“EFECTO DEL RASGADO Y QUEBRADO DE HOJAS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE PERGAMINO (BUENOS AIRES)”

Trabajo Final de Grado
del alumno

TROTTA MARTIN ANTONIO

Este trabajo ha sido presentado como requisito
para la obtención del título de

Ingeniero Agrónomo

Carrera:

Ingeniería agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Pergamino, 12 de Junio del 2020.

“EFECTO DEL RASGADO Y QUEBRADO DE HOJAS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE PERGAMINO (BUENOS AIRES)”

Trabajo Final de Grado

del alumno

TROTTA MARTIN ANTONIO

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Evaluador **Evaluador** **Evaluador**

Ing. Agr. Mba.Carlos Sosa Ing. Agr. (Pf., MSc.) Miguel Lavilla

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Pergamino, 12 de Junio del 2020.

(Nombre y Apellido) **Co-Director** (Nombre y Apellido) **Director**

AGRADECIMIENTOS:

Durante el presente trabajo aprendí a valorar y apreciar las herramientas, técnicas, y por sobre todo, el conocimiento que me dio la universidad. Transcurriendo mis primeros años de formación en la Universidad Nacional de Rosario y finalizando mi carrera en la Universidad Nacional de Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Así surge mi principal agradecimiento a la Universidad, la cual me dio mi formación académica; y merecen una particular mención los numerosos profesores y compañeros, los cuales recordaré con un gran aprecio.

A mi director Carlos Sosa, quien me ayudó muchísimo en la realización de este trabajo

A mi codirector Miguel Lavilla, quien me ha enseñado mucho y fue fundamental para que yo pueda realizar la tesina.

A la Dulce Cooperativa de Seguros, y al equipo de trabajo de la Ing. Agr. Introna, Jimena; y la Ing. Agr.Prece, Natalia, del INTA Pergamino.

Otro de mis pilares a lo largo de mi carrera fue mi familia, especialmente mis Padres, quienes me dieron un apoyo incondicional día a día, acompañándome, guiándome con valores y levantándome en cada caída y golpe propio de toda carrera universitaria.

A Dios, que siempre está presente.

Por último, quiero agradecer a Marilina, mi compañera, y a mis amigos, quienes me brindaron su complemento indiscutible y fundamental de mi formación como persona.

A todos ellos va mi eterno agradecimiento.

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN....1
Rendimiento, sus componentes y subcomponentes....1
Impacto del daño foliar en la productividad del maíz....7
PALABRAS CLAVE....8
HIPÓTESIS....9
OBJETIVO GENERAL....9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS....9
MATERIALES Y MÉTODOS....10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN....13
CONCLUSIONES:....17
BIBLIOGRAFÍA:....18
ANEXOS....24
ANEXO I: Análisis Estadístico:....24
Anexo I.1. Análisis de la varianza para el rendimiento en función del año, tratamiento y estados fenológicos....24
Anexo I.2. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el rendimiento en función al año y al tratamiento....24
Anexo I.3. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el rendimiento en función al año y estado fenológico....25
Anexo I.4. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el rendimiento en función al tratamiento y estado fenológico....25
Anexo I.5. Análisis de la varianza para el NG en función del año, tratamiento y estados fenológicos....26
Anexo I.6. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el NG en función al año y tratamiento....26
Anexo I.7. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el NG en función al año y estado fenológico....27
Anexo I.8. Análisis de la varianza para el PMG en función del año, tratamiento y estados fenológicos....27
Anexo I.9. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el PMG en función al año y estado fenológico....28
Anexo II. Datos climáticos....29
Anexo III: Fenología....34

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el commoditie agrícola que más se produce en el mundo. Debido a sus cualidades alimenticias, para la producción de proteína animal, el consumo humano y el uso industrial, se ha convertido en uno de los productos más importantes de los mercados internacionales. Es el cereal más producido en el mundo con 1.041,74 millones de toneladas, seguido por el arroz y luego el trigo; además es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea (USDA, 2018).

Argentina ocupa el sexto lugar como productor de maíz y oscila entre el tercer y cuarto puesto como exportador. La contribución de este cereal a la economía nacional es altamente relevante por los ingresos provenientes de la exportación. Es utilizado principalmente como materia prima para la industria de la molienda, para la transformación en proteínas animales y para la sustitución parcial de combustibles fósiles (FAO., 1995).

En diversos estudios se comprobó que contribuye a la sustentabilidad ambiental, ya que la inclusión del maíz en las rotaciones agrícolas genera cambios en los parámetros edáficos que resultan beneficiosos a nivel de sistema (Eyhérabide, 2015; Forjan, 2012)

En la campaña 2016/17 la superficie sembrada a nivel nacional alcanzó los 5,8 millones de hectáreas, correspondiendo el 26% a la provincia de Buenos Aires (MAGyP, 2018). Para la campaña 2017/18 la Bolsa de Comercio de Rosario (2018) estimó una superficie sembrada de 6,43 millones de hectáreas, un 9% de aumento respecto a la campaña anterior.

Rendimiento, sus componentes y subcomponentes

La profundización del estudio de las fases fenológicas que transcurren a través del ciclo ontogénico del maíz nos permite conocer los componentes del rendimiento que quedan fijados en cada una de ellas y analizar los factores ambientales que controlan la duración de dichas fases. La escala fenológica más utilizada para describir el ciclo de un cultivo de maíz es la propuesta por Ritchie & Hanway (1982). En ella se identifican dos grandes períodos: el vegetativo, subdividido en estadios identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de la última hoja completamente extendida (lígula visible) al momento de la observación (V_E: emergencia, V_1, V_2, ... V_n y V_T o panojamiento),

y el reproductivo, identificado con la letra R y un subíndice que comienza en R_1 (emergencia de los estigmas), R_2 (cuaje o estado de ampolla), R_3 (grano lechoso), R_4 (grano pastoso), R_5 (grano duro o indentado) y R_6 (madurez fisiológica). Desde los estadios R_3 hasta R_5, inclusive, corresponde al llenado de los granos (Tabla 1).

Tabla 1. Estados fenológicos de maíz de acuerdo a la Escala de Ritchie & Hanway (1982).

	Estados Vegetativos		Estados Reproductivos
V_E	Emergencia	R_1	Emergencia de estigmas
V_1	1° Hoja	R_2	Cuaje
V_2	2° Hoja	R_3	Grano lechoso
...		R_4	Grano pastoso
V_n	N^a hoja	R_5	Grano dentado
V_T	Panojamiento	R_6	Madurez fisiológica

La planta de maíz es de crecimiento determinado, marcando el inicio de la floración la finalización del crecimiento vegetativo, no obstante ello, la diferenciación de las estructuras reproductivas comienza en las etapas tempranas del desarrollo del cultivo, a partir de V_4-V_6. La elongación de los entrenudos comienza a partir de V_6 continuando hasta la aparición de los estigmas (R_1), momento en el cual queda determinada la altura máxima de la planta y el área foliar máxima (todas las hojas ya se han desplegado completamente). Simultáneamente a los cambios externos descritos por la escala de Ritchie & Hanway (1982), el meristema apical y las yemas axilares sufren grandes modificaciones.

El rendimiento en un cultivo de grano es función de la biomasa total generada y del índice de cosecha (Satorre *et al.,* 2003) [ecuación 1]. La producción de materia seca está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, con la capacidad del canopeo para interceptarla y la eficiencia del cultivo para transformarla en carbono fijado (Andrade *et al.,* 1996).

$$R = Bt * Ic$$

Donde, Bt, es la biomasa total y Ic, es el índice de cosecha. [ecuación 1].

Al índice de cosecha (IC) se lo define como la proporción del peso seco total que se acumula en los órganos cosechados (granos). En general para su cálculo sólo se toma

la cantidad de materia seca aérea. Para el caso del cultivo de maíz el valor del IC oscila entre 0,43 y 0,52, con variaciones atribuidas al genotipo, al ambiente y a la interacción genotipo x ambiente.

