad del viento, insolación, radiación y precipitaciones, correspondientes a las últimas tres décadas disponibles, 1971-1980, 1981-1990 y 1991-2000, lo cual permitió promediar los valores de 30 años.

Este programa utiliza la ecuación de Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_o), que multiplicada por el coeficiente del cultivo (K_c) permite obtener la evapotranspiración del cultivo (ET_c) o necesidad hídrica de la planta.

Los requerimientos netos de riego se calcularon a través de la diferencia entre la ET_c y la precipitación efectiva (P_e), este último término determinado por el método del Servicio de

Conservación de Suelos de Estados Unidos (USDA, 2018; Allen *et al.*, 2006). El requerimiento neto es el agua que necesita el cultivo, pero al momento de aplicarlo estará condicionado por la eficiencia del método de riego seleccionado, convirtiéndose en requerimiento hídrico bruto.

De las calicatas realizadas se obtuvo la profundidad efectiva a la que pueden desarrollarse las raíces y la textura del suelo determinada al tacto, está última empleada para estimar los parámetros físicos del suelo, entre ellos, capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y densidad aparente (D_a), utilizando la tabla de Israelsen Hansen (1965). Con estos parámetros se realizó el cálculo de agua útil en el suelo (AU).

Eventos de riego

La programación del riego se realizó aplicando una lámina pre-siembra, y post-siembra los riegos se efectuaron en base a las necesidades hídricas del maíz calculadas previamente.

El riego pre-siembra se realizó con el fin de dejar la totalidad del suelo del sitio de estudio en iguales condiciones de humedad para el momento de la siembra. El mismo se efectuó de la manera tradicional, por manto y caudal continuo.

Para realizar los riegos posteriores a la siembra, se construyó una acequia paralela a la acequia principal del lote, conectadas entre sí, con la finalidad de mejorar el manejo del riego manteniendo constante la carga hidráulica y de esta manera permitir una entrega más uniforme de los caudales a las unidades de riego (melgas).

Para el análisis del riego por pulso, se utilizaron las 4 melgas sembradas a la densidad media zonal. Dos de ellas constituyeron los testigos que fueron regados de manera convencional (aplicando una lámina de agua por inundación continua). En las dos restantes, se aplicaron los tratamientos de riego por pulsos. Éstos consistieron en la aplicación del agua en 2 (T2) y 3 (T3) pulsos.

El método de riego por pulsos comprende dos etapas, la primera es el “Avance”, que consiste en el mojado rápido del surco hasta una determinada distancia con el agua dosificada para el primer pulso y luego alterna con una fase de reposo. El segundo pulso de agua comienza atravesando la parte de la melga húmeda y el flujo de agua avanza más rápido hasta llegar al próximo tramo del sector seco. La segunda etapa de este método es el “Remojo”, que tiene como objetivo aplicar un riego continuo a los efectos que el volumen de agua aportado durante ese periodo sea capaz de infiltrarse en su totalidad a lo largo de la melga, quedando disponible para los cultivos.

Este proceso de riego discontinuo, produce ciertas transformaciones físicas en la estructura del suelo, que permite alcanzar rápidamente la mínima capacidad de infiltración en los sectores húmedos, donde se desplaza el agua sobre la melga (Beláustegui, 2010). Las transformaciones físicas del suelo ocurren por el fenómeno de

expansión que experimentan las partículas de arcilla una vez que cesa el flujo de agua. Además de un acomodamiento de partículas en el suelo. Esto hace que disminuya el tamaño de los poros y con ello se reduzca la cantidad de agua infiltrada. Como consecuencia de ello, en los siguientes suministros, el agua circula con mayor rapidez, consiguiéndose una mayor uniformidad en el tiempo de contacto del agua circulante con la superficie del suelo y una mayor uniformidad de riego (Fuentes Yagüe, 1999).

El riego en dos pulsos consistió en la división de la longitud total de la melga en dos tramos iguales. En el primer pulso se aplicó agua hasta que el frente de avance recorriera los primeros 30 m. Después de un determinado tiempo, se procedió a regar la otra mitad, completando así el tiempo de avance (T_a), para luego continuar el riego durante el tiempo de infiltración (T_i), este último, necesario para cubrir las necesidades hídricas del cultivo y completar el tiempo total de riego (TT). Cabe agregar que el T_a es $\frac{1}{4}$ del T_i (Ecuación 2).

$$TT \text{ (minutos)} = T_a + T_i$$

Ecuación 2: Fórmula de tiempo total de riego.

Donde:

TT (minutos): tiempo total de riego;

T_a (minutos): tiempo de avance;

T_i (minutos): tiempo de infiltración.

Esta metodología también se utilizó en el tratamiento correspondiente a los 3 pulsos de riego que, a diferencia del que fue detallado anteriormente, se dividió la longitud de la melga en tres sectores iguales al momento de aplicar las láminas de agua.

Para la aplicación de los tratamientos se colocaron en cada melga 3 sifones flexibles de PVC con un diámetro de 3 pulgadas cada uno y de tres metros de longitud. Se fijó una carga hidráulica “ h ” (diferencia de altura existente entre el nivel de agua de la acequia y la melga) constante para todos los riegos, a fin de entregar el mismo caudal (Ecuación 3) en cada evento.

$$Q(m^3 / s) = K * S * \sqrt{2 * g * h}$$

Ecuación 3. Fórmula de caudal total.

Donde:

- Q (m³/seg): caudal que eroga el sifón;
- K: coeficiente de rugosidad. Factor que depende del material del sifón (p.v.c ó aluminio);
- S (m²): sección del sifón;
- g (m/seg²): aceleración de la gravedad (9.8m/seg²);
- h (m): altura o carga hidráulica.

Utilizando los parámetros físicos del suelo se determinó la lámina neta (Ecuación 4).

$$Lám. Neta (mm) = \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) * Da * p * f. rep.$$

Ecuación 4. Fórmula de lámina neta.

Donde:

- Lám. Neta (mm): lámina neta de riego;
- CC: capacidad de campo;
- PMP: punto de marchitez permanente;
- Da: densidad aparente
- p (mm): profundidad efectiva de las raíces;
- f. rep.: factor de reposición de la lámina de riego.

Con la lámina neta calculada y la eficiencia de riego estimada se procedió a obtener la lámina bruta (Ecuación 5).

$$Lám. Bruta = \frac{Lám. Neta}{Ef. de Riego}$$

Ecuación 5. Fórmula de lámina bruta.

Donde:

- Lám. Bruta (mm): lámina Bruta;
- Lám. Neta (mm): lámina Neta;
- Ef. de Riego: eficiencia del método de riego.

Finalmente, con los datos de la superficie de la unidad de riego, el caudal que erogaron los sifones y con la lámina bruta que se debe aplicar, se procedió a calcular el tiempo total de riego utilizando la ecuación 6.

$$Q(m^3 / hs) * T(hs) = Lám(mm) * 10 * S(ha)$$

Ecuación 6. Fórmula de caudal.

Donde:

Q (m³/hs): caudal;

T (hs): tiempo total de riego;

Lám (mm): lámina de agua efectivamente aplicada;

S (ha): área.

Las 3 melgas correspondientes a los tratamientos de baja densidad de siembra fueron regadas con caudal continuo, empleando los sifones antes mencionados.

