

Alumno: Ing. Agr. Ignacio Massigoge

Director: Aníbal Alejandro Cerrudo (Dr.).

Co-director: Laura Echarte (Dr.).

Asesor: Fernando Ross (MSc).

PRE-PROYECTO DE TESIS DE MAESTRÍA

“Macollaje en maíz: Consumo de agua y plasticidad reproductiva”

Palabras clave: Intercepción de radicación – Evapotranspiración – Tasa de crecimiento – Número de granos.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es el primer cultivo a nivel mundial con una producción mundial de 1134 millones de toneladas (FAO, 2017). Esto se debe a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y uso industrial. (FIRA, 2016).

A nivel nacional, durante la campaña 2018/19 se produjeron 48 millones de toneladas sobre un total de 6 millones de hectáreas sembradas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2019), siendo el principal cultivo de verano después de la soja, que mayor superficie ocupa en la región Pampeana (SIIA, 2015).

La producción de maíz en Argentina, tradicionalmente se realizó en la región maicera núcleo (32° a 35.8° S y 58°62°O) (Hall et al., 1992) debido a que esta zona presenta las menores limitaciones climáticas para la agricultura extensiva (temperatura media anual de 16 °C, período libre de heladas de 240 días y 950 mm de precipitaciones anuales). Sin embargo, en los últimos años, la superficie cosechada de maíz en la Argentina se ha incrementado por la difusión de este cultivo fuera de la tradicional región maicera núcleo (MINAGRI, 2015). Una de las zonas de mayor expansión ha sido la región Sudoeste de la provincia de Buenos Aires. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2018).

En contraste con la región núcleo maicera, las principales limitación a la producción de maíz en el sudoeste de la provincia son, su menor régimen hídrico y la presencia de tosca que limita la profundidad efectiva del suelo. El horizonte calcáreo reduce la capacidad de almacenaje de agua del suelo y condiciona al cultivo a lluvias oportunas durante su ciclo. Generalmente, esta limitación se traduce en una reducción del

rendimiento de los cultivos (Calviño y Sadras, 1999, Ross y col. 2012, Leonardi 2012) y una mayor variabilidad del mismo entre años (Aramburu Merlos, 2015).

La expansión del maíz hacia estos ambientes, se debe en gran parte a la interacción entre el mejoramiento genético y el manejo, que permitió aumentos en los rendimientos y estabilidad de los mismos en condiciones restrictivas. El mejoramiento genético, ha incrementado la tolerancia al estrés hídrico, debido en parte a que la selección de genotipos se realiza en condiciones de alta densidad de plantas (sustituto del estrés hídrico) y a que la evaluación de los cultivares se efectúa en múltiples ambientes (Di Matteo, 2016). Por otro lado, ha habido un incremento en la plasticidad reproductiva (Cerrudo, 2013), lo que ha permitido un mejor ajuste en la densidad de plantas a la menor disponibilidad de recursos. Así, la densidad objetivo en estos ambientes se ha reducido notablemente con el objetivo de asegurar un buen crecimiento de las plantas individuales para así mantener la partición de asimilados a la espiga alrededor del período crítico (Andrade y Vega, 1999). Por otro lado, esta práctica de manejo busca reducir el consumo de agua en etapas vegetativas transfiriendo el recurso a etapas posteriores más críticas para el rendimiento (Cerrudo et al., 2014).

En estas condiciones de cultivo de baja densidad, algunos híbridos expresan macollaje notablemente. Los macollos son vástagos laterales que se desarrollan a partir de yemas axilares de los nudos que están ubicados debajo de la superficie del suelo (Sangoi et al., 2007). Los macollos son morfológicamente idénticos al tallo principal y son capaces de diferenciar su propio sistema de raíces, nudos, entrenudos, hojas e inflorescencias (Almeida et al., 2000). Los mecanismos de control del desarrollo de los macollos tienen un origen genético, hormonal, nutricional y ambiental (Alves et al., 2005) y generalmente se desarrollan temprano en el ciclo de maíz, cuando el cultivo está entre las etapas V_4 y V_6 de la escala de Ritchie et al. (1993) (Sangoi et al., 2009).

Se sabe que variaciones en la densidad de plantas y en el arreglo espacial tienen efecto sobre la intercepción de radiación (Zaffaroni y Schneiter, 1989, Andrade, 1992, Valentinuz, 1996), y que diferencias en la cantidad de radiación interceptada producen cambios en la ET (Blum, 1970; Ritchie y Burnett, 1971). Sin embargo, es escaso el conocimiento sobre estas relaciones, consumo de agua e intercepción de radiación, en aquellos planteos donde aparecen macollos en el cultivo. Esto es relevante para estimar el consumo de agua y posible efecto del macollaje sobre el agua disponible para el cultivo en etapas críticas.