Para lograr altos valores de intercepción de la radiación en un cultivo, es importante generar en forma temprana un índice de área foliar (IAF) que permita interceptar rápidamente la mayor proporción de radiación incidente y, además, es esencial que ese valor de IAF se mantenga durante la mayor cantidad de tiempo posible (Satorre *et al.,* 2003). La intercepción de radiación por el cultivo es función de la densidad de plantas y del arreglo espacial de estas plantas y sus hojas en el terreno (Willey & Heath, 1969).
Bantle *et al.* (2011), concluyeron que el principal objetivo a alcanzar en el manejo de cultivos de alta producción es el de conseguir que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente, por ser esta la fuente de energía empleada para la producción de materia seca; por lo tanto, daños en el aparato foliar provocan una reducción de la radiación interceptada y, como consecuencia, una pérdida de rendimiento.

El rendimiento en maíz puede expresarse a través de sus componentes numéricos: número de granos (NG) por unidad de superficie y peso individual de los mismos. El NG es el producto del número de plantas por unidad de superficie, el número de espigas granadas por plantas y el número de granos por espiga. [ecuación 2].

$$R = pl/m^2 * esp/pl * gr/esp * pg \text{ [ecuación 2].}$$

Donde, pl/m^2, es el número de plantas por unidad de superficie; esp/pl, es el número de espigas por planta; gr/esp, es el número de granos por espiga y pg, es el peso de los granos.

En maíz, el rendimiento está más asociado al número final de granos logrados que al peso de los mismos. La generación de estructuras capaces de dar origen a un grano no es un factor determinante del número final que alcanza a la madurez. Diversos autores (Cirilo & Andrade 1994; Otegui 1997; Otegui & Andrade 2000; Otegui & Melón 1997) han señalado que para lograr aumentos de rendimientos es más importante aumentar la supervivencia de dichas estructuras que el número potencial de granos. Consecuentemente, el análisis de diversos factores determinantes del aborto de dichas estructuras potencialmente aptas para generar un grano es un factor de gran importancia

para tener en cuenta en esta especie. Se ha determinado que el NG queda establecido en un período de aproximadamente 30 días centrado en la floración, motivo por el cual es definido como el período crítico. La incidencia de un estrés hídrico (Grant et al., 1989; Hall et al., 1981; Westgate & Boyer 1986) o lumínico (Fischer & Palmer 1984; Kiniry & Ritchie 1985) provoca mayores mermas en el NG cuando tiene lugar en este período, que coincide con el crecimiento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio de llenado de granos. La etapa pre “silking”1 del período crítico determina el número de espigas fértiles por planta (i.e. aquellas que expondrán sus estigmas y podrán dar granos cosechables), mientras que en la etapa post “silking” se define el número final de granos (Otegui & Bonhomme, 1998). El estado fisiológico de cada planta al inicio del período crítico, condiciona su éxito reproductivo, probablemente a través de cambios en la partición de asimilados a la espiga (Pagano & Maddonni, 2005). El crecimiento de las plantas durante el período crítico no afecta el desarrollo (i.e. morfogénesis de la espiga) sino el crecimiento de las estructuras reproductivas (Otegui & Melón, 1997). El rendimiento entonces, no estaría limitado por el número potencial de granos (i.e. flores fértiles) sino por el aborto de los mismos. El aborto de ovarios fertilizados tardíamente es una importante fuente de reducción del NG en maíz.

La cantidad de granos fijados es proporcional a la cantidad de radiación interceptada en los momentos críticos, alrededor de la antesis. (lapso que se extiende desde unos 15 días antes hasta unos 20 días después de la floración), (V13 a R3). Existe una estrecha relación entre la cantidad de granos fijados y la intercepción de radiación medida quince días posteriores a la floración). Por lo tanto, la partición de la materia seca hacia los granos va a estar influenciada por la cantidad de radiación solar durante el período crítico y por la temperatura (si esta es menor, el ciclo del cultivo se alarga y le permite interceptar más radiación y a su vez, reducir la respiración de mantenimiento). El peso del grano es función de la duración del período de llenado y de la tasa de llenado (Andrade et al., 1996).

Cuando las defoliaciones ocurren durante el período de llenado de granos se reduce el peso individual de los mismos debido a un acortamiento del período efectivo de llenado. Los mayores efectos sobre este componente se observan cuando la defoliación ocurre en el estadío de grano lechoso (Andrade et al., 1996).

El rendimiento está directamente relacionado a las condiciones a las que está expuesta la planta durante el periodo crítico (15 días antes y después de floración femenina) (Figura 1), entendiendo por el mismo al período de tiempo en el cual un estrés, ya sea biótico o abiótico, causa las mayores mermas en ese rendimiento.

Figura 1. Variaciones del número y del peso de los granos de un cultivo de maíz sometido a estrés hídrico, donde puede apreciarse el período crítico en la generación del rendimiento (extraído de Maddonni, 2011).

La planta que se encuentre bajo condiciones de estrés reducirá notablemente la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), provocando esto marcadas reducciones en el rendimiento. La TCC durante el período crítico es dependiente de la cantidad de radiación solar incidente, de la proporción de la misma que el cultivo es capaz de interceptar mediante su índice de área foliar (IAF), y de la eficiencia con que transforma la radiación en materia seca (EUR). Por tal motivo, es fundamental llegar a dicho período con un índice de área foliar crítico (IAFc) de 4. (Andrade et al., 1996).

En el período de cuatro semanas centrado en la floración femenina, el cultivo de maíz es particularmente sensible a cualquier estrés de crecimiento en cuanto al número final de granos logrados (Hall et al., 1981; Fischer & Palmer, 1984; Kiniry & Ritchie, 1985). Durante dicho período ocurre el crecimiento activo de la espiga, la aparición de los estigmas (barbas) y el comienzo del llenado del grano (Otegui & Bonhomme, 1998). Durante la primera mitad del período crítico, previa a la aparición de los estigmas, queda

determinado el número de espigas por planta capaces de granar, mientras que en la segunda mitad se determina el número de granos fijados por espiga granada. El número de granos cosechados en el cultivo responde a las variaciones en la tasa de crecimiento que experimenta el cultivo durante el período crítico, este comportamiento está relacionado con el estado fisiológico de las plantas individuales en el cultivo alrededor de la floración. Dicho estado se refleja en su tasa de crecimiento, y determina su capacidad para fijar granos durante esa etapa crítica (Figura 2) (Vega et al., 2001).

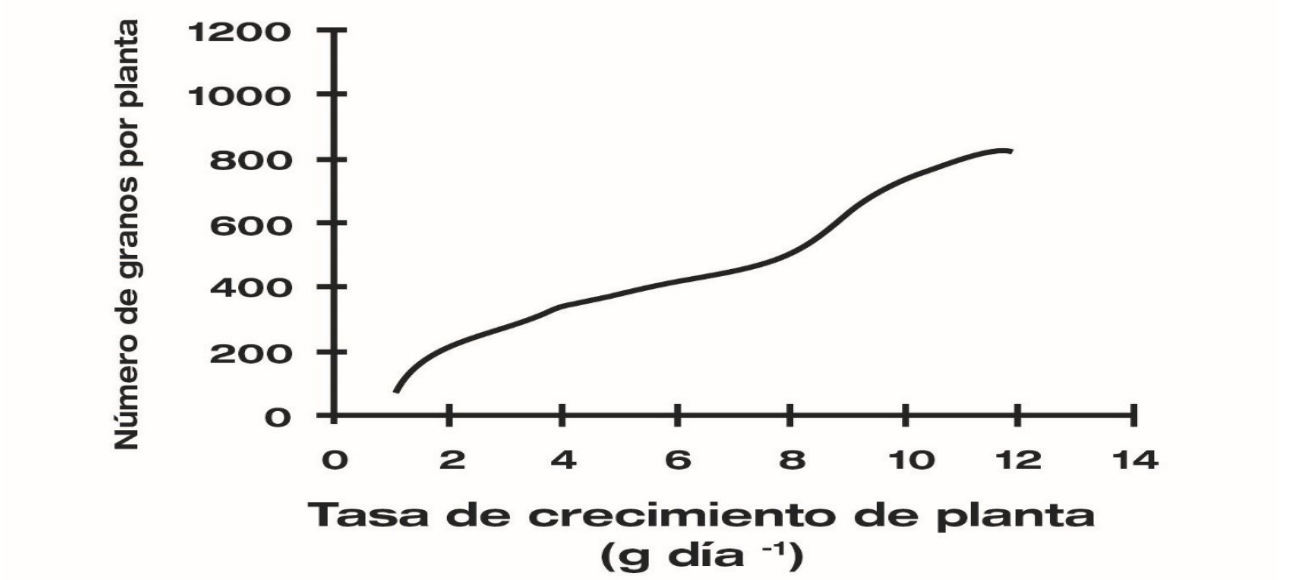


Figura 2: - Relación entre el NG logrados y la tasa de crecimiento del cultivo durante el período entre dos semanas previas y dos semanas posteriores a la floración femenina en maíz (Adaptado de Andrade et al., 1999).

