

PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZAS GRAMÍNEAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN SIEMBRA TARDÍA

Trabajo Final de Grado
del alumno



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

Pergamino,.....

PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZAS GRAMÍNEAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN SIEMBRA TARDÍA

Trabajo Final de Grado
del alumno

IVAN LEONEL PIRCHI

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Co-Director

(No)
Director

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

Pergamino,.....

AGRADECIMIENTOS

Dicen que siempre que se cierra un ciclo se abre otro, donde nuevas posibilidades y desafíos surgen. En particular este ciclo es el que más tiempo me llevo culminar, por eso es el que más satisfacción y alegría me trae.

Quiero expresar el mensaje de que por más que el tiempo pase y las vueltas de la vida nos lleven hacia lugares impensados, tarde o temprano uno termina concretando lo que cree necesario para su desarrollo y crecimiento personal y espiritual.

Deseo expresar agradecimientos a mi familia: Miguel, Graciela, Franco y Agustina que siempre ha sido un sostén fundamental en este viaje que se llama vida.

A los que ya no están, que desde algún lugar siempre me han acompañado. A mis amigas y amigos que me ha tocado conocer en el camino, amigos que me dieron la escuela, facultad, la música y el trabajo. A cada uno de ellos le agradezco sus palabras, y su apoyo incondicional.

A mis hermanos Lautaro, Facundo y Sebastián que durante el último año me dieron muchas palabras de aliento.

A Néstor, quien me escucho y me dio herramientas para creer que se puede. Promesa cumplida.

A la familia Ferrari, por estar incondicionalmente.

Deseo también expresar un gran agradecimiento al equipo conformado para dicho trabajo, al Dr. Ing. Agrónomo Horacio Acciaresi, y mi amigo y co-director, Ing. Agrónomo Gabriel Picapietra, excelentes profesionales que me brindaron sus conocimientos y

herramientas para lograr este objetivo y me guiaron en todo momento para concretar este trabajo final de grado.

A Dios. A Mí.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
El cultivo de maíz	3
Malezas y la interacción con el cultivo de maíz	4
Reducción de la competencia	5
Período crítico de competencia (PCC)	7
Determinación del PCC: Período de control tardío (PCTA) y temprano (PCTE)	10
HIPOTESIS	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Siembra del cultivo	14
Diseño de parcelas y aplicación de tratamientos	14
Cosecha	16
Análisis estadístico	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
Determinación del PCC	19
Determinación del periodo de control tardío	20
Determinación del período de control temprano	21
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23

RESUMEN

El cultivo de maíz de siembra tardía ha resultado en una alternativa de mayor estabilidad de rendimiento en diferentes regiones del país. Este cambio en la fecha de implantación del cultivo puede implicar un cambio en la comunidad de malezas con las cuales puede convivir como así también un cambio en la respuesta del cultivo. El objetivo de este trabajo fue determinar el periodo crítico de competencia (PCC) de malezas para un cultivo de maíz de siembra tardía. Para ello se realizó un experimento en la EEA INTA Pergamino en la campaña 2013/2014, en un lote bajo siembra directa y con una elevada carga de malezas gramíneas, principalmente *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona* y *Eleusine indica*. Se demarcaron diferentes parcelas donde se establecieron enmalezamientos 'hasta' y 'desde' nueve estados fenológicos del cultivo ($V_{E/1}$, $V_{2/3}$, $V_{4/5}$, V_6 , V_7 , V_8 , V_9 , V_{10} y V_{11}), para determinar el período de control temprano (PCTE) y el período de control tardío (PCTA), respectivamente. Con los datos del rendimiento del cultivo en cada tratamiento se ajustaron una función logística (PCTA) y una función de Gompertz (PCTE). Los resultados obtenidos muestran que tanto el momento de inicio como la duración del PCC fue diferente a lo observado por los distintos autores en maíces de fechas de siembra temprana y bajo sistemas de producción convencionales. De acuerdo al ajuste de las funciones no lineales, se establecieron el PCTA en aproximadamente 1 semana y el PCTE hasta 7 semanas desde la emergencia. De acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló el experimento, la siembra de maíz tardío podría conducir al cultivo a la posibilidad de competencia con las malezas gramíneas, es decir, la interferencia con las malezas

puede producirse de manera anticipada y de mayor duración respecto a la siembra en fechas más tempranas.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos agrícolas más difundidos en el mundo debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, ingesta humana y el uso industrial (Paliwal, 2001). En Argentina, en la campaña 2020/2021 el cultivo alcanzó una superficie sembrada de 7,1 millones de ha y una producción de 51 millones de Tm, con un rendimiento promedio de 8020 kg/ha, siendo el segundo cultivo estival más importante luego de la soja (BCR, 2022).

Es un cultivo que tradicionalmente se siembra a inicios de la primavera, entre septiembre y octubre, para que la etapa de floración y llenado de granos coincida con el momento de mayor temperatura y radiación solar, aunque el riesgo que presenta esta fecha de siembra en nuestra zona es que, en diciembre, se pueden presentar escasas precipitaciones, por lo que se podrían observar mermas en la productividad en grano (Papucci et al., 2016). A partir de esto, en los últimos años se extendió una alternativa de fecha de siembra retrasada, la cual se conoce como 'maíz tardío'. Se considera así al cultivo que es implantado de manera demorada, después de un barbecho largo, en comparación con las épocas tradicionales.

Con el retraso de la fecha de siembra se obtiene un menor impacto negativo en el período crítico (floración) debido a un balance no tan desfavorable entre precipitaciones y evapotranspiración, sumado a la menor probabilidad de un estrés térmico por las altas temperaturas (golpe de calor). Esto lleva a un aumento de la productividad en grano mínima, otorgándole más estabilidad al cultivo (Díaz Valdez et al., 2014).