Por otro lado, a igual densidad de plantas y en bajas densidades, un cultivo macollado interceptará más radiación y si hay recursos disponibles crecerá a mayor tasa. Sin embargo, para avanzar en el entendimiento del efecto de esta mayor tasa de crecimiento sobre el crecimiento, se debe avanzar en el entendimiento del macollaje sobre la relación entre tasa de crecimiento del cultivo y de la planta en el período crítico, y el número y peso potencial de los granos fijados.

En función a lo expuesto, en esta tesis se probarán las siguientes hipótesis:

En condiciones de adecuada disponibilidad de agua:

- Incrementos en cobertura debidos a la presencia de macollos o al aumento de la densidad de plantas, se asocian de la misma manera con consumo de agua.
- Incrementos en la tasa de crecimiento por planta en el período crítico debido a la presencia de macollos o a la variación en la densidad de plantas, se asocian de la misma manera con el número de granos fijados por planta.

Para poner a prueba las hipótesis formuladas, los objetivos planteados son:

- Objetivo general: Estimar el consumo de agua y plasticidad reproductiva en cultivos creciendo con y sin macollos.
- Objetivos específicos:
 - ✓ Evaluar e interpretar las relaciones entre interceptación de radiación y consumo de agua por parte de los macollos.
 - ✓ Registrar el efecto del macollo en las tasas de crecimiento alrededor del período crítico y su relación con el número de granos.
 - ✓ Evaluar el efecto del macollaje sobre el rendimiento final del cultivo y los componentes de mismo.

PLAN A DESARROLLAR

Se realizará el siguiente plan de trabajo:

Sitio experimental y manejo agronómico

Para la toma de datos se realizará un experimento durante la campaña 2019-2020 en la Unidad Integrada Balcarce (latitud: 37° 46' 14" S; longitud: 58° 17' 51" O; altitud: 130 m.s.n.m.), Balcarce, Buenos Aires, Argentina, en condiciones de secano. El clima es mesotermal subhúmedo (Thomthwaite, 1948) con una temperatura media anual de 14°C y una precipitación mediana anual de 955,3 mm.

El híbrido utilizado será el AX 7784 (Nidera Argentina). El ensayo se realizará bajo sistema de labranza convencional, sembrado manualmente a mediados de Octubre con una distancia entre surcos de 52,5 cm. Se sembrarán 3 plantas por golpe y se raleará al estado de V₂ para dejar una planta por cada uno.

El ensayo será conducido sin limitaciones nutricionales y libre de malezas, plagas y enfermedades.

Diseño experimental y tratamientos

Se realizará un experimento de densidades de siembra progresivas, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 pl/m² para el tratamiento desmacollado (0%, tarea realizada en la etapa V₄ – V₆). Para el tratamiento macollado, se utilizarán 2 densidades (2 y 3 pl/m²) con diferentes niveles de macollamiento (Planta principal +1, +2 y +3 macollos/planta). Además para los tratamientos de 2 pl/m² con y sin macollos, se realizará un ensayo aparte con un diseño completamente aleatorizado con 2 repeticiones.

Las parcelas tendrán un tamaño de 4 surcos a 0,52 m. de ancho y 10 m. de largo.

Mediciones y procesamiento de datos

- Fenología

La escala fenológica propuesta por Ritchie y Hanway (1982) y que utiliza caracteres morfológicos externos o macroscópicos se utilizará para describir el desarrollo. Los

distintos estadios vegetativos serán identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de la última hoja completamente expandida (lígula visible) al momento de la observación (VE: emergencia, V1, V2, Vn y VT o panojamiento. Además, mediante observaciones diarias, se registrará la fecha de anthesis masculina como el día en que se observa al menos una antera y la fecha de floración femenina como el momento donde se observa al menos un estigma). La madurez fisiológica se establecerá utilizando el método visual que consiste en observar la capa negra o punto negro en la base de los granos de maíz, que debe constituir el 50% de éstos.

A partir de la emergencia, y con una frecuencia de entre 3 a 4 veces por semana, se obtendrán las mediciones de fenología hasta madurez fisiológica. La fenología se determinará sobre 6 plantas por parcela.

- Humedad de suelo

Las mediciones de humedad se realizarán con una sonda de neutrones en estratos de 20 cm. Se realizará con una frecuencia de 15 días, y serán efectuadas entre la siembra y madurez fisiológica. El estrato de 0-10 cm será estimado por el método de humedad gravimétrica.