El segundo componente del rendimiento, el peso del grano (PMG), resulta de la duración de su período de llenado y de la tasa a la cual acumula materia seca. En la etapa inmediatamente posterior a la fecundación, durante la cual la espiga completa su alargamiento y queda determinado el NG cosechables, queda también determinado el tamaño potencial del grano y su tasa de llenado, en respuesta a la disponibilidad de asimilados por grano (Gambin et al., 2006). Variaciones en las condiciones de crecimiento del cultivo durante el período de llenado efectivo del grano también pueden afectar su peso final al modificar la disponibilidad de fotoasimilados (fuente) para cada grano en

crecimiento (Tollenaar & Daynard, 1978 a y b; Cirilo y Andrade, 1996; Gambin et al., 2008). Ante reducciones transitorias en la tasa fotosintética de la planta durante esa etapa lineal de crecimiento del grano, su tasa de crecimiento se mantiene relativamente constante gracias a la re-movilización de carbohidratos almacenados en órganos de reserva (Kiniry et al., 1992; Rajcan &Tollenar, 1999). Sin embargo, aunque las reducciones en la disponibilidad de asimilados no afecten la tasa de llenado del grano, sí pueden dar lugar a un acortamiento de la duración del llenado (Gambin et al., 2007).

Impacto del daño foliar en la productividad del maíz

Uno de los principales objetivos a alcanzar en el manejo de los cultivos de alta producción, es que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente, fuente de energía utilizada para la producción de materia seca. Si este aparato foliar es dañado, se reduce la radiación interceptada por el cultivo y es esperable una disminución del peso seco (biomasa) del mismo y como posible consecuencia, una merma en el rendimiento (Bantle et al., año 2011).

Correlacionar el daño foliar, causado por cualquier evento, con la pérdida de rendimiento es una herramienta muy valiosa para la toma de decisiones en el proceso productivo (CIMMYT, 2016). La severidad de esa reducción dependerá, no solo de la cantidad de área foliar removida, sino también del estado de desarrollo del cultivo cuando ocurrió el daño. Al producirse la defoliación, la planta pierde su capacidad de producir materia seca, lo que ocasiona una reducción del rendimiento, dicha reducción no es directamente proporcional a la disminución de área foliar, debido al incremento de producción de materia seca en el área foliar remanente y a la re-movilización de asimilados de otras partes de la planta a la espiga en desarrollo (Klein y Shapiro, 2011). Si bien hay estudios que correlacionan la defoliación parcial y la disminución del rendimiento (Vorst, 1990; Lauer et al., 2004), se conoce poco sobre cuál es el efecto de otros daños que no impliquen la remoción total del área foliar, por ejemplo, el daño por rasgado de las hojas del maíz. Supuestamente las hojas rasgadas que permanecen verdes y unidas a la planta seguirán realizando la fotosíntesis, aunque no se tiene certeza de la capacidad fotosintética de hojas con este tipo de daño, más aun, teniendo en cuenta que muchas veces el rasgado viene acompañado de la ruptura o quiebre de la nervadura central. Este factor tampoco ha sido mencionado como un daño depresor del rendimiento

en maíz. En todos los casos es importante determinar de manera precisa el porcentaje de hoja muerta para correlacionarla con la merma de rendimiento (Nielsen, 2011).

PALABRAS CLAVE: maíz, daño, pérdida de rendimiento.

HIPÓTESIS

La merma del rendimiento en maíz, provocado por el rasgado y/o quiebre de las hojas, varía de acuerdo al tipo de daño y al momento de ocurrencia en la ontogenia del cultivo.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el impacto en el rendimiento del cultivo de maíz por diferentes tipos de daños en el área foliar (rasgado y quebrado) en cuatro momentos de la ontogenia del cultivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el comportamiento del maíz debido a modificaciones del área foliar en cuatro momentos fenológicos.
- Diferenciar el impacto en el rendimiento por tipo de daño foliar: rasgado con o sin quiebre de la nervadura central.
- Identificar componentes del rendimiento afectados por la combinación de daño y momento fenológico de ocurrencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo durante los ciclos agrícolas 2016/17 y 2017/18 en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Lat.: 33°56´S; Long.: 60°33´O), sobre un suelo Argiudol típico Serie Pergamino (Pe), caracterizado por ser un suelo oscuro, muy profundo y bien drenado formado sobre sedimentos loéssicos franco limosos gruesos. Corresponde a un paisaje de lomas y pendientes con gradiente de 0 a 1 % en la Región Pampa Ondulada. Según la clasificación taxonómica del USDA pertenece a un Argiudol Típico, Fina, illítica, térmica (USDA-SoilTaxonomy, 2006).

El diseño utilizado fue en bloques completamente aleatorizado con distribución factorial de tratamientos con tres repeticiones, cuyas unidades experimentales fueron de 4 surcos de 10 m de largo con un espaciamiento entre hileras de 0,52 m.

El modelo para este experimento es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde μ es la media general, τ es el efecto tratamiento, β es el efecto año y γ es el efecto del estado fenológico. Tratamiento * año (τ*β), tratamiento * estado fenológico (τ*γ) + año * estadio fenológico(β* γ) + tratamiento*año* estado Fenológico(τ*Y*β) + error (ε) donde τi, βj y γk: Son los efectos producidos por el nivel i-ésimo del factor A, (i τi = 0), por el nivel j-ésimo del factor B, j βj = 0 y por el nivel k-ésimo del factor C, (k γk = 0), respectivamente. (τ β) ij, (τ γ) ik, (βγ) jk y (τβγ) ijk: Son los efectos producidos por las interacciones entre A × B, A × C, B × C y A × B × C, respectivamente.

Los tratamientos evaluados en esta experiencia se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos para evaluar el efecto del rasgado y quebrado de hojas sobre la productividad del cultivo de maíz en la localidad de Pergamino (Buenos aires).

Año	Tratamiento	Estado fenológico
2017	SRSQ	V_6
2017	CRSQ	V_6
2017	CRCQ	V_6
2017	SRSQ	V_{13}
2017	CRSQ	V_{13}
2017	CRCQ	V_{13}
2017	SRSQ	R_1
2017	CRSQ	R_1
2017	CRCQ	R_1
2017	SRSQ	R_3
2017	CRSQ	R_3
2017	CRCQ	R_3
2018	SRSQ	V_6
2018	CRSQ	V_6
2018	CRCQ	V_6
2018	SRSQ	V_{13}
2018	CRSQ	V_{13}
2018	CRCQ	V_{13}
2018	SRSQ	R_1
2018	CRSQ	R_1
2018	CRCQ	R_1
2018	SRSQ	R_3
2018	CRSQ	R_3
2018	CRCQ	R_3

Las abreviaturas de la tabla se detallan a continuación: SRSQ: sin rasgado y sin quiebre, CRSQ: con rasgado y sin quiebre, CRCQ: con rasgado con quiebre. V_6: sexta hoja expandida, V_{13}: decimotercera hoja expandida, R_1: floración femenina y R_3: grano lechoso, escala fenológica propuesta por Ritchie & Hanway (1982), y se estableció que, al menos, el 50% de las plantas de cada tratamiento debía estar en cada estadio.