El retraso de la fecha de siembra produjo una aceleración del crecimiento inicial en los cultivos de maíz, girasol y soja debido a la exposición a mayores temperaturas durante la etapa vegetativa (Andrade, 1995). De los cultivos antes mencionados, solo el retraso de la fecha de siembra de maíz logra plantas de mayor porte a floración, lo cual podría ser una ventaja competitiva para este cultivo (Andrade y Cirilo, 2002).

A lo largo de la última década, hubo un avance importante en todo lo que respecta al cultivo de maíz en fechas de siembra tardía. En cuanto a la superficie sembrada, en la campaña 2011/2012 el maíz de siembra tardía representó un 33% de la superficie total del cultivo, mientras que en la campaña 2020/2021 representó un 63,8% de la superficie total (BCR, 2022).

Malezas y la interacción con el cultivo de maíz

Las malezas son la principal causa de la pérdida de productividad en grano en los cultivos. A nivel mundial las pérdidas estimadas por la interferencia de las malezas con el cultivo van de un 12 a un 40% según la región y el cultivo (Stoskopf, 1985). El impacto negativo en maíz es muy importante debido a que es un cultivo que posee baja habilidad competitiva en los primeros estadios del desarrollo (Bedmar et al., 1999), cuyas pérdidas pueden ser muy variables según el híbrido, las malezas presentes y las condiciones edafoclimáticas (Cepeda et al., 2004).

La competencia puede definirse como el proceso por el cual las plantas, en este caso cultivo y malezas, comparten recursos provistos en cantidades insuficientes para satisfacer los requerimientos combinados, lo que causa una reducción en la

supervivencia, crecimiento o capacidad reproductiva de estos individuos (Satorre, 1988). Esta depende de la etapa de crecimiento del cultivo, la disponibilidad de agua y de nutrientes y la cantidad y diversidad de malezas presentes (Lafitte, 1994).

La competencia directa entre las malezas y el cultivo de maíz pueden ocasionar mermas en la productividad en grano de maíz que van desde un 10-15% (Cepeda et al., 2004) hasta un 95% (Papa, 2006) en la zona maicera núcleo. Asimismo, existe un efecto indirecto que se manifiesta en hasta un 3% de pérdidas debido principalmente a la disminución de la eficiencia operativa de las cosechadoras (Cepeda et al., 2004).

Dentro de los factores que afectan la competencia se destacan el híbrido de maíz, la especie de maleza, la densidad de la maleza, el momento de emergencia de la maleza en relación al cultivo, las características de manejo del cultivo, densidad y arreglo espacial del cultivo, entre otras (Lemerle et al., 1995).

Reducción de la competencia

Una especie, genotipo o población puede tener la capacidad de obtener recursos escasos del medio compitiendo con otros individuos. Esta característica se conoce como habilidad competitiva y puede verse favorecida por diversos factores dependientes del cultivo o de las prácticas culturales (Acciaresi et al., 2014).

Una de las prácticas culturales más comunes es el aumento de la densidad de un cultivo, mediante la cual se puede alcanzar una mayor ventaja competitiva frente a las malezas (Nieto y Staniforth, 1961; Fisher, 1981). Si bien es aceptado este efecto de la densidad en su competitividad, el ajuste del arreglo espacial es tan importante como el

aumento de la densidad, debido a que se puede aumentar la habilidad competitiva contra las malezas por un mayor aprovechamiento en la obtención de los recursos disponibles (Acciaresi y Chidichimo, 2007).

La emergencia relativa de las malezas con respecto al cultivo es un aspecto importante a tener en cuenta. Generalmente, la especie que emerge primero es la que obtiene una ventaja competitiva con respecto a la otra (Wilson, 1988; Trenbath, 1976). Al tener en cuenta este concepto se puede incidir en el retraso de la emergencia de las malezas mediante diferentes estrategias de manejo. Una de ellas consiste en adelantar la época de siembra del cultivo, lo cual puede modificar la competencia debido a que, no solo se incide en el retraso de la emergencia de malezas, sino que influye tanto en el desarrollo del cultivo como en la composición cualitativa y cuantitativa de las malezas (Stoller y Wax, 1973; Leguizamón et al., 1980).

La aplicación de un método de control, como la labranza o el uso de herbicidas en presembrado o preemergencia, permite eliminar a los individuos que emergen tempranamente. Esta modificación en la dinámica poblacional de las malezas, dada por la eliminación de las primeras cohortes, evita la sincronización entre la emergencia del cultivo y las malezas. Es por esto que, ante este tipo de prácticas, es crucial que el método utilizado sea eficaz en cuanto a la precisión y duración del control (Andrade, 1995; Andrade et al., 1996).

A su vez, las diferentes prácticas sobre el control de la emergencia de plántulas tendrán una mayor eficiencia si se efectúan en el momento oportuno, no solo por mejorar la eficacia del método de control, sino por el efecto negativo que las malezas puedan tener sobre el cultivo. Es por ello que para aplicar un método de control se deberá

considerar en qué etapa del cultivo la presencia de las malezas resulta más nociva. La determinación del periodo crítico de competencia entre las malezas y el cultivo de maíz es una de las formas de establecer en qué momento el cultivo requiere permanecer libre de malezas (Blanco Valdez et al., 2014).

Período crítico de competencia (PCC)

El período crítico de competencia (PCC) es la etapa dentro del ciclo del cultivo en el que la presencia de malezas reduce la productividad en grano (Nieto et al., 1968). Este período fue inicialmente descrito como días o semanas desde la siembra, pero fue Cousens (1988) quien propuso determinar al PCC en base a los estadios fenológicos del cultivo (número de hojas o nudos) y no a los días del calendario, de manera tal de determinar un rango fenológico. Este período es una medida útil para determinar el momento en el que deberían ser implementadas las medidas de control de malezas, debido a que la pérdida de rendimiento es irreversible. Es por ello que, durante este tiempo, el cultivo debe permanecer libre de malezas (Zimdahl, 1993).