Determinación del frente húmedo

Después de cada riego se dejó orear el suelo y se procedió a determinar el frente húmedo de cada melga, realizando una medición en la cabecera y la otra al pie, para poder calcular la eficiencia de aplicación y comparar entre los tratamientos y el testigo (Ecuación 7). La medición del frente húmedo se realizó con un pinche en forma de T, que consiste en una varilla de acero de 1 m de altura con punta, de 1 cm de diámetro.

$$Ea(\%) = \frac{U(m)}{U(m) + D(m)} * 100$$

Ecuación 7. Fórmula de eficiencia de aplicación.

Donde:

Ea (%): eficiencia de aplicación;

U (m): agua útil;

D (m): agua desperdiciada.

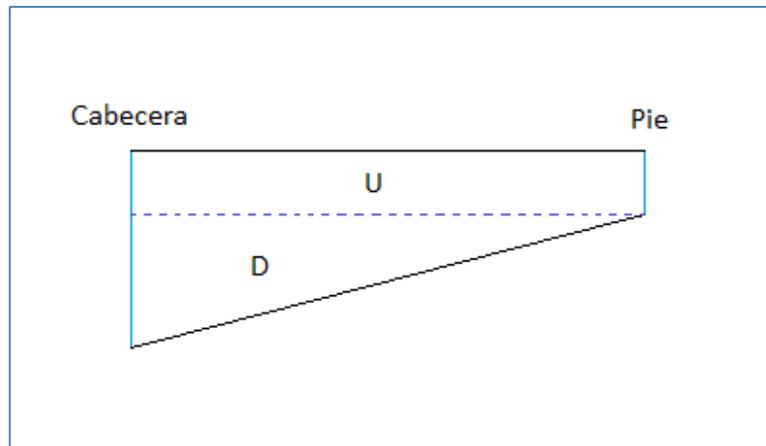


Figura 7. Perfil húmedo del suelo.

Estas observaciones se realizaron únicamente en los tratamientos de riego, realizando tres mediciones en cada sitio de muestreo (repeticiones). La medición se realizó ejerciendo presión manual hasta que la introducción del pinche se detuvo en una capa del subsuelo sin humedad, indicando el fin del frente húmedo.

Para minimizar posibles errores en dichas mediciones, éstas siempre fueron realizadas por la misma persona.

Determinaciones sobre el cultivo

Todas las determinaciones sobre el cultivo se realizaron en las 3 hileras centrales de cada melga, a fin de evitar el efecto borde.

Coeficiente de logro

El coeficiente de logro brinda una estimación del número de plántulas logradas, a partir del stand inicial de semillas sembradas. Para la determinación del mismo se utilizó una soga de 2,00 m lineales, ubicada al azar, con tres repeticiones en cada melga. Se contabilizó el número de plántulas presentes en dicha longitud. Teniendo en cuenta que la separación entre filas de plantas de maíz era 0,70 m, se calculó el número de plantas en esa superficie y por último se extrapolaron a número de plantas/ha.

Muestreo de espigas

Las espigas se cosecharon en dos oportunidades, la primera fue entre los días 31/05/17 y 6/06/17, antes de llegar a madurez fisiológica, con contenidos de humedad del grano del 34,2 %. La decisión de cosechar con este contenido de humedad fue para disminuir los daños producidos por las cotorras (*Myiopsitta monachus*) que venían incrementándose, porque el maíz tardaba en llegar a madurez fisiológica debido a las lluvias ocurridas durante ese periodo y a la disminución de las temperaturas ambientales.

Durante la cosecha, algunas plantas fueron cubiertas a los efectos de atenuar los daños producidos y que estas espigas lleguen a madurez fisiológica en planta, sin ser dañadas por las aves.

La segunda cosecha se realizó el día 4/08/17 con una humedad en el grano correspondiente al 13,5 %.

Al momento de la cosecha, se recolectaron las espigas primarias y secundarias de cada planta y se colocaron en bolsas separadas (ambas etiquetadas; Figura 8) sin las chalas, para no incrementar la tasa de degradación del material recolectado. Paralelamente, se realizó un relevamiento del estado de las plantas, a fin de registrar las pérdidas de espigas.

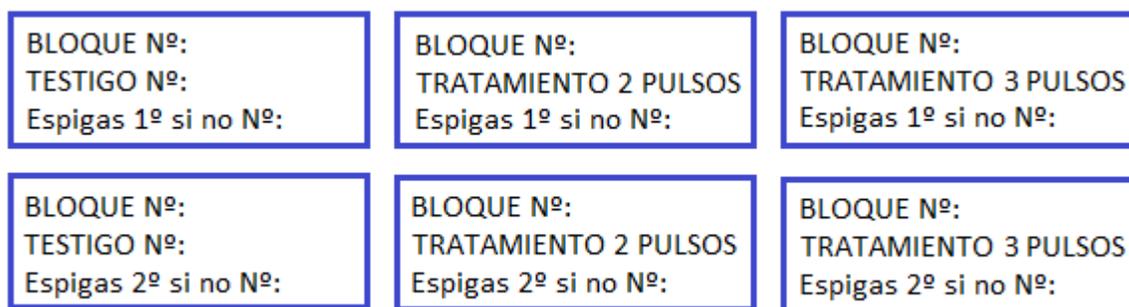


Figura 8. Tarjetas de identificación de las muestras.

Procesamiento de las muestras

Se determinaron los siguientes componentes de rendimiento:

- Espigas/Planta.
- Hileras/Espiga.
- Granos/Hilera.
- P1000 (gr).

Además, se registró:

- Daño/Espiga.
- Granos defectuosos.
- Peso de la muestra (g).
- Humedad, H° (%).

Las muestras fueron procesadas en la Agencia de Extensión Agropecuaria Valle Medio, utilizando una balanza de alta precisión y un Humedímetro de escritorio marca DELVER.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron empleando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013). Se realizaron ANOVAS empleando distintos modelos, de acuerdo a la variable a analizar. Para la comparación de medias se utilizó el Test de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Muestras de las Calicatas

No se observaron diferencias significativas en el estudio de los perfiles de los suelos de las calicatas realizadas. La textura resulto ser muy parecida en ambos sitios. Desde la superficie y hasta 1,25 m de profundidad la textura es franca a franca arcillosa y a partir de ahí se vuelve arenosa franca. La única diferencia que podemos mencionar es que el perfil 1 tiene un leve incremento del porcentaje de arcilla y esta diferencia puede atribuirse a que la calicata 1 está en el borde de un antiguo cauce del río y la 2 dentro del mismo (Carlos Degele, comunicación personal).

El río a lo largo del tiempo ha ido variando su caudal, ya sea por cuestiones antrópicas, desde que se construyeron las represas (Ejemplo: El Chocón ubicada sobre el río Limay, etc) o cuestiones de índole climáticas, como abundantes nevadas en la cordillera, las mismas precipitaciones a lo largo del año, o periodos de sequías. Al variar el caudal, también varía el ancho del río y esto hace que el agua vaya mojando distintos lugares o hasta que se cambie el cauce de un lugar a otro. En ese periodo de tiempo el río transporta material o partículas de suelo de distintas granulometrías y origen o composición, desde aguas arriba hasta su desembocadura. Estas características hicieron que los suelos del valle hoy sean heterogéneos en superficies muy próximas (Carlos Degele, comunicación personal).

Son suelos jóvenes, de origen aluvial, constituidos por capas de distinta textura ya que no se diferencian horizontes pedogenéticos propiamente dichos (Carlos Degele, comunicación personal).

Calicata 1

Ubicación

Latitud: 39°17'46,64''S

Longitud: 65°42'57,82''O

Tabla 2. Descripción de la Calicata 1. Número de capas, profundidad, espesor y características morfológicas de las mismas.