Fueron sembradas 7,5 semillas.m^{-2} del híbrido comercial DK7210VT3P bajo la práctica de Siembra Directa. La fecha de siembra fue del 14 de octubre para el año 2016 y del 18 de octubre para el año 2017. Para el control de malezas de barbecho se utilizó 2,4-D + glifosato y en preemergencia una mezcla de tanque de atrazina, metolaclor y glifosato. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con una mezcla física (N_7-$PO_5$40-K0-S_5) en una dosis de 90 kg.ha^{-1} y en V_6 con urea a razón de 200 kg.ha^{-1}. Se midió el contenido de agua útil en el suelo en el momento de la siembra. Las muestras de suelo fueron compuestas y extraídas a intervalos de 20 cm con barreno. Se determinó el agua útil al momento de la siembra, por el método gravimétrico mediante secado en estufa a 105°C hasta peso constante (Gardner, 1986).

El rasgado se realizó de forma manual, en todas las láminas de las hojas expandidas de las plantas para cada momento ontogénico. (Anexo III)

En cada tratamiento, el rendimiento (R) fue estimado por medio de la cosecha manual de 3 m lineales de los 2 surcos distanciados a 0,52m. El peso de mil granos (PMG) se calculó mediante el conteo de mil granos que posteriormente fueron pesados y se expresó en gramos. El número de granos/m^2 (NG) fue estimado mediante la relación PMG y el peso total de la muestra en los 1,56 m^2. El R y sus componentes se calcularon en base de un 14% de humedad.

El registro de temperatura (mínimo y máximo mensual) y precipitaciones mensuales utilizados fueron los de la estación agrometeorológica de la EEA Pergamino del INTA. (Anexo II)

Los datos fueron evaluados por medio de un análisis de la varianza (ANAVA), con la comprobación de supuestos teóricos correspondientes.

Posteriormente, se realizaron las comparaciones de medias a través de la prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher (nivel de significancia: 0,05). Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2011), (Anexo I).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta experiencia demostraron que hay una interacción significativa ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos con daño foliar y el año de evaluación del mismo. Asimismo, se ha observado una interacción significativa ($p \leq 0,05$) entre el efecto año y el estado fenológico en donde se produce en el daño foliar; como así también entre los tratamientos con daño foliar y el estado fenológico (Tabla 3) y Anexo I.

El R de maíz se redujo significativamente ($p \leq 0,05$) en los tratamientos con rasgado en hojas y el quiebre de la nervadura central de la misma.

En ambos años las plantas con rasgado en hojas y quiebre en la nervadura central tuvieron menores R que aquellas con rasgado en hojas únicamente o sin daño foliar (Tabla 3). El componente de rendimiento afectado por el daño foliar fue el NG, pero no el PMG.

En la interacción entre el año y el estado fenológico se observó que en 2017 la reducción del R fue mucho más severa que en 2018. En términos generales no hubo grandes diferencias climáticas de temperatura y humedad entre los años 2017 y 2018 (Anexo II), y las mayores pérdidas de R por daño foliar en 2017 se deban al exceso de precipitaciones en el mes de diciembre (Anexo II). En 2017 los daños foliares en R_1 fueron significativamente mayores ($p \leq 0,05$) que en V_6, V_{13} y R_3 (Tabla 3). En cambio, en 2018 el efecto del daño foliar sobre el R se observó con más intensidad entre los estados fenológicos de V_{13} y R_1. Tanto el NG como el PMG fueron afectados por el daño foliar, observándose las mayores pérdidas en el estado fenológico de R_1 en 2017 (Tabla 3).

El daño foliar y su relación con el estado fenológico fue significativamente superior ($p \leq 0,05$) en R_1 con o sin quiebre de la nervadura central. Sin embargo, no se diferenció estadísticamente ($p \leq 0,05$) del estado V_{13}; cuando además del rasgado foliar se produce el quiebre de la nervadura centran de la hoja (Tabla 3). El NG y el PMG no tuvieron un efecto significativo ($p \leq 0,05$) en esta interacción.

Tabla 3. Número de granos m^{-2} (NG), peso de mil granos (PMG) en gramos y rendimiento (R) en kg ha^{-1} y su relación con las variables año, estado fenológico y tratamientos (testigo, rasgado y rasgado con quiebre)

	NG	PMG	R
Año*Tratamiento			
2017-con rasgado y con quiebre (CRCQ)	2986**A**		8513**A**
2017- con rasgado y sin quiebre (CRSQ)	3105**A**		8963**A**
2018-CRCQ	3593**B**		10550**B**
2018-CRSQ	3696**BC**		10912**B**
2018- sin rasgado y sin quiebre (SRSQ)	3842**C**		11866**C**
2017-SRSQ	3902**C**		12012**C**
Año*Estado fenológico			
2017-R_1: floración femenina	3035**A**	287**A**	8804**A**
2017-V_{13}: decimotercera hoja expandida	3244**AB**	300**BC**	9768**B**
2017-R_3: grano lechoso	3306**B**	298**B**	9876**B**
2018-V_{13}	3623**C**	297**AB**	10763**C**
2018-R_1	3673**C**	294**AB**	10853**C**
2017-V_6: sexta hoja expandida	3738**C**	290**AB**	10869**C**
2018-R_3	3774**C**	295**AB**	11156**CD**
2018-V_6	3771**C**	309**C**	11667**D**
Tratamiento*Estado fenológico			
CRCQ-R_1			8550**A**
CRSQ-R_1			8996**A**
CRCQ-V_{13}			9159**AB**
CRSQ-V_{13}			9699**BC**
CRCQ-R_3			9722**BC**
CRSQ-R_3			9886**C**
CRCQ-V_6			10695**D**
CRSQ-V_6			11169**D**
SRSQ-V_{13}			11939**E**
SRSQ-R_3			11939**E**
SRSQ-R_1			11939**E**
SRSq-V_6			11939**E**
Año	**	n.s.	**
Tratamiento	**	**	**
Estado fenológico	*	n.s.	**
Repetición	n.s.	*	n.s.
Año*Tratamiento	*	n.s.	**
Año*Estado fenológico	*	*	*
Tratamiento*Estado fenológico	n.s.	n.s.	*
Año*Tratamiento*Estado fenológico	n.s.	n.s.	n.s.

Referencias: **n.s.**: No significativo, *: significativo y **: altamente significativo

Los tratamientos con quebrado en la nervadura central, en general, ocasionaron una disminución del R superior respecto a los tratamientos sin quebrado. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en el R y sus componentes, dentro de cada estado fenológico y tratamiento (Tabla 3). El daño foliar redujo significativamente el R del maíz, siendo más importante en R_1.

El daño foliar (rasgado más quiebre) no permite que la hoja mantenga una posición erecta, reduciendo la eficiencia de intercepción de radiación fotosintéticamente activa; la cual tiene una estrecha relación con el R y la producción de biomasa aérea. El canopeo del cultivo de maíz, que presente hojas con tendencia vertical por encima de la espiga; pueden ser más productivos que aquellos cultivares de maíz con hojas en posición horizontal (Pendleton & Hammond, 1969; Loomis & Williams 1968; Whigham & Woolley, 1974).

En los estados vegetativos tempranos del cultivo de maíz (V_6), se observó un menor efecto del daño foliar, debido a que en ese momento sigue habiendo una conexión entre la lámina y la planta a través de la nervadura y posteriormente se registra la aparición de nuevas hojas (Cabada & Ahumada, 2016).