Es importante aclarar que el período en que las malezas deberían ser controladas no está asociado directamente con el período de competencia con el cultivo.

Además, no es correcto asumir que el periodo crítico sea el periodo crítico de control ya que muchas de las estrategias pueden o deben aplicarse antes del inicio del mismo si lo que se desea es evitar el efecto de las malezas durante este período.

Es por esto que surge la denominación de periodo crítico libre de malezas, ya que no introduce el término competencia y que, además, es flexible desde el punto de vista de las estrategias de control a utilizarse (Acciaressi y Leguizamón, 2014).

A partir del concepto de PCC se desarrollaron los conceptos de período crítico de control tardío (PCTA), que hace referencia al máximo período que un cultivo puede convivir con las malezas sin afectar significativamente su rendimiento; y el período crítico de control temprano (PCTE), que describe el período mínimo que un cultivo debe permanecer libre de malezas para que la emergencia posterior de las mismas no afecte la productividad en grano (Weaver et al., 1992).

El PCTA indica hasta qué momento se podrá esperar para realizar un control de post-emergencia sin ocasionar pérdidas significativas en la productividad en grano, mientras que el PCTE expresa durante cuánto tiempo se deberán extender las operaciones de control, ya sean labores mecánicas que se realicen en el cultivo o el período de residualidad mínimo que debería tener un herbicida aplicado en presembrado o preemergencia del cultivo (Acciaresi et al. 2014). Teniendo en cuenta estos conceptos se podría realizar un manejo más racional de las malezas, evitando así labores innecesarias fuera del período adecuado o aplicaciones de herbicida con residualidad elevada (Acciaresi y Chidichimo, 2007).

La duración del PCTA está relacionada, entre otras cosas, con la disponibilidad de agua y nutrientes. Un déficit (o estrés) hídrico o nutricional durante el ciclo disminuye el tiempo que el cultivo puede tolerar la competencia de malezas. Es decir, un control temprano que elimine a las malezas que emergen con el cultivo contribuye a conservar la humedad del suelo y nutrientes (Weaver et al., 1992). Por el contrario, la

competencia por radiación se asocia al tiempo que un cultivo debería permanecer libre de malezas (PCTE), el cual dependerá de las tasas de elongación y desarrollo del área foliar de las malezas en relación con las del cultivo (Weaver et al., 1992).

La mayoría de los PCC citados para maíz son variables y generalmente referidos al número de días o semanas desde la siembra o emergencia (Bedmar et al., 1999). La variación observada en la duración de los períodos es consecuencia de las diferentes condiciones en las cuales se desarrolla el cultivo, de las características de la comunidad de malezas y de la pérdida de productividad en grano considerada. La duración del PCC para el cultivo de maíz de siembra temprana puede considerarse a partir de 2 a 4 semanas desde emergencia del cultivo como PCTA y de 1 a 5 semanas, también desde emergencia, para el PCTE (Zimdahl, 1980). Otros estudios determinaron que el PCC se extendió hasta las 5 - 6 hojas desarrolladas, lo que fue equivalente a 10 - 20 días después de la emergencia del cultivo (Bedmar et al., 1999).

La mayoría de las investigaciones para determinar el PCC en maíz fueron conducidas en sistemas de siembra convencional. Este hecho resalta la importancia de obtener información local o regional para los sistemas de producción actuales, es decir, el PCC en los sistemas de siembra directa se rigen por principios muy diferentes a los que rigen las relaciones cultivo-malezas de sistemas convencionales (Buhler et al., 2017). De acuerdo a diferentes experimentos de control de malezas en maíz en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, el desarrollo tanto de las malezas como de los cultivos es más lento en los primeros estadios (Bedmar et al., 1996), por lo que se estima que el período que el cultivo debe permanecer libre de malezas sea más prolongado. A su vez, es posible que por esta misma razón el PCTA pueda ser más prolongado.

Determinación del PCC: Período de control tardío (PCTA) y temprano (PCTE)

Para comprender la incidencia de las malezas en el cultivo es necesario conocer el período en el cual ejercen un efecto competitivo significativo (Leguizamón et al., 2014). La determinación de este período en condiciones de campo se realiza a través de un experimento donde es importante contar con una densidad uniforme de malezas y condiciones estandarizadas del manejo del cultivo (Leguizamón y Acciaresi, 2014). En un primer experimento, el cultivo crece enmalezado hasta diferentes momentos de su ciclo, a partir de los cuales se mantiene libre de malezas hasta la cosecha y se determina así el PCTA. En el segundo, el cultivo crece libre de malezas hasta diferentes momentos, a partir de los cuales las malezas pueden emerger y convivir con el cultivo hasta la cosecha, estableciéndose el PCTE (Weaver et al. 1992; Leguizamón y Acciaresi 2014).

La productividad en grano de cada una de las parcelas es analizada en función de los períodos de convivencia maleza-cultivo. De aquí surgen dos criterios para la determinación del PCC. Uno de ellos se basa en el análisis de la variancia de los diferentes valores de productividad y se determina estadísticamente a partir de qué tratamiento las pérdidas de rendimiento son significativas en base a un umbral preestablecido (1-5 %). Por otra parte, en el enfoque funcional, los resultados del inicio del período crítico (PCTA) se ajustan a una función logística, mientras que la finalización del período crítico (PCTE) se ajustan a una función de Gompertz (Leguizamón y Acciaresi 2014).