CAPAS	PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR (cm)	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
1	0-15	15	Franco a franco arcilloso, suave al tacto; bloques subangulares, moderados y grandes; consolidado; raíces muy abundantes.
2	15-23	8	Franco arcilloso, se pega en la mano y haces un cilindro muy fino (arcilla); bloques subangulares más chicos; muy consolidado; raíces muy abundantes.
3	23-43	20	Franco arcilloso pesado, se pega en toda la mano; granular; consolidado; raíces abundantes.
4	43-83	40	Franco arcilloso similar a la segunda capa; subangulares; consolidado; raíces muy abundantes.
5	83-133	50	Franco a franco arcilloso como la primer capa; subangulares; no hay estructura, "masivo"; poco consolidado; raíces escasas.
6	más 133	77	Arenoso Franco, se vuelve grueso; raíces escasas.

Calicata 2

Ubicación

Latitud: 39°17'48,01''S

Longitud: 65°42'59,78''O

Tabla 3. Descripción de la Calicata 2. Número de capas, profundidad, espesor y características morfológicas de las mismas.

CAPAS	PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR (cm)	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS
1	0-16	16	Franco; bloques moderados; muy consolidado; seco; raíces muy abundantes.
2	16-46	30	Franco arcilloso, costó moler en mortero los agregados; bloques fuertes; consolidado; fresco; raíces muy abundantes (menos que la capa anterior).
3	46-76	30	Similar al anterior pero se muelen fácil los agregados en el mortero; bloques débiles, muchos moteados; consolidado (menos que la anterior); húmedo; raíces abundantes.
4	76-126	50	Franco; sin estructura, masivo; poco consolidado; presencia de raíz horizontal al principio de la capa; húmedo; raíces abundantes.
5	más 126	84	Arenoso Franco; sin estructura, grano simple; poco consolidado (menos que la anterior); muy húmedo; raíces abundantes (más finas que la anterior).

Análisis del suelo

Los suelos presentaron bajos contenidos de materia orgánica (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados químicos de las muestras de suelo.

Muestra de suelo	Profundidad (cm)	pH (1:2.5)	CE (dS/m)	MO (%)	N-NO ₃ ⁻ (ppm)	Pe (ppm)
1	0- 30	7,63	0,9	1,63	4,1	12,4
2	30- 60	7,98	1,13	0,86	5,4	7,8

Análisis del agua

Los valores de conductividad eléctrica (CE) y pH correspondientes al agua del acuífero freático no presentaron diferencias entre los dos sitios de muestreos (calicatas) que puedan ocasionar disparidad en las condiciones del ensayo (Tabla 5).

Tabla 5. Conductividad eléctrica y pH del agua del acuífero freático.

Muestra	CE (dS/m)	pH
1	1,00	7,00
2	0,96	6,60

La conductividad eléctrica del agua del río Negro fue de 0,30 dS/m y según la clasificación de la FAO es apta para riego.

Estimación de las necesidades hídricas del maíz

Según los valores obtenidos en el Cropwat, la evapotranspiración de referencia (ET_o) más elevada ocurrió en los meses de diciembre y enero, siendo de 7,05 mm/día y 7,06 mm/día respectivamente. Los valores más bajos correspondieron a los meses de junio y julio, con una magnitud de 0,87 mm/día para ambos (Tabla 6).

En la Tabla 6 se muestran los valores más altos de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) para fines de febrero y principio de marzo, siendo estas magnitudes de 5,3 mm/día y 5,5 mm/día respectivamente. Estos valores no eran los esperados, debido a que no coinciden con los meses de mayor ET_o. Esto pudo deberse a que la fecha de siembra tardía separó el periodo de mayor demanda evapotranspirativa atmosférica, del periodo fenológico de mayor demanda hídrica del cultivo de maíz.

Doorenbos y Pruitt (1984) mencionan que el maíz tiene una demanda hídrica entre 400 y 700 mm en su ciclo fenológico, dependiendo de las distintas condiciones ecológicas

expuestas. Para este estudio la ETc fue de 447,7 mm, valor perteneciente al rango mencionado anteriormente (Tabla 6).

Esta demanda hídrica obtenida en el ensayo fue inferior a la publicada por Sánchez (2013) para el ciclo de un maíz sembrado a mediados de octubre y cosechado en abril, cuyo consumo fue de 669,9 mm. Mientras que Reinoso (2014), mencionó valores de ETc de 601 mm, 622 mm y 683 mm para los períodos 2006/2007, 2007/2008 y 2009/2010, respectivamente, con materiales sembrados en octubre-noviembre y cosechados en abril. El menor consumo de agua obtenido en el presente ensayo correspondió a que el material analizado (I550 VT TRIPLE PRO) es de ciclo corto y se sembró en forma tardía.

De acuerdo a los valores de la precipitación efectiva (Pe), podemos ver que solo cubrieron el 31,8 % de la ETc durante el ciclo fenológico, con un valor acumulado de 142,6 mm (Tabla 6). Estos resultados demuestran que en el sitio de estudio, el aporte de las precipitaciones no es relevante para un cultivo de alta demanda de agua como es el maíz y que sería agrónomicamente inviable realizar este cultivo sin riego. Para estas condiciones el requerimiento de riego fue de 305,1 mm.

El reconocimiento in-situ de las parcelas bajo riego convencional, la forma de manejo del agua que emplean los regantes y los valores establecidos para la región, admiten asumir una eficiencia de aplicación de aproximadamente 45 %, incrementando de esta manera el requerimiento neto (305,1 mm) a 678 mm, siendo éste el requerimiento bruto durante el ciclo del cultivo (Tabla 6).

Tabla 6. Valores obtenidos del Cropwat de los siguientes parámetros: Evapotranspiración del cultivo de maíz (ETc), Precipitación efectiva (Pe), Requerimiento Neto de agua (Req. Neto) y Requerimiento Bruto de agua (Req. Bruto).

Mes	Días	ETc		Pe (mm/dec)	Req. Neto (mm/dec)	Req. Bruto (mm/dec)	
		(mm/día)	(mm/dec)				
Enero	6 al 10	2,1	10,7	4,4	6,3	14,0	
Enero	11 al 20	2,2	21,5	9,4	12,1	26,9	
Enero	21 al 31	2,3	25,4	9,8	15,6	34,7	
Febrero	1 al 10	3,5	35,1	10,2	24,9	55,3	
Febrero	11 al 20	4,6	46,2	10,6	35,6	79,1	
Febrero	21 al 28	5,3	42,1	11,0	31,1	69,1	
Marzo	1 al 10	5,5	54,5	11,7	42,8	95,1	
Marzo	11 al 20	4,9	48,7	12,2	36,5	81,1	
Marzo	21 al 31	4,2	46,4	11,7	34,7	77,2	
Abril	1 al 10	3,6	35,7	11,3	24,4	54,2	
Abril	11 al 20	2,9	29,0	11,0	18,0	40,0	
Abril	21 al 30	2,2	21,7	9,6	12,1	26,9	
Mayo	1 al 10	1,5	14,9	7,7	7,2	16,0	
Mayo	11 al 20	0,9	9,3	6,2	3,1	6,9	
Mayo	21 al 30	0,7	6,5	5,8	0,7	1,6	
				447,7	142,6	305,1	678,0

Eventos de riego del cultivo

Los parámetros empleados para el cálculo de la lámina neta, que posteriormente se utilizó en la determinación de los eventos de riego, arrojaron los siguientes valores (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros empleados para el cálculo de la Lámina Neta. Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP), Densidad aparente (Da), Profundidad (p) y Factor de reposición (f. rep.).