El daño foliar es un estrés abiótico en la planta de maíz y el resultado es una reducción en el R; que depende de la intensidad y el momento del estrés durante el período crítico (Borras *et al*., 2004). En nuestra investigación se ha observado que las mayores pérdidas de R en maíz por causa del daño foliar se producen entre V_{13} y R_3. En este intervalo se encuentra el período crítico del cultivo para la definición de R en granos.

En esta investigación no se ha evaluado las pérdidas de R causadas por el daño foliar en estados fenológicos posteriores a R_3. Cabada & Ahumada, (2016) demostraron que solamente se observarán pérdidas de R en maíz bajo severas defoliaciones; debido a que los granos ya están formados y el proceso de llenado de estos se encuentran en las etapas finales. En tal sentido es importante resaltar que en términos general nosotros observamos mayores pérdidas de R en R_1 que en R_3.

El NG disminuyó con el daño foliar, especialmente en 2017 y en los estados fenológicos cercanos a R_1 (Tabla 3). El NG se relaciona directamente con la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en el período que rodea a la floración (Cárcova, Borrás & Otegui, 2005). El rasgado en las hojas reduce el área foliar y por ende la captura de la

radiación incidente en el cultivo; disminuyendo así la TCC en el período crítico (Andrade et al, 1996 & Andrade *et al*, 1999). El NG fue el principal componente de R en maíz.

El daño foliar en R_1 redujo significativamente el PMG especialmente entre V_{13} y R_3, que es el intervalo en donde se desarrollan los granos y luego comenzarán a llenarse (Tabla 3). Asimismo, las mayores pérdidas en el PMG en maíz por causa del daño foliar se observaron durante el año 2017 (Tabla 3). El peso del grano se genera durante una sucesión de etapas a partir de la fecundación del ovario que ocurre durante el estado fenológico de R_1 (Cárcova, Borrás & Otegui, 2005). La primera etapa del llenado de granos se denomina "*lag*" y corresponde a un período formativo del grano. En esta fase comienza a determinarse el peso potencial del grano de maíz y la determinación del número de granos (Cirilo & Andrade, 1994 & Otegui & Bonhomme, 1998). Asimismo, en esta etapa se establece en número de células en el endosperma y por ende el lugar de deposición del almidón (Jones, Shreiber & Roessler, 1996). En términos generales el elevado peso del grano en maíz se debe principalmente a la constante tasa de deposición de almidón por unidad de superficie de gránulos de almidón a lo largo de todo el endosperma. En tal sentido el rasgado de las hojas en entre V_{13} y R_3 (Tabla 3) podría reducir el establecimiento de células en el endosperma y por ende el peso individual del grano de maíz.

CONCLUSIONES:

Se acepta la hipótesis, el efecto rasgado de la hoja y el quiebre de la nervadura central provocó mermas significativas ($p \leq 0,05$) en el rendimiento y sus componentes, principalmente en los estados fenológicos cercanos a floración.

El peso de mil granos no tuvo modificaciones significativas ($p \leq 0,05$) en relación al año de evaluación y al daño foliar.

Los daños foliares durante el período crítico del cultivo de maíz redujeron significativamente el R ($p \leq 0,05$).

En futuras tesinas relacionadas con el tema, se recomienda realizar estudios más exhaustivos en la comparación del daño foliar por rasgado y quiebre, con otros tipos de deterioros foliares, como por ejemplo las enfermedades del follaje.

BIBLIOGRAFÍA:

Andrade F.; Cirilo A.G; Uhart S.A. & Otegui. M.E. 1996. Ecofisiología del cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa y Dekalb Press. 292 pp.

Andrade, F.H.; Vega C.; Uhart S.; Cirilo A.; Cantarero M. & Valentinuz O. 1999. Kernel number determination in maize. Cropsci. 39:453-459.

Bantle, A.; Cabrera, S. N.; Carrillo, D.; Martinelli, E. 2011.Incidencia del daño foliar por granizo sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Revista Agromensajes UNR. 12/2011.

Bolsa de Cereales de Buenos Aires. 2018. U.S.D.A.: Estimaciones de Oferta y Demanda Mundial 2017/18. (Verificación: 10/04/2018)

Borrás, L. & Otegui M.E. 2001. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. CropScience, 41:1816-1823

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 CropsResearch. P.86:131-146.

Cabada S. & Ahumada M. 2016. Incidencia del daño foliar sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). (Serie Extensión INTA Paraná Nº 79:13-17).

Cárcova J., Borrás L. & Otegui M.E. 2005. Capítulo 8. Sartore, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente, E.B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E.; Savin, R. 2005. Producción de Granos, Bases funcionales para su manejo. - Editorial Facultad de Agronomía UBA. 783 p.

Cirilo, A.G. & Andrade F.H. 1994. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Cropsci.* 34:1044-1046.

Cirilo, A.G. & Andrade, F.H. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. Crop Science 36:325-331.

CIMMYT 2016. http://maizedoctor.org/es/defoliacion. (Verificación: 20/04/2016).

Di Rienzo JA., Balzarini M., Gonzalez L., Casanoves F., Tablada M. & C.W. Robledo. 2011. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Eyhérabide G. H. 2015. Bases para el manejo del cultivo de maíz. EEA Balcarce. Buenos Aires: Ediciones INTA. Pp.

FAO., (Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y Alimentación). 1995. Introducción al maíz y su importancia. http://www.fao.org/3/x7650s02.htm#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20es%20de%20gran,gran%20n%C3%BAmero%20de%20productos%20industriales.

Fischer K.S. & Palmer, F.E.. 1984. Tropical maize. In P.R. Goldsworthy & N.M. Fisher (Eds.). The physiology of tropical field crops. Wiley. p. 213- 248.

Forjan, H. (2012). Maíz, un cultivo imprescindible en la rotación. AGROSITIO. https://www.agrositio.com.ar/noticia/73521-maiz-un-cultivo-imprescindible-en-la-rotacion

Gambín, B. L., Borrás, L. & Otegui M. E. 2006. Source-sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. Field Crops Res. 95: 316-326.

Gambín, B.L., Borrás, L. & Otegui, M.E. 2007. Kernel Water Relations and Duration of Grain Filling in Maize Temperate Hybrids. Field Crops Res. 101:1-9.

Gambín, B.L., Borrás, L. & Otegui, M.E. 2008. Kernel weight dependence upon plant growth at different grain-filling stages in maize and sorghum. Australian Journal of Agric. Res. 59 (3):280-290

Gardner, W.H. 1986. Water content. *In:* Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Agronomy 9: p. 493-544.

Grant, R; Jackson, B.; Kiniry, J. & Arkin, G.1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. Agron. J., 81:61-65.

Hall A.J., J.H. Lemcoff & N. Trapani. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. Maydica 26:19-38.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina. Carta de suelos de la República Argentina: hoja Pergamino [3360-32]. Buenos Aires: INTA, 1972. p. 106.

Jones, R.J.; Shreiber B.M.N. & Roessler J. A. 1996. Kernel sink capacity in maize: genotipic and maternal regulation. *Crop Sci.* 36:301-306.

Kiniry, J.R. & J.T. Ritchie. 1985. Shade-sensitive interval of kernel number in maize. Agron. J. 77:711-715.

Kiniry, J.R., C.R. Tischler, W.D. Rosenthal & Gerik T.J. 1992. Nonstructural carbohydrate utilization by sorghum and maize shaded during grain growth. CropSci. 32:131-137

Klein, R.N & Shapiro, C.A. 2011. Evaluating Hail Damage to Corn. University of Nebraska Lincoln Extension Publications. EC126.

Lauer, J.G., Roth, G.W., & Bertram, M.G. 2004. Impact of defoliation on corn forage yield. Agronomy Journal 96: 1459-1463.

Loomis, R.S. & Williams, W.A. 1969. Productivity and themorphologyofcrop stands: patterns and leaves. En Eastin JD, Haskins FA, Sullivan CY, Van Bavel CHM (eds). Physiological aspects of crop yield. CSSA and ASA. Madison, WI. p. 28-45.