Para establecer un umbral de pérdida de productividad en grano que permita determinar el inicio y el final del PCC como estadio fenológico o acumulación de tiempo térmico ($^{\circ}\text{C d}$), se puede considerar el umbral de daño económico (UDE), en el cual el costo del método de control es igual al valor del rendimiento potencialmente perdido. Debido a que los valores de costo de control y el precio del grano pueden tener grandes variaciones dentro de una misma campaña agrícola, usualmente se emplea un umbral de pérdida del 5% del rendimiento potencial (Leguizamón y Acciaresi, 2014).

Debido a que la mayoría de los estudios para la determinación del PCC de malezas en maíz se han llevado a cabo en situaciones de labranza convencional y con fechas de siembra temprana (tradicional) y considerando tanto la representatividad de la superficie bajo siembra directa como la adopción de fechas de siembra tardías, será importante llevar adelante experimentos que contemplen las condiciones de maíz tardío bajo SD.

La importancia del abordaje de estos estudios radica en que la comunidad de malezas se vio afectada por la siembra directa, lo cual provocó un incremento importante en la prevalencia de gramíneas anuales. Además, este tipo de información contribuirá a la planificación del control de malezas, favoreciendo la racionalización del uso de herbicidas.

HIPOTESIS

- El período crítico de control de malezas gramíneas en maíz para una fecha de siembra tardía se iniciará antes de desplegar la quinta hoja (período de control tardío establecido para una siembra temprana) debido a que, al momento de la siembra en el mes de diciembre, las temperaturas mayores incidirán en el crecimiento inicial tanto de las malezas como del cultivo.
- El período de control temprano se puede extender más allá de la cuarta semana desde la siembra, cuando el cultivo tenga al menos la séptima hoja desplegada, debido a que, en una fecha de siembra tardía, las malezas pueden presentarse más competitivas.
- El período de control tardío y temprano para un cultivo de maíz en fecha de siembra tardía se puede ajustar a los modelos hiperbólico y Gompertz, respectivamente.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el período crítico de control de malezas gramíneas para un cultivo de maíz tardío en siembra directa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el período de control tardío y temprano para un cultivo de maíz de siembra tardía en función de malezas gramíneas.

- Ajustar la respuesta de la productividad en grano del cultivo a través de los modelos no lineales logístico y de Gompertz en función del tiempo térmico acumulado desde la siembra del cultivo.
- Determinar el período crítico de control en función del umbral de pérdida del 5% de la productividad en grano de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler” (33° 56' 24" S, 60° 34' 20" O), sobre un suelo serie Pergamino, Argiudol típico, bajo siembra directa, en un lote que presentó un historial de emergencia de malezas gramíneas, principalmente *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona* y *Eleusine indica*.

Siembra del cultivo

El 5/12/2013 se sembró el híbrido Syn 969 TD/TG a una densidad de 9,5 pl m⁻², con una distancia entre hileras de 52,5 cm, en una superficie de 2.500 m². Veinte días antes de la siembra, el lote fue tratado con una mezcla de 552 g i.a .ha⁻¹ paraquat y 480 g i.a .ha⁻¹ de 2,4-D sal amina (60 g e.a 100⁻¹ ml⁻¹) con el objetivo de controlar a las malezas nacidas sin efectos residuales sobre la emergencia posterior de malezas.

Diseño de parcelas y aplicación de tratamientos

Luego de la siembra se demarcaron parcelas de 7 m de largo por 2,62 m de ancho (seis entresurcos). Se establecieron nueve estados fenológicos del cultivo como referencia para definir el “enmalezamiento hasta” y “enmalezamiento desde” ese momento, para determinar el período de control tardío (PCTA) y el período de control temprano (PCTE), respectivamente. Para mantener las parcelas libres de malezas tanto en PCTA como en PCTE, se realizaron aplicaciones cada 10 días de 870 g i.a. ha⁻¹ de glifosato (35,6 % e.a.) con una mochila experimental con una boquilla SS8002 y una campana

anti deriva de 50 cm de ancho, para evitar el contacto reiterado del herbicida con las plantas.

Los estados fenológicos establecidos fueron $V_{E/1}$, $V_{2/3}$, $V_{4/5}$, V_6 , V_7 , V_8 , V_9 , V_{10} y V_{11} , según la escala de Ritchie y Hanway (1982), los cuales fueron definidos como los momentos de enmalezamiento por triplicado, tanto para PCTA (figura 1) como para PCTE (figura 2). De esta manera quedaron definidas cincuenta y cuatro parcelas totales.