CC (%)	PMP (%)	Da (Mg/m ³)	p (mm)	f. rep.
25	11	1,35	1000	0,5

Con estos parámetros se obtuvo una lámina neta de 94,5 mm. A partir de este dato, y teniendo en cuenta los requerimientos netos del cultivo, se determinó que el primer evento de riego fuera el día 20 de febrero y el segundo el día 15 de marzo. En la práctica, ambos eventos se efectuaron unos días antes a la fecha calculada para hacer coincidir la aplicación del agua con la fertilización. El primer riego se realizó el 10 de febrero y el segundo riego el día 4 de marzo. De esta manera podemos afirmar que el cultivo nunca

estuvo bajo estrés hídrico y que los fertilizantes fueron transportados por el agua al sistema radical del cultivo.

El último riego se tendría que haber realizado el 20 de abril, sin embargo, no pudo efectuarse debido a las precipitaciones ocurridas los días 28/03 (16 mm), 29/03 (14 mm), 30/03 (16 mm), 1/04 (180,5 mm) y 2/04 (10 mm), que aportaron un total de 236,5 mm en tan solo 6 días.

Perfil húmedo del suelo

Únicamente se obtuvieron datos del perfil húmedo del suelo para el primer y segundo riego por la inclemencia climática mencionada anteriormente.

De acuerdo a los valores determinados en la medición del perfil húmedo del suelo, se calculó la diferencia existente entre las eficiencias de aplicación del testigo regado tradicionalmente (caudal continuo) con respecto a los tratamientos (caudal discontinuo o por pulsos) regados en dos y tres pulsos (Tabla 8).

Tabla 8. Diferencia de eficiencia de aplicación del riego tradicional y tratamientos de 2-3 pulsos expresada en porcentaje. Números de color naranja representan el primer riego y los verdes el segundo.

	Caudal Continuo	2 Pulsos	3 Pulsos
Caudal Continuo		7	13
2 Pulsos	7		6
3 Pulsos	15	8	

En el primer riego realizado se detectaron diferencias de incrementos del orden del 7 % en el tratamiento del riego discontinuo de dos pulsos con respecto al testigo. Esas diferencias se incrementaron aún más cuando se regó con tres pulsos, llegando al 13 %. Entre ambos tratamientos la diferencia solo fue del 6 %.

Para el segundo riego se manifestó el incremento máximo del 15 % entre el testigo y la modalidad de riego discontinuo con tres pulsos, entonces si consideramos un 45 % de eficiencia de aplicación para un riego convencional, podemos establecer que empleando este sistema de riego por pulsos podemos incrementar la eficiencia de aplicación a 60 %.

Este incremento en la eficiencia de aplicación del riego, utilizando esta técnica, fue superado por un estudio realizado en parcelas ubicadas en la región del río Tunuyán (Mendoza) donde llegaron a incrementos potenciales del 32 % (Schilardi *et al.*, 2009). Sin embargo, los valores potenciales mencionados resultan difíciles de alcanzar debido a falencias propias de la técnica de riego del agricultor, unidades de riego mal dimensionadas, caudales inadecuados o fluctuantes, tiempos de riego excesivos, falta de coordinación con el sistema de turnados de entrega del agua a los usuarios, etc.

Emergencia, implantación y seguimiento del cultivo

La emergencia del cultivo fue homogénea. No se observaron atrasos significativos entre la aparición de las primeras plántulas y las últimas.

La implantación fue correcta. Las parcelas sembradas a DMZ y BDS se implantaron con una eficiencia del 76,2% (57.142 plantas logradas/ha) y 87,5% (42.857 plantas logradas/ha), respectivamente (Figura 9).

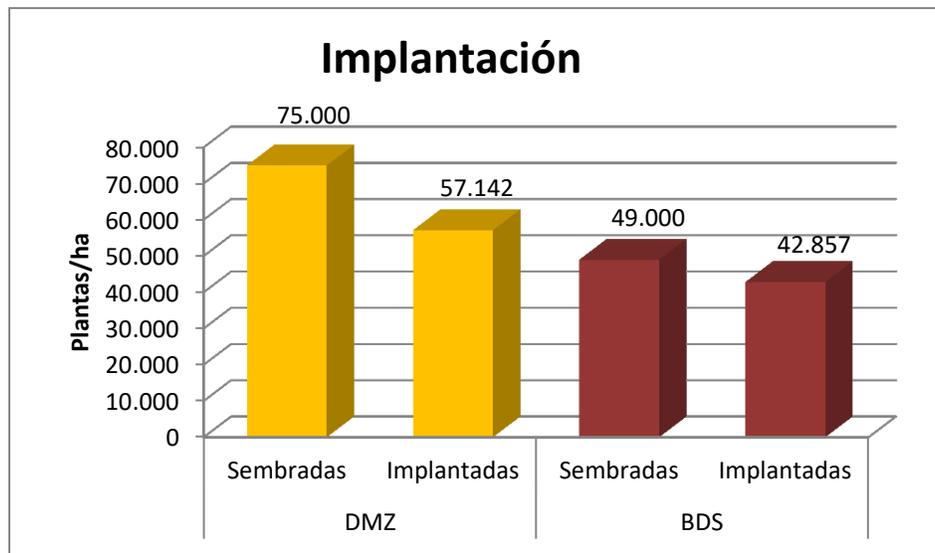


Figura 9. Número de plantas sembradas y logradas en las densidades media y baja. Densidad Media Zonal (DMZ), Baja Densidad de Siembra (BDS).

Las mermas en el número de plantas logradas podrían atribuirse a factores que no se controlaron a la hora de realizar el ensayo, entre ellos, la calidad de la semilla (pureza, viabilidad, vigor, poder germinativo, P1000) y la sembradora (la máquina que se empleó no era neumática y por ende puede haber influido en la falta de precisión).

No podemos atribuir las faltantes de plantas a los factores de humedad y temperatura, porque estas condiciones fueron óptimas al momento de realizar la siembra. DuPont Pioneer (2014) ha reportado que a medida que aumenta la temperatura del suelo de 10 °C a 30 °C aumenta también la tasa de crecimiento de brotes y raíces, lo cual sugiere que la temperatura fue óptima para la germinación y posterior emergencia de plántulas.

A continuación, en la Tabla 9, se detallan los estadios fenológicos registrados con sus respectivas fechas y en el período del ciclo de la planta donde se aplicó la fertilización, el riego y el herbicida.

Tabla 9. Registro de estadios fenológicos del cultivo a lo largo de su ciclo y de los momentos de fertilización, aplicación de herbicida y riegos.

Registros Fenológicos		
Estadio	Fecha	Observación
E	13/01/2017	
V6-V8	10/02/2017	Fertilización - Riego 1
V9	22/02/2017	Herbicida
V10-V12	04/03/2017	Fertilización - Riego 2
VT	11/03/2017	
R1	21/03/2017	
R3	03/04/2017	
R4	18/04/2017	
R5	05/05/2017	
R6	15/05/2017	

Control de malezas

En el estadio V9 se aplicó el herbicida Randup full 2 para controlar gramilla (*Cinodon dactylon*), cardo (*Carduus nutans*), y verdolaga (*Portulaca oleracea*) ya que para este período del cultivo las malezas resultaban una competencia directa y además una obstrucción en la melga para el próximo riego.

Rendimiento

La producción de materia seca está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, de la capacidad del canopeo para interceptarla y la eficiencia del cultivo para transformarla (Andrade *et al.*, 1996). Eyhérbide (2015) en un estudio de oferta radiativa, reveló que algunos años, los rendimientos potenciales del maíz no pueden expresarse debido a la ocurrencia de días nublados.