Maddonni, GA. 2011. Bases funcionales y genéticas de la respuesta al estrés en el cultivo de maíz. Mundo Soja-Maíz. 7 y 8 de Junio. Centro de Convenciones UCA de Puerto Madero (Bs. As.).

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (MAGyP). 2018. *Estimaciones Agrícolas*. (2018). https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/granos/

Nielsen, R.L. (Bob). 2011. Recovery From Hail Damage to Young Corn. Corny News Network, Purdue Univ. Consultado Jun. 2012. Disponible en: http://www.kingcorn.org/news/timeless/HailDamageYoungCorn.html.

Otegui, M. & Bonhomme, R. 1998. Grain yield components in maize. I Ear growth and kernel set. *Field Crops Res*. 56:247-256.

Otegui, M.E. & Melon, S. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: I. Sowing date effects. Crop Sci. 37:441–447

Pagano, E. & Maddonni, G.A. 2007. Intra-specific competition in maize: early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. Field Crops Res. 101, 306–320.

Pendleton, J. W.; Hammond J.J., 1969: Relative photosyntetic potential for grain yield of various leaf canopy level sof corn. *Agronomy journal 61:911-913.*

Rajcan, I & Tollenaar M. 1999. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. Field Crops Res. 60:245-263

Ritchie, J.T. & Hanway, J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa. Special Report N° 48.

Satorre, H.; Benech Arnold, RI.; Slafer GA.; De la Fuente, EB.; Miralles, DJ.; Otegui, ME. & Savin, R. año. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Buenos aires: Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos aires, 2003-2004. p. 783.

Tollenaar, M. & Daynard, T.B. 1978 a. Effect of defoliation on kernel development in maize. Can. J. Plant Sci. 58:207-212.

Tollenaar, M. & Daynard, T.B. 1978 b. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. Agron. J. 70:219-223.

USDA, (United States Department of Agriculture). 2018. National Agricultural Statistics Service.

USDA Soil taxonomy. 2006

Vega, C.R.C., Andrade F.H., Sadras V.O., Uhart S.A., & Valentinuz O.R. 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize. Crop Science 41:748-754.

Vorst, J.V. 1990. Assessing hail damage to corn. Purdue University. Disponible en: http://www.ces.purdue.edu/extmedia/nch/nch-1.html.

Whigham D.K. & Woolley. D.G. 1974. Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. Agron. J. 66:466-482.

Westgate, M. E. & Boyer, J. S. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Science, 26:951-956

Willey R.W. & Heath S.B. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop. Advances in Agronomy, 21:281-321.

ANEXOS

ANEXO I: Análisis Estadístico:

Anexo I.1. Análisis de la varianza para el rendimiento en función del año, tratamiento y estados fenológicos.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
R	72	0,92	0,87	5,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	165116225	25	6604649,01	20,32	<0,0001
año	29494220,9	1	29494220,9	90,73	<0,0001
Tratamiento	79742262,3	2	39871131,1	122,65	<0,0001
Estado fenológico	19661714,8	3	6553904,93	20,16	<0,0001
repetición	217043,26	2	108521,63	0,33	0,7179
año*Tratamiento	18316764,7	2	9158382,36	28,17	<0,0001
año*Estado fenológico	4075010,49	3	1358336,83	4,18	0,0107
Tratamiento*Estado fenológico	10079024,3	6	1679837,38	5,17	0,0004
año*Tratamiento*Estado fenológico	3530184,56	6	588364,09	1,81	0,1181
Error	14953364	46	325073,13		
Total	180069589	71			

Anexo I.2. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el rendimiento en función al año y al tratamiento

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=468,52860

Error: 325073,1306 gl: 46

Año	Tratamiento	Medias	n	E.E.			
2017	CRCQ	8513,38	12	164,59	**A**		
2017	CRSQ	8963,92	12	164,59	**A**		
2018	CRCQ	10550,75	12	164,59		**B**	
2018	CRSQ	10912,36	12	164,59		**B**	
2018	SRSQ	11866,89	12	164,59			**C**
2017	SRSQ	12012,5	12	164,59			**C**

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

Anexo I.3. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el rendimiento en función al año y estado fenológico.

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=541,01023

Error: 325073,1306 gl: 46

Año	Estado fenológico	Medias	n	E.E.				
2017	R1	8804,5	9	190,05	**A**			
2017	V13	9768,94	9	190,05		**B**		
2017	R3	9876,52	9	190,05		**B**		
2018	V13	10763,2	9	190,05			**C**	
2018	R1	10853,25	9	190,05			**C**	
2017	V6	10869,77	9	190,05			**C**	
2018	R3	11156,4	9	190,05			**C**	**D**
2018	V6	11667,15	9	190,05				**D**

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

Anexo I.4. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el rendimiento en función al tratamiento y estado fenológico.

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=662,59950

Error: 325073,1306 gl: 46

Tratamiento	Estado fenológico	Medias	n	E.E.					
CRCQ	R1	8550,5	6	232,76	**A**				
CRSQ	R1	8996,44	6	232,76	**A**				
CRCQ	V13	9159,2	6	232,76	**A**	**B**			
CRSQ	V13	9699,32	6	232,76		**B**	**C**		
CRCQ	R3	9722,78	6	232,76		**B**	**C**		
CRSQ	R3	9886,91	6	232,76			**C**		
CRCQ	V6	10695,79	6	232,76				**D**	
CRSQ	V6	11169,89	6	232,76				**D**	
SRSQ	V13	11939,69	6	232,76					**E**
SRSQ	R3	11939,69	6	232,76					**E**
SRSQ	R1	11939,69	6	232,76					**E**
SRSQ	V6	11939,69	6	232,76					**E**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p >

0,05)

Anexo I.5. Análisis de la varianza para el NG en función del año, tratamiento y estados fenológicos.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV	
NG	72	0,8	0,69	7,62	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13053818,6	25	522152,74	7,25	<0,0001
año	2590888,45	1	2590888,45	35,97	<0,0001
Tratamiento	4599143,55	2	2299571,78	31,92	<0,0001
Estado fenológico	1627683,34	3	542561,11	7,53	0,0003
repetición	112099,35	2	56049,68	0,78	0,4652
año*Tratamiento	1741754,54	2	870877,27	12,09	0,0001
año*Estado fenológico	878287,68	3	292762,56	4,06	0,0121
Tratamiento*Estado fenológico.	917344,22	6	152890,7	2,12	0,0687
año*Tratamiento*Estado fenológico.	586617,48	6	97769,58	1,36	0,252
Error	3313582,25	46	72034,4		
Total	16367400,9	71			

Anexo I.6. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el NG en función al año y tratamiento.

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=220,55430

Error: 72034,3966 gl: 46

Año	Tratamiento	Medias	n	E.E.			
2017	CRCQ	2986,02	12	77,48	**A**		
2017	CRSQ	3105,04	12	77,48	**A**		
2018	CRCQ	3593,33	12	77,48		**B**	
2018	CRSQ	3696,34	12	77,48		**B**	**C**
2018	SRSQ	3842,42	12	77,48			**C**
2017	SRSQ	3902,85	12	77,48			**C**

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

Anexo I.7. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el NG en función al año y estado fenológico.