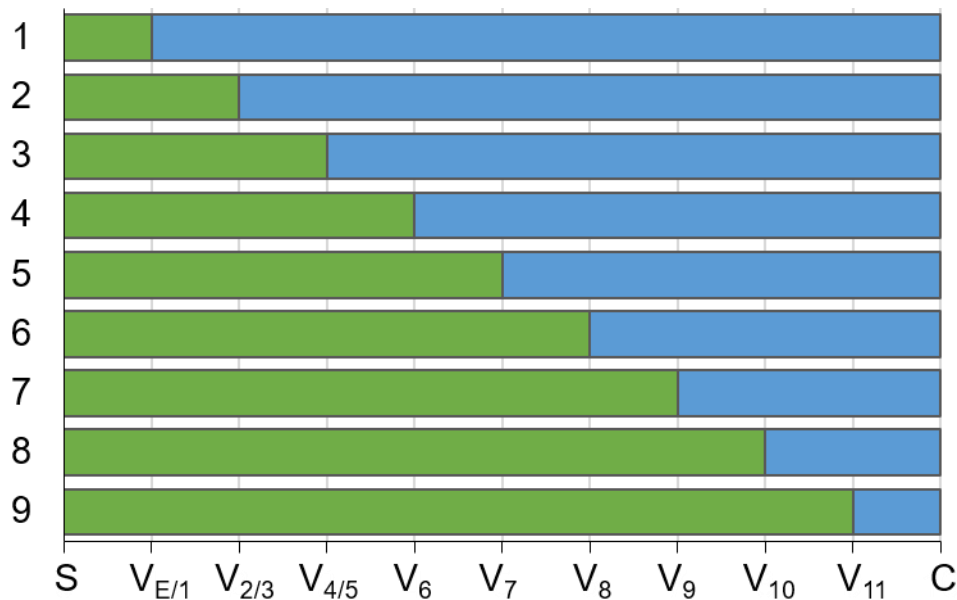


Figura 1. Esquema de enmalezamiento de las parcelas para la determinación del período de control tardío, es decir, el máximo tiempo que el cultivo puede convivir con malezas sin verse afectado el rendimiento; con malezas desde la siembra (S) hasta el estado fenológico determinado para cada tratamiento (barras verdes) y libre de malezas hasta la cosecha (C) (barras azules).

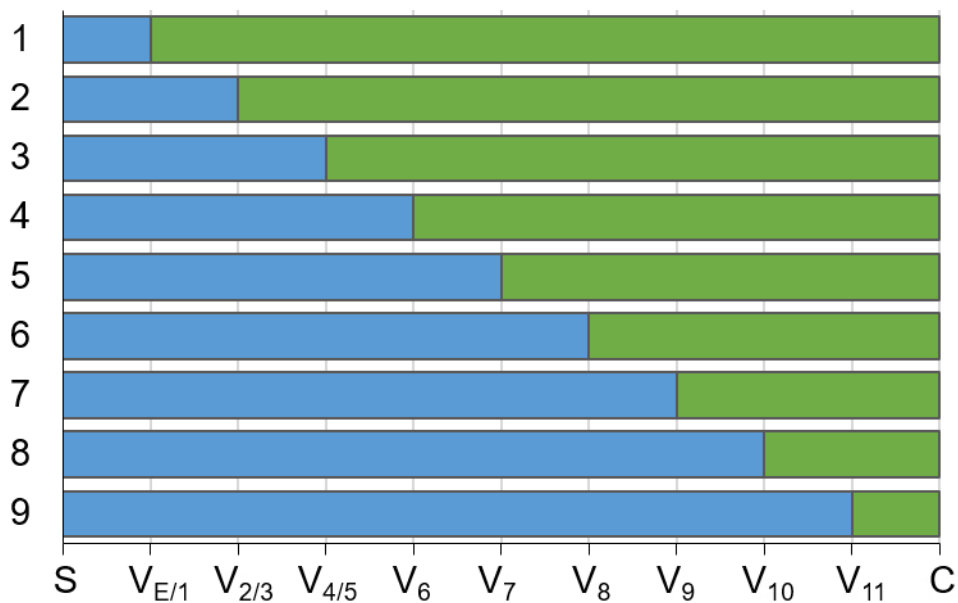


Figura 2. Esquema de enmalezamiento de las parcelas para la determinación del período de control temprano, es decir, el mínimo tiempo que el cultivo debe permanecer libre de malezas para que no se afecte significativamente el rendimiento; libre de malezas desde la siembra (S) hasta el estado fenológico determinado para cada tratamiento (barras azules) y enmalezado hasta la cosecha (C) (barras verdes).

Cosecha

Una vez que el cultivo alcanzó la madurez, se realizó la extracción manual de espigas de las plantas dispuestas en los dos surcos centrales de la parcela, sobre una superficie de 1 m². Luego fueron colocadas en bolsas de papel y llevadas al laboratorio donde fueron procesadas con una desgranadora manual. Posteriormente se pesaron las muestras y se determinó el rendimiento de los granos cosechados (g/m²) y el peso de mil de granos (g, p1000).

Análisis estadístico

La duración del ciclo y sus etapas se expresó en tiempo térmico (TT) en unidades de grados día (°C d). utilizando la fórmula de la ecuación 1.

$$TT (\text{°Cd}) = \sum(T_m - T_b) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde TT es el tiempo térmico acumulado para una etapa determinada de la ontogenia del cultivo, T_m la temperatura media diaria y T_b la temperatura base. Se utilizó una temperatura base de 8 °C.

El análisis estadístico se llevó a cabo en el software Infostat ver. *p2020*, donde se ajustaron los datos de rendimiento de PCTA y PCTE a una función no lineal logística (Ec. 2) y de Gompertz (Ec.3), respectivamente.

$$Y = 100 * \left[\frac{c}{1 + e^{-g+bt}} + 1 - c \right] \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde y es el rendimiento relativo, $100x(1-c)$ es la asíntota de rendimiento, g y b son parámetros asociados a la pendiente y t es el tiempo térmico (°C d) conviviendo con las malezas.

$$Y = a * e^{-b * e^{-k * t}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde y es el rendimiento relativo, a es la asíntota del rendimiento, b y k son parámetros asociados a la pendiente y t es el tiempo térmico (°C d) libre de malezas.

Luego de ajustar las funciones no lineales, se determinó el inicio y el fin del PCC (°C d) a través de un umbral de pérdida de rendimiento de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de desarrollo del experimento, la temperatura media mensual del aire mostró un valor máximo en el mes de diciembre con 25,5 °C (figura 3), coincidiendo con la etapa inicial del cultivo. A su vez, sumado a que las precipitaciones del mes de diciembre fueron de 20 mm, estas condiciones resultaron menos favorables para el establecimiento del cultivo.