En el sitio de estudio, los bloques 1 y 2 fueron eliminados debido a que sus plantas no presentaban un desarrollo normal, ya que estaban siendo sombreadas por una cortina de álamos, al igual que el testigo 1 que también debió ser eliminado del estudio.

Rendimiento total

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los rendimientos medios de las diferentes densidades de siembra evaluadas en el ensayo (Figura 10).

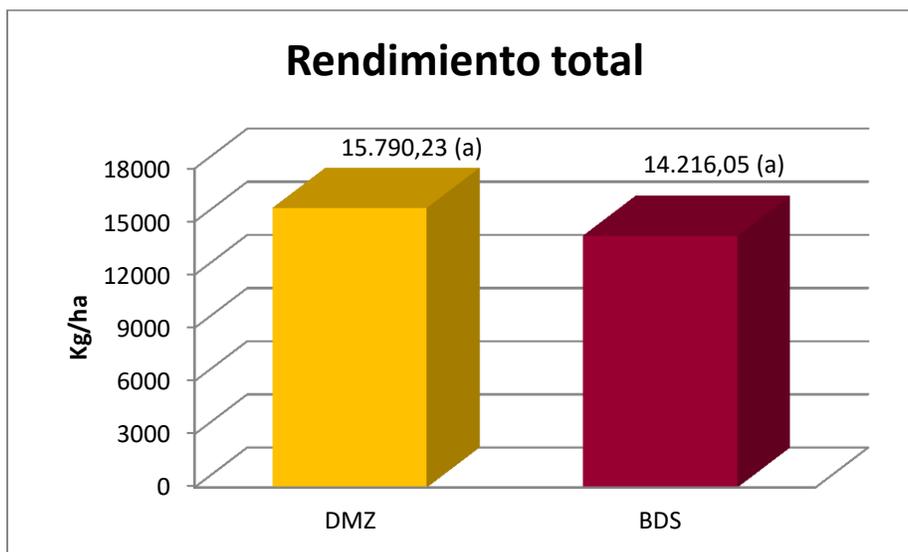


Figura 10. Rendimientos promedios obtenidos de ambas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras iguales indican que no existe diferencia significativa.

Estos resultados son inferiores a los publicados por Margiotta *et al.*, (2008 y 2009) y Reinoso *et al.*, (2009), quienes realizaron ensayos comparativos de rendimientos en el Valle Inferior del río Negro, evaluando materiales de ciclo completo sembrados a altas densidades (100.000 plantas/ha) en fechas tempranas, sin limitaciones hídricas-nutricionales durante su ciclo productivo, y obtuvieron rendimientos potenciales para la zona de 20.000 kg/ha.

Sin embargo, los rendimientos obtenidos en el presente ensayo son similares a los logrados en estudios llevados a cabo en el Valle Inferior del río Colorado, donde el cultivo tuvo un rendimiento de 16.000 kg/ha (Rivas y Matarazzo, 2009), y a otros estudios realizados en el Alto Valle del río Negro (Cancio, 2012).

Los rendimientos medios obtenidos a baja densidad de siembra superaron los reportados por Favere *et al.*, (2013) en la zona del Valle Medio donde el rinde promedio fue de 11.044 kg/ha.

Prolificidad

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las densidades de siembra. A BDS se observó un 40% más de prolificidad respecto de la DMZ, debido a que la competencia intraespecífica fue menor (Figura 11).

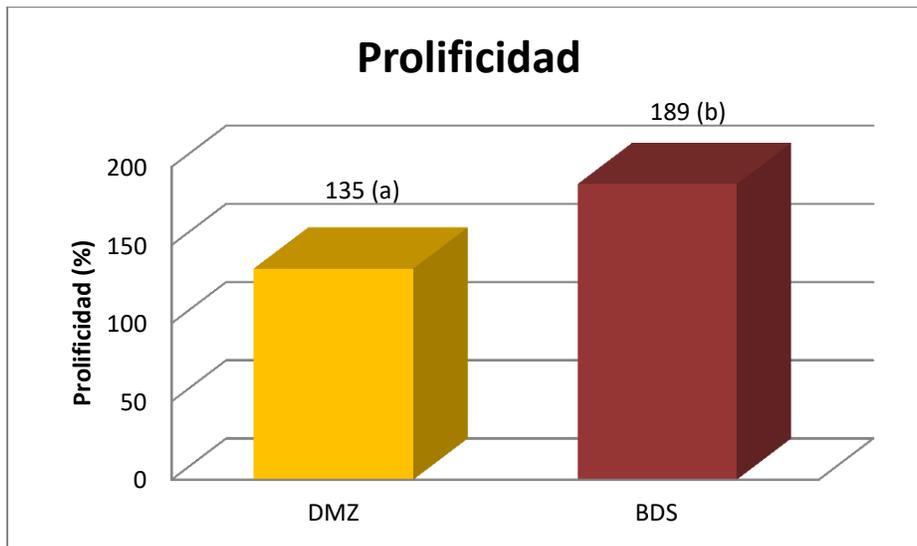


Figura 11. Prolificidad del material para las distintas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

Los valores de prolificidad obtenidos para este estudio en ambas densidades de siembra fueron superiores a los reportados por López Santillan *et al.*, (2004) para un ensayo donde analizaron densidades de siembras de 50.000 y 75.000 plantas/ha, cuyos valores alcanzados fueron de 114,5% y 103,71%, respectivamente. En cambio, Quevedo Amaya *et al.*, (2015) no encontraron diferencias significativas de prolificidad a diferentes densidades de siembra debido a que el material analizado no expresaba la producción de la segunda espiga.

Lo detallado anteriormente se debe a que en el cultivo de maíz, los rendimientos están determinados por un componente potencial, correspondiente a la alta influencia genética (genotipo) y otro ambiental relacionado a las condiciones del llenado del grano (Borrás *et al.*, 2004). Los híbridos modernos presentan mayores potenciales de rendimientos relacionado a su genotipo, como es el ejemplo de los maíces prolíficos, que demuestran su potencial productivo desarrollando e incrementando el peso de las espigas secundarias y por ende, incrementan también las demandas ambientales para no ver afectado el rendimiento (Echarte *et al.*, 2006).

Componentes de rendimiento

- **Número de granos por espiga**

Estadísticamente existe interacción entre las espigas y los tratamientos (distintas densidades de siembra) por lo que se procedió a realizar un análisis individual de cada factor a los efectos de mejorar la interpretación de los resultados.

Analizando las densidades de siembra, se encontró que, a DMZ la espiga primaria presentó un 54% más ($p \leq 0,05$) de granos que la secundaria (Figura 12). Sin embargo, a BDS la espiga secundaria produjo un 25% más ($p \leq 0,05$) granos que la primaria (Figura 13).

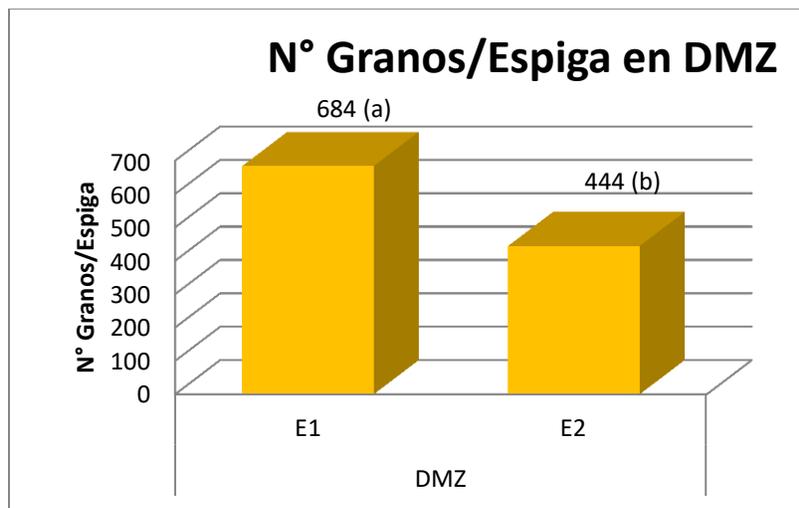


Figura 12. Número de granos por espiga para Densidad Media Zonal (DMZ). Espiga primaria (E1) y Espiga secundaria (E2). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.