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=254,67417

Error: 72034,3966 gl: 46

año	Estado fenológico	Medias	n	E.E.			
2017	R1	3035,31	9	89,46	**A**		
2017	V13	3244,86	9	89,46	**A**	**B**	
2017	R3	3306,22	9	89,46		**B**	
2018	V13	3623,66	9	89,46			**C**
2018	R1	3673,64	9	89,46			**C**
2017	V6	3738,83	9	89,46			**C**
2018	V6	3771,39	9	89,46			**C**
2018	R3	3774,09	9	89,46			**C**

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

Anexo I.8. Análisis de la varianza para el PMG en función del año, tratamiento y estados fenológicos.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
PMG	72	0,68	0,51	3,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11149,15	25	445,97	3,93	<0,0001
año	437,19	1	437,19	3,86	0,0556
Tratamiento	5204,26	2	2602,13	22,95	<0,0001
Estado fenológico	852,53	3	284,18	2,51	0,0707
repetición	816,83	2	408,42	3,6	0,0352
año*Tratamiento	243,97	2	121,98	1,08	0,3494
año*Estado fenológico	1419,3	3	473,1	4,17	0,0107
Tratamiento*Estado fenológico.	630,86	6	105,14	0,93	0,4844
año*Tratamiento*Estado fenológico.	1544,21	6	257,37	2,27	0,053
Error	5215,03	46	113,37		
Total	16364,18	71			

Anexo I.9. Prueba de diferencia mínima significativa restringida de Fisher, para el PMG en función al año y estado fenológico.

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,10333

Error: 113,3702 gl: 46

Año	Estado fenológico	Medias	n	E.E.			
2017	R1	287,52	9	3,55	**A**		
2017	V6	290,95	9	3,55	**A**	**B**	
2018	R1	294,99	9	3,55	**A**	**B**	
2018	R3	295,72	9	3,55	**A**	**B**	
2018	V13	297,56	9	3,55	**A**	**B**	
2017	R3	298,75	9	3,55		**B**	
2017	V13	300,67	9	3,55		**B**	**C**
2018	V6	309,33	9	3,55			**C**

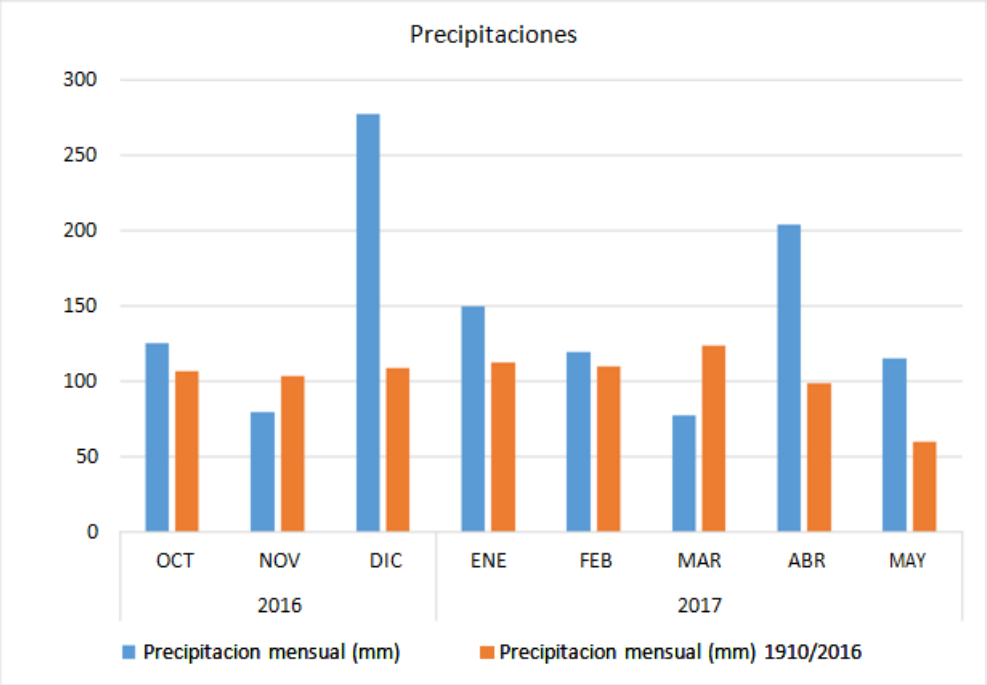
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo II. Datos climáticos

1- Datos Climáticos:

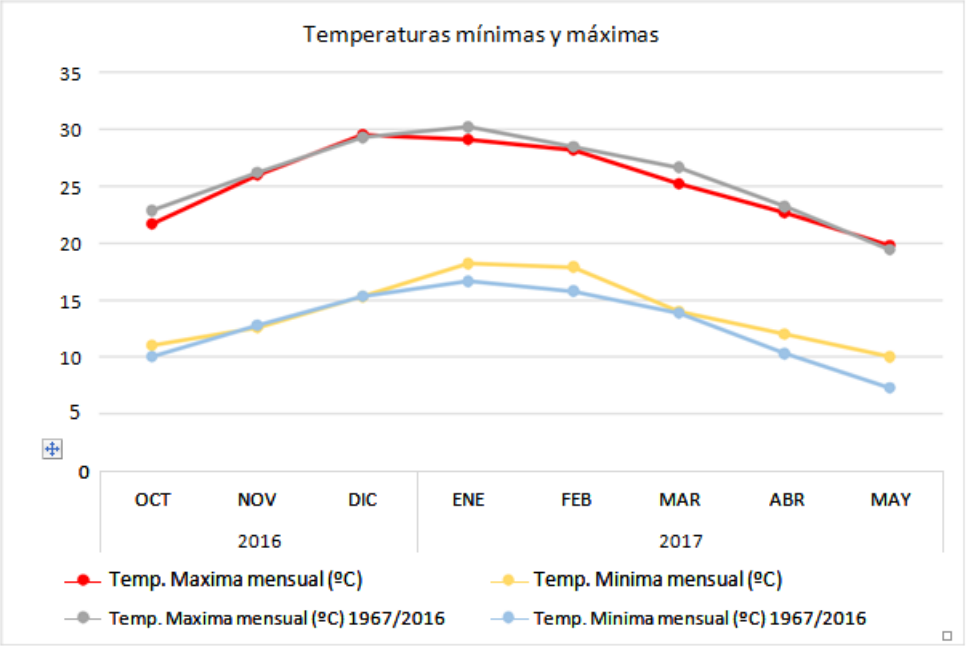
2016-2017

La campaña **2016-2017** fue muy particular en cuanto a las condiciones climáticas, si bien pareciera que las precipitaciones ocurridas llegan a cubrir los requerimientos del cultivo; se observaron marcados periodos de sequía seguidos de intensos eventos de lluvias de corta duración (figura 1).



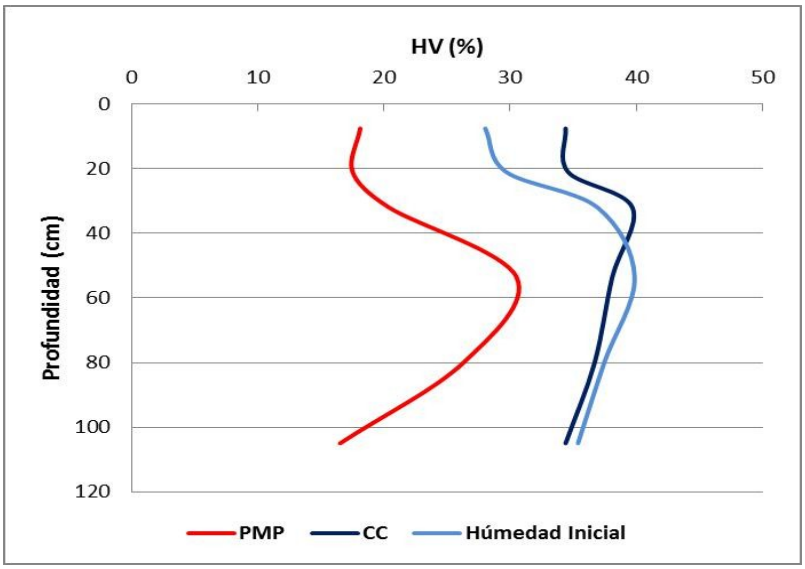
Anexo II.1. Precipitaciones mensuales (mm) de la serie histórica 1910-2016 y las registradas durante el ciclo del cultivo 2016-17. FUENTE: INTA Pergamino.

Respecto a las temperaturas, se registraron valores máximos por debajo del promedio histórico y mínimos superiores, lo que supone una menor amplitud térmica durante la etapa de floración del cultivo (Anexo II. 2).