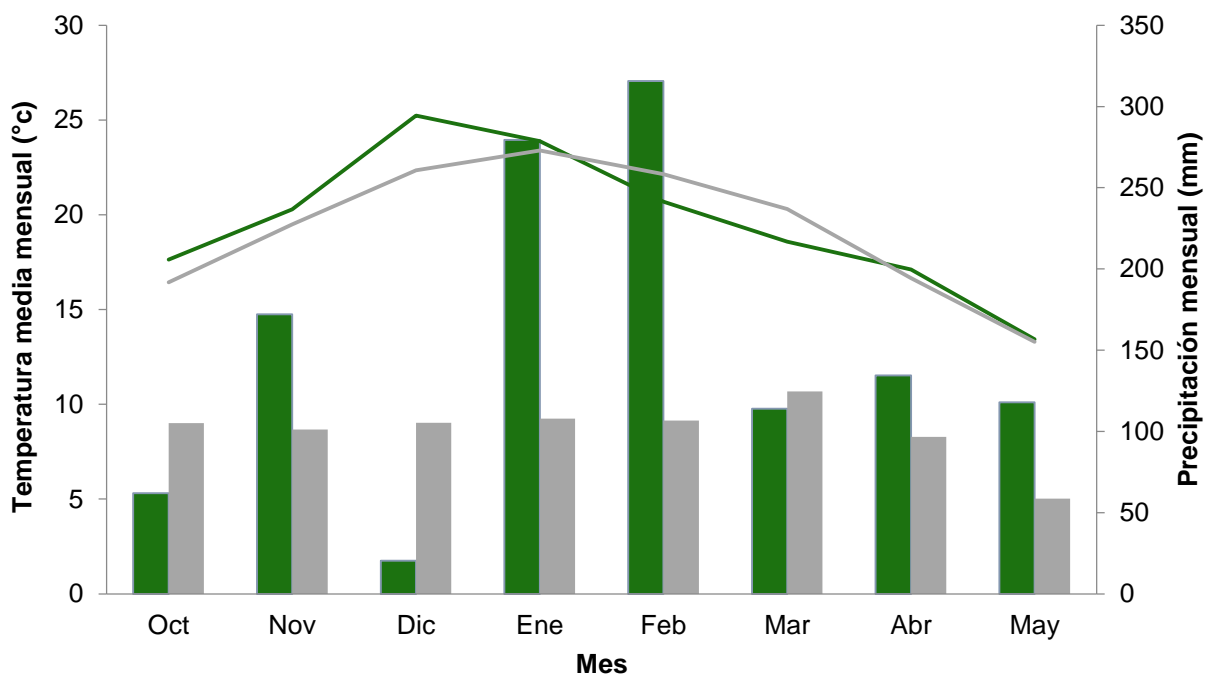


Figura 3. Temperatura media mensual del aire (°C, líneas) y precipitación mensual (mm, barras) durante el período del experimento 2013-2014 (verde) y promedio histórico de los últimos 10 años, entre 2003 y 2013 (gris). Datos del sector Agrometeorología, EEA INTA Pergamino.

Determinación del PCC

Los datos obtenidos en el experimento tuvieron un buen ajuste a los modelos logístico y Gompertz, coincidiendo con los resultados observados por Leguizamón et al. (2014). El inicio del PCTA estimado por el modelo logístico se observó a los 87,7 °C d, lo cual indicó que su comienzo fue entre VE y V1 (figura 4). Por su parte, la finalización del PCTE estimada por el modelo de Gompertz se observó a los 760,2 °C d, es decir, 38 días desde la emergencia del cultivo, coincidiendo con el estado fenológico entre V7 y V8.

De acuerdo con lo planteado en la hipótesis, tanto el momento de inicio como la duración del PCC fue diferente a lo observado por los diferentes autores en maíces de fechas de siembra temprana y bajo sistemas de producción convencionales (labranza). Este contraste queda expuesto al observar los resultados presentados por Benech Arnold et al. (2003), en donde el PCTA fue definido entre 2 a 4 semanas desde la emergencia, con lo cual nuestros resultados están fuera de este rango (<1 semana). Al mismo tiempo, donde los autores señalan que el PCTE se estableció entre 1 a 5 semanas desde la emergencia, nuestros resultados mostraron que se extiende hasta más de 6 semanas (45 días).