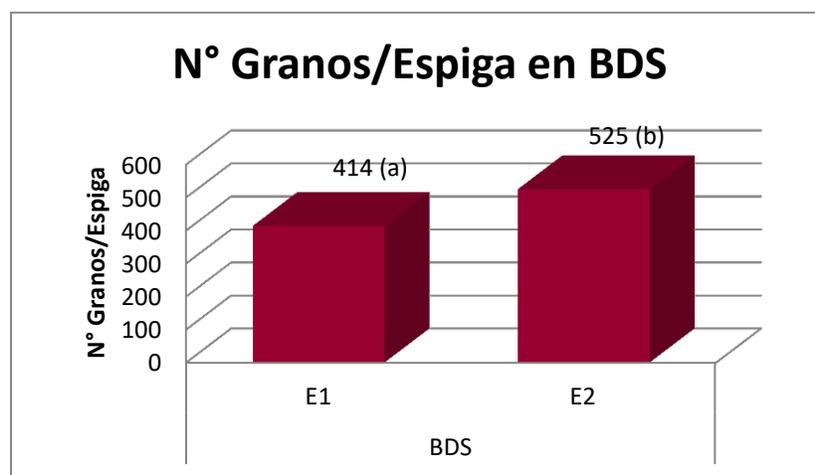


Figura 13. Número de granos por espiga para Baja Densidad de Siembra (BDS). Espiga primaria (E1) y Espiga secundaria (E2). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.

Analizando las espigas primarias, el número de granos fue un 65% mayor ($p \leq 0,05$) en DMZ que en BDS (Figura 14), sin presentarse diferencias ($p > 0,05$) en el número de granos de las espigas secundarias entre ambas densidades (Figura 15).

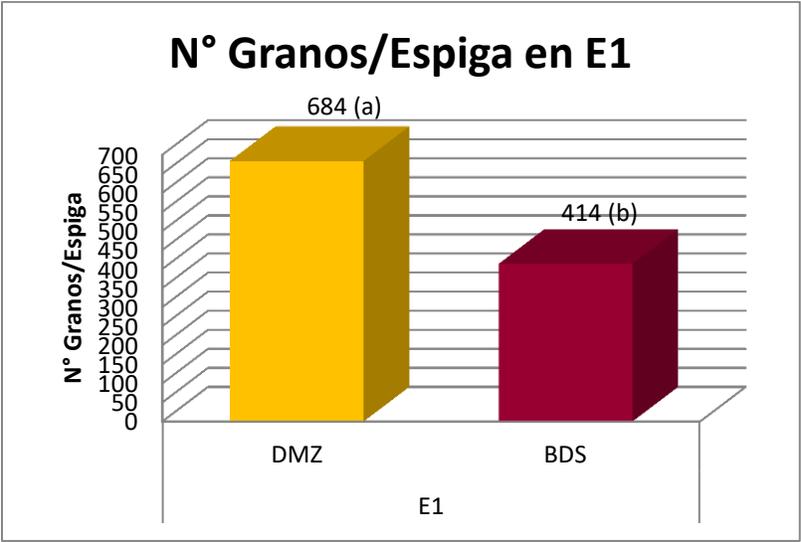


Figura 14. Número de granos por espigas en Espigas primarias (E1) para ambas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.

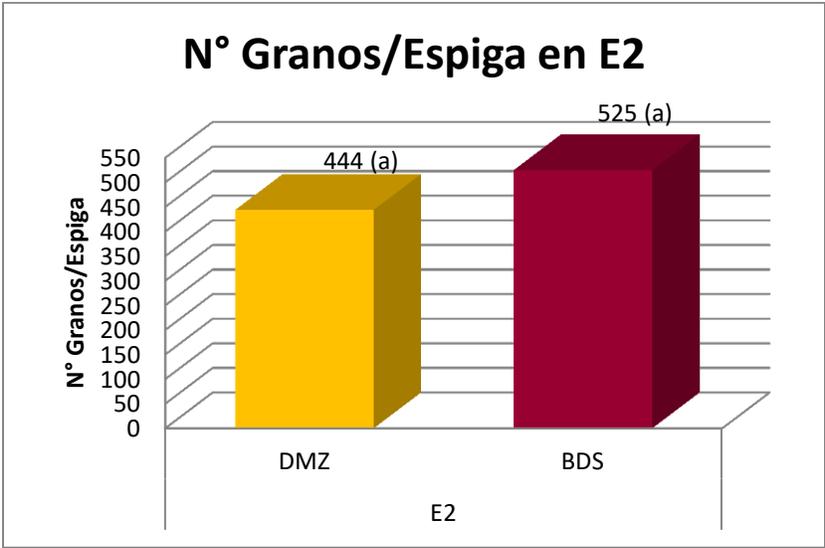


Figura 15. Número de granos por espigas en Espigas secundarias (E2) para ambas densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.

En la medida que aumenta la densidad de siembra, disminuye el N° de granos/espiga, debido a la competencia intraespecífica, que produce un incremento en el aborto de granos. Sin embargo, este comportamiento no es concluyente para este estudio, porque los últimos híbridos de maíz liberados al mercado presentan un mayor y más estable índice de cosecha respecto a la variación del número de plantas por metro cuadrado; y un menor valor umbral de tasa de crecimiento por planta para definir el número de granos (Echarte y Andrade, 2003).

- **P1000 (Peso de mil granos)**

Independientemente de las densidades de siembra, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el P1000 entre las espigas primarias (E1) y secundarias (E2). Las E1 superaron en un 55,4 % el peso de las E2 (Figura 16).

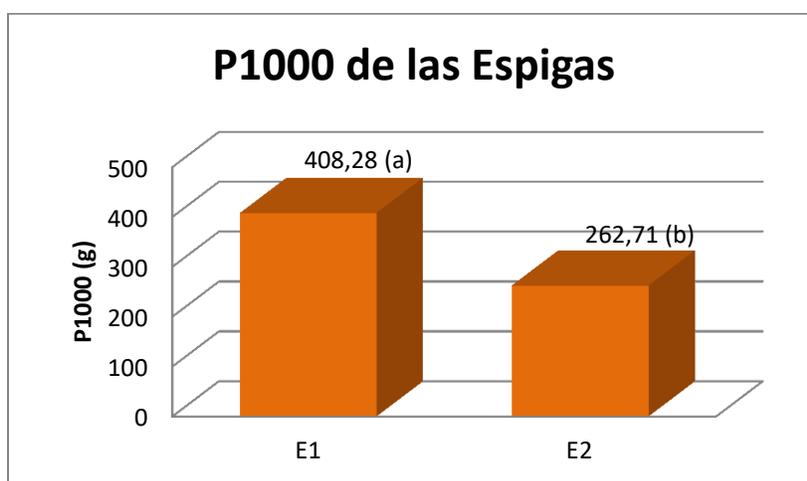


Figura 16. Peso de 1000 granos (P1000) en las dos espigas. Espigas primarias (E1), Espigas secundarias (E2). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.