Previamente a la utilización de la sonda en los ensayos, se construirá una curva de calibración para el suelo del campo experimental. Para ello se medirá el contenido de humedad del suelo a través del método gravimétrico y se realizarán las lecturas en las mismas profundidades con la sonda de neutrones, para así obtener una curva de calibración del equipo ajustada.

- Intercepción de radiación

La Radiación Incidente (I_o) y Radiación transmitida (I_t) se evaluarán mediante un ceptómetro que cuantifica el flujo de fotones recibido. Las mediciones se realizarán entre las 10 y las 15 hs, con cielo despejado desde la etapa de V_4 hasta madurez fisiológica. Dichas mediciones se realizarán en los surcos centrales de cada parcela. Se determinará radiación incidente inmediatamente encima del canopeo y radiación transmitida a la base del cultivo (superficie del suelo). El sensor se ubicará 6 posiciones a lo largo del entresurco, utilizando para los cálculos correspondientes el promedio de estas seis mediciones. La fracción de radiación incidente interceptada por el cultivo se calculará como la diferencia entre la radiación incidente y la transmitida, sobre la radiación incidente ($(I_o - I_t) / I_o$).

- Tasa de crecimiento del cultivo en el período crítico

Se efectuarán dos muestreos de biomasa de la parte aérea coincidiendo aproximadamente con los estadios de inicio de PC y final del PC. En cada muestreo se cortará 2 plantas a 3 cm del suelo por parcela, incluyendo macollos. Las muestras serán secadas en estufa a temperatura de 60 °C hasta obtener peso constante y luego se pesarán para obtener el contenido de materia seca.

Las tasas de crecimiento de la planta se estimarán a través de la pendiente de la regresión lineal ajustada a la evolución de la biomasa de la planta en función del tiempo (en g d⁻¹).

- Biomasa total a madurez fisiológica

Los valores de la materia seca total a madurez fisiológica, se obtendrán de una muestra de plantas en 1 m₂ por parcela, se secarán a 60 °C hasta peso constante y se pesarán.

Las muestras de materia seca de cada macollo serán obtenidas y pesadas por separado de la planta principal.

- Rendimiento

Para la determinación del rendimiento, la cosecha se realizará en madurez fisiológica, momento que se determinará utilizando el método visual que consiste en observar la capa negra o punto negro en la base de los granos de maíz, que debe constituir el 50% de éstos. Se cosecharán 5 m² en los surcos centrales de cada parcela. El número de granos por m₂ (NG) será calculado como el cociente entre el rendimiento (sobre base seca) y el peso individual del grano. Esta última variable será determinada promediando tres sub-muestras de 100 granos cada una y secadas en estufa de aire forzado hasta peso constante. El número de granos por planta (NGP) se calculará dividiendo el NG por la densidad de siembra de cada tratamiento.

Todas las variables de rendimiento serán calculadas para espiga principal, segunda espiga y espiga de macollo por separado.

-

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se realizarán análisis de regresión. Se utilizará el programa Graphpad Prism.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Mes 1: Marzo 2019)

ACTIVIDAD	MES																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Actividades académicas maestría	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Revisión bibliográfica	x	x	x	x	x	x	X	x	x								
Ensayo a campo								x	x	x	x	X	x	x	x		
Análisis de datos															x	x	x
Escritura del manuscrito de tesis															x	x	x
Preparación de publicaciones y/o presentaciones a congresos															x	x	x

SIGNIFICADO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de este trabajo es aportar al entendimiento del efecto del macollaje sobre el consumo de agua y plasticidad reproductiva en el cultivo de maíz en planteos de baja densidad. Se busca evaluar si el macollo efectivamente consume agua de manera similar a un aumento en la densidad, y los posibles efectos sobre el agua disponible en el período crítico y los componentes de rendimiento.

Asimismo busca explicar la capacidad de adaptación del maíz en ambientes marginales y generar conocimientos que ayuden a incrementar y estabilizar el rendimiento en estos ambientes.

PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN Y RECURSOS DISPONIBLES

Dentro de la Unidad Integrada Balcarce, la EEA INTA Balcarce cuenta con el lote para el experimento y los materiales necesarios para la realización del ensayo. El grupo Eco-fisiología de Cultivos INTA-UNMDP cuenta con personal capacitado para colaborar en las tareas. Se dispondrá de servicios que se prestan en la UIB, como registros y estadísticas climatológicas, análisis estadístico de datos, infraestructura de comunicación telefónica y electrónica y biblioteca. El acceso vía INTERNET a bibliografía especializada y la vinculación permanente con otros grupos de investigación nacionales e internacionales cubren los requerimientos de actualización continua.

Bibliografía

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M. & TRENTIN, P.S. Determinação do momento da emissão de afilhos de trigo usando suplementação com luz vermelha e luz vermelha extrema. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, 6:89-97, 2000.