Anexo II.2. Temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) de la serie histórica 1967-2016 y las registradas durante el ciclo del cultivo 2016-17. FUENTE: INTA Pergamino.

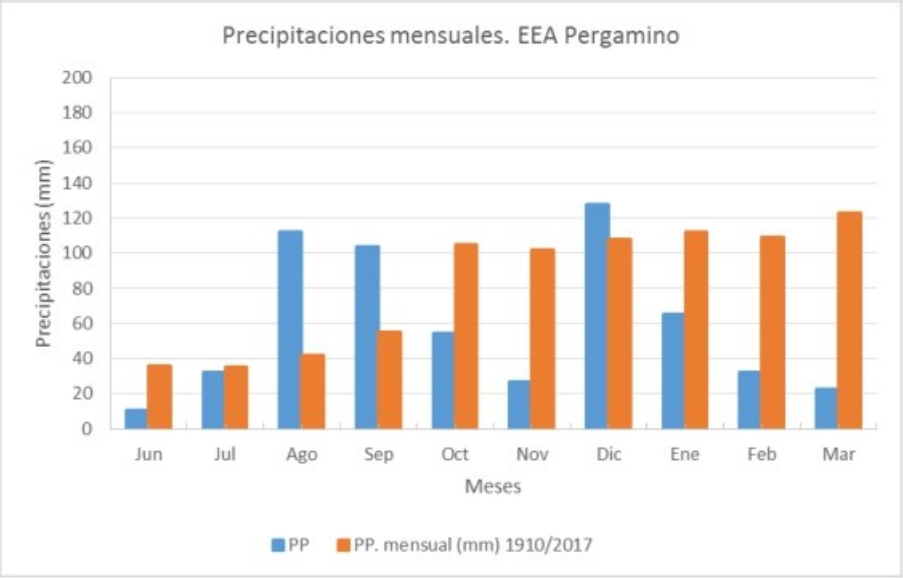
El contenido hídrico del suelo al momento de la siembra (Humedad inicial del suelo), fue de 148 mm, lo que representa un 90,68 % de la capacidad máxima de almacenaje de agua, no siendo una limitante para la correcta implantación del cultivo (Figura 3).



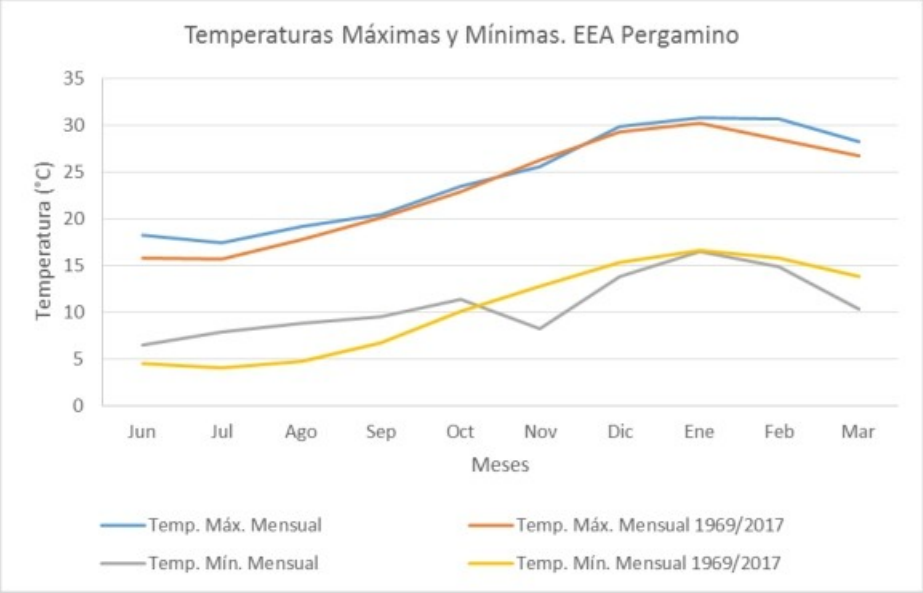
Anexo II.3 Humedad Volumétrica (%) Inicial del suelo a la siembra. Año 2017

2017-2018

La campaña **2017-2018** fue en cuanto a las condiciones climáticas, un tanto más extrema con excesos de periodos de sequía donde las precipitaciones ocurridas no llegaron a cubrir los requerimientos del cultivo; se observaron marcados períodos de sequía, y donde parte del ciclo del cultivo fue afectado por las altas temperaturas, pero con un gran efecto de napa, por la reserva de agua en el perfil del suelo, que permitieron alcanzar los rindes logrados (Anexo II. 4 y 5).



Anexo II.4. Precipitaciones mensuales (mm) de la serie histórica 1910-2017 y las registradas durante el ciclo del cultivo 2017-18. FUENTE: INTA Pergamino.



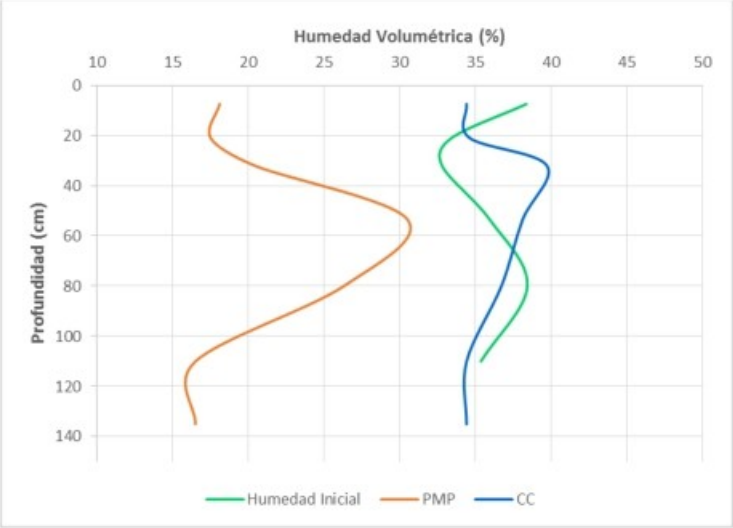
Anexo II.5. Temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) de la serie histórica 1910-2017 y las registradas durante el ciclo del cultivo 2017-18. FUENTE: INTA Pergamino.

Anexo II.6. En cuanto a las Condiciones Iniciales de suelo en la tabla se presentan los datos del análisis químico del suelo al momento de la siembra.

Anexo II.6. Condiciones químicas de suelo

Profundidad	pH Agua	C0	MO	N	Pe	N-NO3
0-20cm	6.0	1.45	2.44	1.47	40.3	3.0

El contenido hídrico del suelo al momento de la siembra fue de 148,37mm, lo que representa un 90,05% de la capacidad máxima de almacenaje de agua, no siendo una limitante para la correcta implantación del cultivo.



Anexo II.7. Humedad *v*olumétrica al momento de la siembra.

Anexo III: Fenología

En las tablas siguientes se detallan las fechas de los eventos fenológicos y de los tratamientos de defoliación.

Anexo III.1: Fecha de eventos fenológicos y realización de tratamientos. Año 2016

Estadio fenológico	Fecha de ocurrencia	Fecha del tratamiento
Emergencia	**26-10-2016**	
V6	**12-12-2016**	**13-12-2016**
V13	**26-12-2016**	**26-12-2016**
R1	**05-01-2017**	**09-01-2017**
R3	**27-01-2017**	**30-01-2017**
Cosecha	**23-03-2017**	

Anexo III.2. Fecha de eventos fenológicos y realización de tratamientos. Año 2017.

Estadio fenológico	Fecha de ocurrencia	Fecha de tratamiento
Emergencia		
V6	**11-12-17**	**13-12-17**
V13	**23-12-17**	**26-12-17**
R1	**06-01-18**	**08-01-18**
R3	**24-01-18**	**25-01-18**
MF	**26-02-18**	

VILLALÓN José Gastón
ECANA
Location: UNNOBA
Date: 2020.10.09 10:29:16 -0300