También se hallaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las dos densidades de siembra, independientemente de las espigas, siendo superior el P1000 a BDS hasta en un 30,9 %, comparado con el de la DMZ (Figura 17).

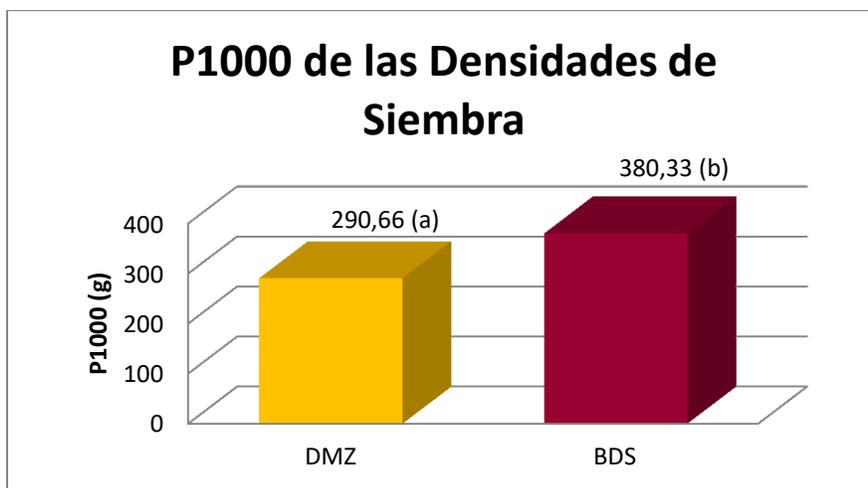


Figura 17. Peso de 1000 granos (P1000) en las dos densidades de siembra. Densidad Media Zonal (DMZ) y Baja Densidad de Siembra (BDS). Letras distintas indican que existen diferencias significativas.

El número de granos por espiga fue superior para una mayor densidad de siembra, pero los rendimientos totales de ambas densidades fueron similares, indicando que la variable que mejor explicó la compensación de los rendimientos fue el peso de los granos (P1000).

El P1000 a BDS fue mayor, consecuencia del incremento del peso de los granos en las espigas. Esto pudo deberse a que el rendimiento del maíz está estrechamente relacionado con la densidad de siembra, por lo que en la medida que disminuye el número de plantas por metro cuadrado, la competencia entre las mismas disminuye. En respuesta a una merma en el efecto de dominancia de crecimiento de la panoja sobre la espiga, la planta envía más recursos para el crecimiento de ésta última (Pioneer, 2008). Además, considerando que la disposición foliar del maíz es alterna y dística, cuando se emplean altas densidades, suele ocurrir una gran superposición de las hojas en el plano vertical, lo cual conlleva a una menor eficiencia en la captura y conversión de la radiación solar. Esto acarrea una menor obtención de recursos por parte de la planta y por ende, una disminución en el peso de los granos (Esposito *et al.*, 2015).

En la medida que la captación de la radiación solar disminuye, se produce una reducción en la tasa fotosintética que se traduce en un descenso en la producción de biomasa y como consecuencia, existe una menor redistribución de los asimilados hacia las espigas, decreciendo en última instancia, el peso de los granos (Capristo *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

El uso del caudal discontinuo mejoró la eficiencia de aplicación del agua de riego gravitacional, minimizando las pérdidas por percolación profunda en la cabecera, en la medida que se incrementaron los pulsos de riego. Esto indicaría que ante una mínima intervención en la práctica de riego, se pueden alcanzar mejores eficiencias de aplicación, sin la necesidad de invertir y cambiar a otros sistemas de riego mucho más sofisticados y costosos, como sería un pivote o goteo.

El incremento de la eficiencia en la aplicación de agua, no solo se transmite a menores consumos y derroches del recurso, sino que también en un ahorro de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas, etc.) que son diluidos y arrastrados con excesos de volúmenes de agua al acuífero freático, generando problemas medioambientales de contaminación.

Los rendimientos del híbrido ILLINOIS I550 VT TRIPLE PRO de ciclo corto, obtenidos bajo las condiciones del ensayo, resultaron altamente satisfactorios en ambas densidades de siembra. Principalmente a baja densidad, se expresó la prolificidad del material, con el incremento de la producción de espigas secundarias, con mayor cantidad de granos por espiga y mayor peso de granos.

La siembra tardía a baja densidad, son condiciones que resultan atractivas para el productor, ya que permite reducir el costo de la semilla y consumo de agua, admitiendo además, la realización de otro cultivo en ese lote en el mismo año calendario, aumentando así la rentabilidad de la actividad agropecuaria de su establecimiento.

Las características climáticas, edáficas e hídricas del Valle Medio del río Negro resultaron muy aptas para llevar adelante la siembra, implantación y desarrollo de este híbrido. Los suelos profundos y de textura franca-franca arcillosa con buena capacidad de retención de agua útil para el cultivo, garantizan excelentes condiciones para que el material pueda expresar su potencial de rendimiento.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Según los resultados obtenidos en este estudio, la producción de maíz a baja densidad de siembra bajo riego por pulsos, es una alternativa importante para aprovechar el potencial de las tierras y la excelente calidad del recurso hídrico.

Si bien el material analizado es de un ciclo corto y le permite al productor realizar una siembra tardía, la misma no debería excederse de la primera quincena de diciembre, ya que en el ensayo se encontraron granos que no terminaron el período de llenado y la humedad óptima de cosecha se extendió por la falta de altas temperaturas.

Es primordial realizar las unidades de riego sobre un lote bien nivelado (Láser) a los efectos de mejorar el manejo del agua, incrementando la eficiencia de aplicación, la uniformidad de la lámina aplicada, etc.

Realizar la limpieza y el mantenimiento correspondiente de acequias y canales incrementa la esorrentía del agua, disminuyendo las pérdidas por infiltración y aumentando el caudal, para lograr un mejor manejo del riego.

Es importante corroborar que las acequias parcelarias estén por sobre el nivel de la parcela y nunca por debajo, ya que una vez que se finaliza el riego no debe quedar agua en las mismas para no incrementar las pérdidas y fomentar el crecimiento de las malezas.

Para hacer más eficiente el riego en esta zona, sería necesario comenzar a utilizar sensores de humedad (tensiómetros) para determinar con mayor precisión a campo el momento óptimo de riego.

BIBLIOGRAFIA

Agua y Energía Eléctrica. 1987. "Estudio para el aprovechamiento integral del río Negro". Informe final: Sector Riego Agrícola. Diagnóstico de la eficiencia de riego predial actual. Convenio agua y energía eléctrica-Prov. de Río Negro. 220 pp.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298 pp.

Andrade F., Cirilo A., Uhart S., Otegui M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial la Barrosa. Balcarce. 292 pp.

Beláustegui S. 2010. p&r Argentina. Hojas Técnicas Nº 1. 4 pp.

Bertani L. y Ferrari L. 2017. Observatorio geográfico de América Latina. Atlas del Valle Medio del Río Negro mapa geomorfológico y de calidad de las tierras. Acceso en marzo 2017. URL: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal5/Nuevastechnologias/Sig/06.pdf>.

Borrás L., Slafer G.A., Otegui M.E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crops Res. Vol. 86, No. 2-3, 131-146 pp.

Burgos J.J. 1963. El clima de las regiones áridas de la República Argentina. Rev. Inv. Agric, 385-405 pp.