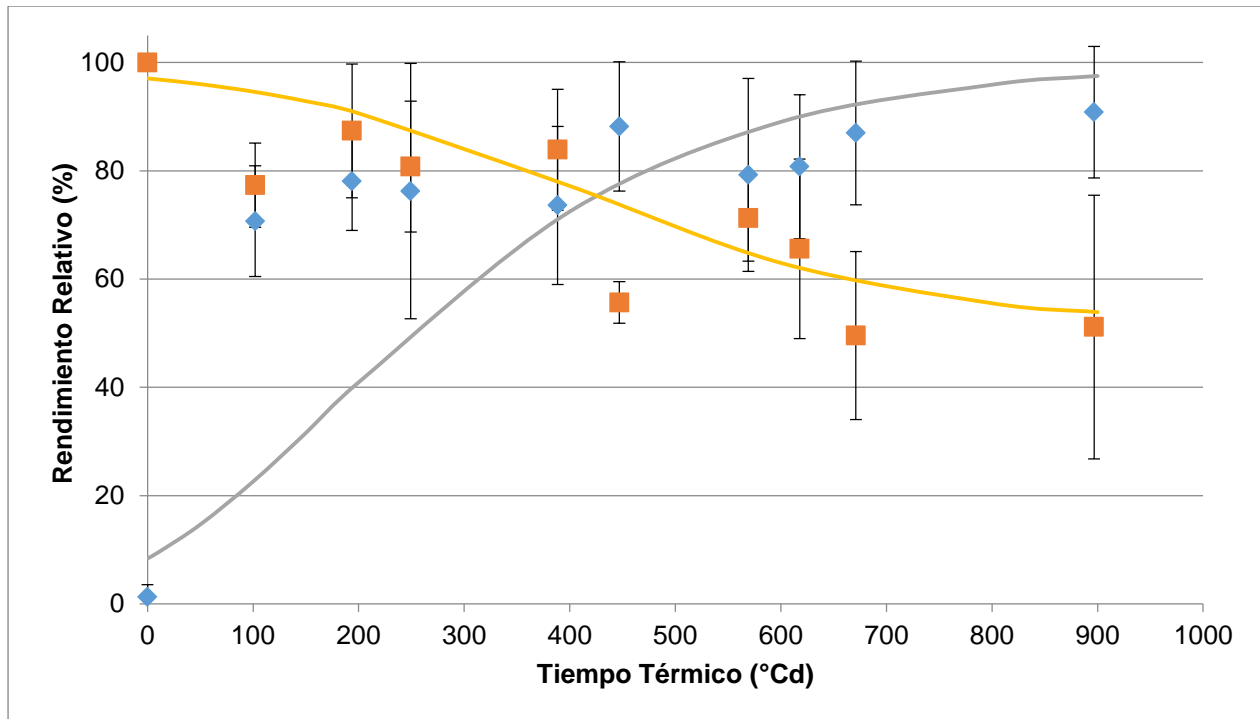


Figura 4. Ajuste de los modelos logístico (amarillo) y Gompertz (gris) a la pérdida de rendimiento relativa del cultivo de maíz en función de los diferentes episodios de enmalezamiento. Libre de malezas desde (naranja) y libre de malezas hasta (azul).

Determinación del periodo de control tardío

Tal como se expuso que el PCTA se estableció en la primera semana del cultivo, la amplia diferencia entre la información de referencia y los resultados aquí obtenidos podrían explicarse, en primer lugar, debido al incremento de las temperaturas medias diarias del mes de diciembre (25,2 °C) y de la temperatura promedio mensual del suelo (29,3 °C). En este sentido, para una siembra tardía del cultivo de maíz se pueden ver afectadas las tasas de crecimiento, tanto del cultivo como de las malezas y, por lo tanto, las relaciones de competencia pueden establecerse de manera temprana.

Referente al aspecto competitivo, como las malezas gramíneas consideradas en este experimento poseen un filocrono menor al del cultivo de maíz, este aumento en la temperatura durante el mes de diciembre pudo haber favorecido el establecimiento de las estructuras aéreas de las malezas y lograr una expansión mayor en etapas tempranas, determinando una ventaja competitiva sobre el cultivo, tal como lo menciona Leguizamón et al. (2014). Adicionalmente, las escasas precipitaciones ocurridas durante el mes de diciembre (20,4 mm) condicionaron un déficit hídrico durante la etapa inicial la cual exacerbó la competencia entre el cultivo y las malezas, provocado en el maíz una disminución del tiempo en el que puede tolerar la competencia de malezas (Weaver et al. 1992).

Determinación del período de control temprano

La duración del PCTE fue más extensa que los períodos de referencia (Benech Arnold et al. 2003). Este hecho significó que, aunque el cultivo no conviva con malezas en las primeras semanas de la implantación, principalmente en el mes de diciembre donde se registraron altas temperaturas y precipitaciones inferiores, la emergencia posterior de malezas también tuvo su implicancia en la productividad en grano del cultivo. Esto posiblemente se debe a las precipitaciones del mes de enero, las cuales fueron 171 mm por encima del promedio histórico, generando un ambiente propicio para el crecimiento y desarrollo de las malezas y, por lo tanto, sería muy importante que las prácticas de control puedan prolongarse hasta este momento (Benech Arnold et al., 2003).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se concluye que el período de control tardío y el período de control temprano para un cultivo de maíz tardío en siembra directa se pueden ajustar de manera adecuada al modelo logístico y de Gompertz en función del tiempo térmico acumulado desde la siembra del cultivo. Si bien en este trabajo no se evaluó la fecha de siembra tradicional, los resultados demostraron que el período crítico de competencia del maíz en siembra tardía se inicia de forma más temprana y tiene una duración más prolongada, determinado entre los estados fenológicos V1 y V8.

Si bien las temperaturas elevadas pueden incrementar las tasas de crecimiento, tanto del cultivo como de las malezas, este hecho asevera la competencia temprana, mientras que la falta de precipitaciones durante el mes de la implantación pudo inferir en la prolongación del período crítico. A su vez, estos resultados resaltan la importancia de contar con métodos de control eficientes, que perduren en el tiempo, y logren reducir el impacto negativo de las malezas en ese momento.

Investigaciones futuras enfocadas en la determinación del período crítico de competencia del maíz permitirían profundizar el rol de la fecha de siembra en la competitividad del cultivo, así como también resultaría interesante el contraste de las fechas de siembra tradicionales en la competencia entre el cultivo y las malezas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi, H. A.; Sobrero, M. T. y Leguizamón, E. S. 2014. Capítulo VII. Interacción maleza cultivo I: competencia, teorías, recursos y factores; estrategias competitivas en: Fernández, O. A.; Leguizamón, E. S.; Acciaresi, H. A. (Eds.). Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: Ecología y manejo. Editorial UNS. pp 171-198.
- Acciaresi, H. A y Chidichimo, H.O. 2007. Spatial pattern effect on corn (*Zea mays*) weeds competition in the humid Pampas of Argentina. pp 195-206
- Andrade, F.H., H.E. Echeverría, N.S. Gonzalez, S. Uhart, y N.A. Darwich. 1995. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. E.E.A. Balcarce Boletín Técnico N° 134.
- Andrade, F.H. y Cirilo, A.G. 2002. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. Cap V, pp 137-156, en: Andrade F.H. y Sadras, V.O. (Eds), Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Buenos Aires, Argentina. 450 p.
- Bedmar, F. 1996. Evaluation of Pre-emergent herbicides for weed control in zero tillage maíz. Test Agrchem. Cult. 17 (Ann Appl. Biol 128, Supplement): 56-57.
- Bedmar, F.; Eyherabide, J.J. y Leaden, M.I. 2001. Aspectos sobre el manejo de las malezas en sistemas de siembra directa. Capítulo 6: 99-139. En: Panigatti, J.L., Buschiazzo, D. y Marelli, H. Siembra Directa II. INTA. ISBN 987-521-046-3.
- Bedmar, F; Manetti, C. y Monterrubianesi, F. 1999. Determination of the critical period of weed control in corn using a thermal basis. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 34(2): 187-193.