ALVES, A.C.; MUNDSTOCK, C.M. & MEDEIROS, J.D. Iniciação e emergência de afilhos em cereais de estação fria. *Ci. Rural*, 35:39-45, 2005.

[ANDRADE FH. AGUIRREZÁBAL LAN. RIZZALLI RH. 2000.](#) Crecimiento y rendimiento comparados. En: Andrade FH, Sadras VO. [Eds.]. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires : Editorial Médica Panamericana. pp. 61 - 96.

ANDRADE, F. H., VEGA, C., UHART, S., CIRILO, A., CANTARERO, M., & VALENTINUZ, O. (1999). Kernel number determination in maize. *Crop Science*, 39(2), 453-459.

ANDRADE, F.H., F. MARGIOTTA, R. MARTINEZ, P. HEILAND, S. A. UHART, A. CIRILO Y M. FRUGONE.1992. Densidad de plantas en maíz. *Boletín Técnico* 108. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina

BLUM, A. 1970. Effect of plant density and growth duration on grain sorghum under limited water supply. *Agron. J.* 62:333-336.

CALVIÑO, P. A., & SADRAS, V. O. (1999). Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. *Field Crops Research*, 63(3), 237-246.

CERRUDO, A. A., MONZÓN, J. P., RIZZALLI, R. H., & ANDRADE, F. H. (2013). Ecofisiología de cultivos.

CERRUDO, A. A., ROSS, F., LEADEN, K., LÓPEZ DE SABANDO, M. J., & ANDRADE, F. H. (2014). Eco fisiología de cultivos. Manejo del cultivo de maíz en ambientes marginales. *Visión rural*, 21(102).

DE BUENOS AIRES, B. D. C. (2018). Informe de cierre de Campaña 2017/18. Departamento de Estimaciones Agrícolas. Newsletter, Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

DE BUENOS AIRES, B. D. C. (2019). Panorama agrícola semanal: 5 de Septiembre de 2019. Departamento de Estimaciones Agrícolas. Newsletter, Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

DI MATTEO, J. A., FERREYRA, J. M., CERRUDO, A. A., ECHARTE, L., & ANDRADE, F. H. (2016). Yield potential and yield stability of Argentine maize hybrids over 45 years of breeding. *Field crops research*, 197, 107-116.

FAOSTAT, F. (2017). Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data.QC> (accessed on August 2019).

FIRA. (2016). Panorama agroalimentario. Ciudad de México: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.

HALL, A.J., REBELLA, C.M., GHERSA, C.M. CULLOT, PH. 1992. Field-Crop Systems of the Pampas. pp. 413-450. In: C.J. Pearson (ed.). *Ecosystems of the world. Field Crops Ecosystems*. Elsevier Scientific, Amsterdam.

LEONARDI M., 2012. Comportamiento sitio específico de la soja en el centro sur bonaerense. Tesis para obtener el título de grado en el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur.

MERLOS, F. A., MONZON, J. P., MERCAU, J. L., TABOADA, M., ANDRADE, F. H., HALL, A. J.,... & GRASSINI, P. (2015). Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research*, 184, 145-154.

RITCHIE, J.T. Y E. BURNETT. 1971. Dryland evaporative flux in a subhumid climate: I. Micrometeorological influences. *Agron. J.* 63: 51-55.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. & BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

ROSS F., J. MASSIGOGE, 2012. Interacción fertilización nitrogenada y ambiente en cebada cervecera cv. Scarlett: I Rendimiento. XIX Congreso Latinoamericano de la

Ciencia del Suelo; XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina – 16 al 20 de abril de 2012.

SANGOI, L.; BERNS, A.; ALMEIDA, M.L.; ZANIN, C.G. & SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta a época de adubação nitrogenada em cobertura. *Ci. Rural*, 37:1564-1570, 2007.

SANGOI, L.; SCHIMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C.F.; PLETSCH, A.; VIEIRA, J. & GATELLI, M.A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada de perfilho. *Ci. Rural*, 39:325-331, 2009.

-SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA 2015. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. Publicado en internet, disponible en http://www.sii.gov.ar/_apps/sii/estimaciones/estima2.php Activo junio de 2015.

THORNTHWAITE, C.W. 1984. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38(1):55-94.

VALENTINUZ, O. R. 1996. Crecimiento y rendimiento comparados de girasol, maíz y soja ante cambios de densidad de plantas. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 45 p.

ZAFFARONI, E. Y A.A. SCHNEITER. 1989. Water-use efficiency and light interception of semidwarf and standart-height sunflower hybrids grown in different row arrangements. *Agron. J.* 81: 831-836.