Cancio H. 2012. Resultados ensayos de maíz bajo riego en los valles irrigados de Patagonia Norte. III Jornadas de Maíz y Otros Forrajes para el Norte de la Patagonia, Plottier, Neuquén.

Capristo P.R., Rizzalli R.H., Andrade F.H. 2007. Ecophysiological Yield Components of Maize Hybrids with Contrasting Maturity. Agronomy Journal Abstract – Corn. Vol. 99, No. 4, 1111-1118 pp.

Chambouleyron J. y Morábito J. 2008. "Riego presurizado en Argentina" Informe interno INA – CRA.

Clemmens A.J. 1998. Achieving high irrigation efficiency with modern surface irrigation. Irrigation Association Expo Technical Conference.

De Plácido S., Nievas A.W., Favere A.V. 2005. El cultivo de maíz en el Valle Medio del Río Negro. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 12pp.

Debaeke P. y Aboudrare A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. Europ. J. Agronomy. Vol. 21, 433-446 pp.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W., 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Doorenbos J. y Pruitt W. O. 1984. Las necesidades de agua de los cultivos. Irrigation and Drainage. FAO, Rome, Italy. Paper N° 24.

DuPont Pioneer. 2014. Temperatura del suelo y emergencia del maíz. Acceso en octubre 2019. URL:

https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/ais2182_2014_SP_Soil_Temp_and_Emergence.pdf.

Echarte L. y Andrade F.H. 2003. Harvest index stability of Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. Field Crops Research. Vol. 82, No. 1, 1-12 pp.

Echarte L., Andrade F.H., Sadras V.O., Abbate P. 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. Field Crops Research, Vol. 96, 307-312 pp.

Esposito G., Balboa G., Cerliani C., Balboa R. 2015. El cultivo de maíz en San Luis. Información técnica 188. Cap 2.2 Rendimiento potencial de maíz. 168 pp.

Eyhérbide G.H. 2015. Bases para el manejo del cultivo de maíz. INTA Pergamino. 299 pp.
FAO. 2002. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Agua y Cultivos: Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma. 26 pp.

FAO. 2004. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003-04. Roma. Acceso en octubre 2019. URL: <http://www.fao.org/docrep/006/y5160s/y5160s08.htm#de>

FAO. 2015. Áreas de riego en la provincia de Río Negro. Acceso en octubre 2019. URL: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/estudio/riegointegral/areasexitentes/Anexos/PROVINCIA_DE_RIO_NEGRO.pdf.

Favere V., Fernandez D., Alfaro E., Stier N. 2013. Ensayo comparativo de rendimiento de híbridos de maíz en Valle Medio de Río Negro. Agencia de Extensión Rural Valle Medio – INTA. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle.

Fuentes Yagüe J.L. 1999. Técnicas de Riego. Riego por superficie. Ed. Mundi Prensa. España. Capítulo 8., 484 pp.

HSBC Agribusiness. 2000. Maíz. Acceso en octubre 2019. URL: <http://materias.fi.uba.ar/7031/MAIZ.pdf>.

Israelsen O.W., Hansen V.E. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Editora Reverté. S.A. 2da. Ed. 396 pp.

López-Santillán J.A., Castro-Nava S., Trejo-López C., Mendoza-Castillo M. Del C., Ortiz-Cereceres J. 2004. Biomasa acumulada e intercambio gaseoso en maíz proveniente de semilla de diferente tamaño bajo humedad favorable y restringida. 243-248 pp.

Margiotta F.A., Reinoso L., Martínez R.S. 2008. Evaluación de Materiales Comerciales de Maíz. Campaña 2007/2008. EEA INTA Valle Inferior. Acceso en octubre 2019. URL: <http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/valleinferior/info/documentos/vegetal/MaizBeltran.pdf>

Margiotta F.A., Reinoso L. y Martínez R.S. 2009. Evaluación de materiales comerciales de maíz. Campaña 2008/2009. 25 pp. EEA INTA Valle Inferior. Acceso en octubre 2019. URL: http://www.syngentaenvivo.com.ar/2012/ensayos/Maizgrano/ECR_Maiz_Viedma_Beltra_2008_09.pdf

ONU. 2005. Population Challenges and Development Goals. Acceso en octubre 2019. URL: <https://unstats.un.org/unsd/mi/pdf/MDG%20Book.pdf>

Pioneer. 2008. Respuesta de híbridos de Maíz a la densidad de Plantas según ambientes. Boletín Técnico Pioneer. Pioneer a DuPont Company. Acceso en octubre 2019. URL: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Pioneer_02.pdf.

Procisur. 2009. El riego en los países del Cono Sur. IICA, Montevideo, 112 pp.

Quevedo Amaya Y., Barragan Quijano E., Beltran Medina J. 2015. Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays L.*) impacto. Scientia Agroalimentaria. Vol. 2, 18-24 pp.

Reinoso L.G. 2014. Rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro: Evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada. Tesis Magister. Universidad Nacional Del Sur. Bahía Blanca. 117 pp.

Reinoso L., Martínez R.S., Margiotta F., Martínez R.M., Zalba P. 2009. Estudios de frecuencias de riego sobre el rendimiento de maíz en el Valle Inferior del río Negro. En Congreso Nacional del Agua Ed: Dirección Oficial de Impresiones, Rawson. 318 pp.

Ritchie S. y Hanway J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Of Science and Technology. Coop. Ext. Service. 48 pp.

Rivas J. y Matarazzo R. 2009. Evaluación de Materiales Normales de Maíz. Campaña 2008/2009. Acceso en octubre 2019. URL: <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-materiales-normales-de-maiz.-eeainta-ascasubi-2008-09>

Romay C. y Morábito J. 2000. Comparación entre riego tradicional y pulsos. Análisis de casos en Mendoza – Argentina. CNA 2000. Santiago del Estero - Argentina.

Sagardoy J.A. 2001. La seguridad alimentaria mundial futura y el desarrollo del riego. XIX Congreso Nacional de Riegos. Asociación Española de Riegos y Drenajes (AERYD). Zaragoza. 13-14 pp.

Sánchez R.M. 2013. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos en el valle bonaerense del río Colorado. Informe técnico N° 40, 31 pp.

Schilardi C., Morábito J.A., Vallone R. 2009. Modelación matemática del riego por superficie como una alternativa superadora para el manejo del riego en finca. 11 pp.

Starnone M.N. 2017. Uso de verdeos invernales como antecesores de maíz para ensilaje en la zona de riego del valle medio del río Negro. Trabajo final de intensificación. Universidad Nacional Del Sur, Bahía Blanca. 52 pp.

USDA. 2018. Información y Servicios del United States Department of Agriculture (USDA). Producción, rendimiento y área cultivada de maíz.

Zappi C.A. 2012. Evaluación de las posibilidades de expansión del riego en la Argentina. Actas de la VI Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Mendoza, Argentina. 12pp.

APENDICE

Maíz Híbrido I-550 VT TRIPLE PRO

Es un híbrido que presenta muy buen comportamiento en siembras tempranas y tardías en gran parte del área maicera. Optima adaptabilidad en planteos forrajeros.

Tabla 10. Características del Maíz híbrido I-550 VT3P.

	I-550 VT3P
CICLO	Corto
MADUREZ RELATIVA (días)	102
DÍAS A FLORACIÓN	68
PESO DE MIL SEMILLAS (g)	327
TIPO DE GRANO	Amarillo Dentado
ALTURA DE PLANTA (cm)	212
INSERCIÓN DE ESPIGA	Baja
ROYA	Muy Bueno
MAL DE RÍO IV	Bueno
TIZÓN	Muy Bueno