- Benech Arnold, R.; Batalla, D.; Gugliemini, A, C. 2003. Capitulo XXI. Bases para el control y manejo de malezas en: Satorre, E. H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G. A.; De la Fuente, E.B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E. y Savin, R. 2008. Producción de granos. Bases Funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía. 593p.
- Blanco Valdéz, Y.; Galan Leyva, A.; Lizazo Castro, I. 2014. Determination of critical period of weed competition with the cultivate of maize (*Zea mays*. L.). *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 3, pp. 62-69.
- Buhler, D.D. 1992. Population dynamics and control of annual weeds in corn (*zea mays*) as influenced by tillage systems. *Weed Science* 40(2): 241-248.
- Buhler, D.D., Hartzler, R.G. y Forcella, F. 1997. Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Science*, 45: 329-336.
- Cepeda, S.A. y Rossi, A.R. 2004. *Idia XXI, Manejo y control de malezas en maíz*. P 172.
- Cousens, R. 1988. A simple simulation model of plant competition and its implication *Symposium of weed biology, Ecology and Systematics*, 113-122.
- Estimaciones agrícolas; 2021. Bolsa de cereales. Lanzamiento campaña gruesa 2020-2021. <http://www.bolsadecereales.com/>. Ultimo acceso: 26/12/2021.
- Estimaciones Agrícolas, 2021. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. <https://Datosestimaciones.magyp.gob.ar>. Ultimo acceso: 26/12/2021.
- BCR 2021. Bolsa de comercio de Rosario. Estimaciones agrícolas. Último acceso 4/10/2022 <https://www.bcr.com.ar/es>.

- Laffite, H.R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. México, D.F.: CIMMYT.
- Leguizamón, E., M.E. Colombo, A. Salinas, y C. Severin. 1980. Modelos de flujos de emergencia de 19 especies de malezas. *Malezas* 8: 3-11.
- Leguizamón, E. S. y Acciaresi, H. A. 2014. Interacción maleza-cultivo II: relaciones funcionales entre las malezas y los cultivos. pp 129-225. En Fernández, O. A.; Leguizamón, E. S. y Acciaresi, H. A. (Eds.). *Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: Ecología y manejo*. Editorial UNS. 964p.
- Lemerle, D., B. Verbeek, y N. Coombes. 1995. Losses in grain yield Winter crops from *Lolium rigidum* competition depend on crop species, cultivar and season. *Weed res.* 35: 503-509.
- Moltoni, L. 2012. Evolución del mercado de herbicidas en Argentina. Instituto de Ingeniería Rural, Economía y Desarrollo Agroindustrial 1(2):1-6. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-economia_y_desarrollo_agroind-boletin1-2.pdf .
- Nieto, J.H. 1970. The struggle against weeds in maize and sorghum. FAO- International conference on weed control. Davis, California, EEUU.
- Nieto, J.H.; Brondo, M.A. y Gonzalez, J.T. 1968. Critical periods of the crop growth cycle of competition. *PANS* 14: 159-165.
- Paliwal, R.L. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Roma, Italia. Versión digital. Último acceso 4/10/2022 <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm#toc>.

- Papa, J.C. y Bruno, M.E. 2006. Malezas en Maíz. Combinación de glifosato con herbicidas residuales e interferencia de las malezas. Revista para mejorar la producción N° 32, INTA EEA Oliveros, Santa Fe, Argentina.
- Papa, J.C.; 2013. Manejo y control de malezas en maíz, las gramíneas anuales.
- Papucci S., González, A., Cruciani, M, Tuttolomondo, G. y González, M. 2016. Maíces tempranos versus tardíos. Agromensajes 46: 39-45.
- Satorre, E. H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G. A.; De la Fuente, E.B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E. y Savin, R. 2008. Producción de granos. Bases Funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía. 593p.
- Satorre, E. H.; Kruk, Betina C.; De la Fuente, E. B. 2016. Bases y herramientas para el manejo de malezas. 285p.
- Stoller, E.W., y L.M. Wax. 1973. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. Weed Sci. 21: 574-580.
- Stoskopf, N.C. 1985. Cereal grain crops. Reston Pub. Company, Inc.
- Trenbath, B.R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. Pp. 129-169. En: Multiple cropping, R.E. Papendick, P.A. Sanchang y G.B. Triplett (Eds.). A.S.A, Madison, WI.
- Weaver, S.; Kropff, M. y Groeneveld, R. 1992. Use of Ecophysiological models for Crop-Weed Interference: The Critical Period of Weed interference. Weed Science, 40(2): 302-307.
- Wilson, B.J. 1988 a. The effect of initial advantage on the course of plant competition. Oikos 51: 19-24.
- Wilson, B.j. 1988 b. Shoot competition and root competition. J. App. Ecol. 25: 279-296.

Zimdahl, R.L. 1980. Weed-crop competition- A review. International plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 195 pp.

Zimdahl, R.L. 1993. Fundamentals of weed science. Academic press.