

EFECTOS DE LA FECHA DE LA HELADA TEMPRANA SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL SUDOESTE BONAERENSE

AUTOR: Juan Gabriel Lamberto

DOCENTE TUTOR: Mg. ROBERTO KIESSLING

DOCENTES CONSEJEROS: Mg. MARÍA CLARA FRANCHINI
Dr. JUAN MANUEL MARTÍNEZ

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Bahía Blanca, noviembre de 2024

INDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
AGRADECIMIENTOS	5
Resumen	6
INTRODUCCIÓN	7
Origen del cultivo de maíz	7
Características generales morfológicas del cultivo:	8
Etapas del crecimiento de los granos:	11
Domesticación y mejoramiento:	12
Tipos y variedades de maíz	14
El cultivo de Maíz en la Argentina	14
Los principales usos del maíz en la Argentina	17
Calidad de grano	18
Humedad del grano:	19
Antes de la Cosecha:	19
Durante el Almacenaje	19
Caracterización de la región de estudio	20
HIPÓTESIS	24
OBJETIVOS	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
Sitio del estudio	25
Sistema de riego	27
Elección del cultivar	28
Densidades de siembra	29
Fertilización	30
Precipitaciones	30
Diseño experimental	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38

Densidad de plantas	38
Peso de espigas	39
Índice de cosecha	41
Granos por espiga	42
Peso del grano	44
Granos por metro cuadrado (m ²)	45
Rendimiento	47
Peso de los granos	48
Componentes sobre calidad de grano	50
Conclusiones	52
Referencias bibliográficas	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación morfológica de una espiga y planta de maíz primitiva (Teosinte) con una planta y espiga actual.	8
Figura 2. Estados fenológicos del maíz, escala de Ritchie.	10
Figura 3. Morfología general de la planta de maíz.	10
Figura 4. Distintos estados fenológicos en el llenado de grano.	11
Figura 5. Etapa del crecimiento de los granos.	12
Figura 6. Origen de híbridos simples, dobles y triples en función de las líneas progenitoras.	13
Figura 7. Mejoramiento genético de la espiga a lo largo del tiempo.	14
Figura 8. Producción de maíz en Argentina.	15
Figura 9. Hectáreas cosechadas de maíz en Argentina.	16
Figura 10. Rendimiento en Kg/ha de maíz.	16
Figura 11. Cadena de valor del maíz.	17
Figura 12. Principales destinos de la producción de maíz en Argentina.	18
Figura 13. Mapa del sudoeste Bonaerense con período medio de días con heladas.	21
Figura 14. Meses del año con temperaturas medias para el partido de Tornquist	22
Figura 15. Ubicación de Tornquist dentro de la provincia de Buenos Aires.	24
Figura 16. Ubicación del sitio de ensayo.	24
Figura 17. Imagen aérea del establecimiento en el cual se realizó el estudio.	25
Figura 18. Equipo de riego por pivot central, utilizado en el estudio.	25
Figura 19. Monitor digital de control del pivot de la marca Valley.	26
Figura 20. Cartilla de información del híbrido 9946 VYHR de la marca Pioneer, utilizado en el estudio.	27
Figura 21. Relación entre mm aplicados por riego y precipitación durante el ciclo del cultivo.	29
Figura 22. Imagen satelital del sitio experimental.	30
Figura 23. Detalle y disposición de los tratamientos primarios y secundarios.	30
Figura 24. Parcelas de plantas de maíz defoliadas manualmente el día 10/3/2023 (primera fecha de defoliación).	31
Figura 25. Bolsas rotuladas, utilizadas para trasladar las espigas desde el campo hacia el laboratorio.	33
Figura 26. Balanza utilizada para pesar las espigas en el laboratorio.	33
Figura 27. Espigas rotuladas con el número de planta.	34
Figura 28. Desgranador manual de maíz.	34
Figura 29. Bandejas con granos de maíz, secándose a estufa para evaluar calidad de grano.	35

Figura 30. Balanza de precisión, utilizada para pesar 20 granos del tercio medio de cada espiga.	35
Figura 31. Densidad de plantas (plantas. ha-1) a cosecha en función de la densidad de siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas con $p < 0,05$.	36
Figura 32. Densidad de plantas a cosecha en función de los tratamientos de defoliación.	37
Figura 33. Peso de espigas cosechadas en función de los tratamientos de baja y alta densidad de siembra.	38
Figura 34. Peso de espigas en granos.m2, cosechadas en función de los tratamientos de defoliación.	38
Figura 35. Índice de cosecha de la espiga en función de los tratamientos de baja y alta densidad de siembra.	39
Figura 36. Índice de cosecha de la espiga en función de los tratamientos de defoliación.	40
Figura 37. Granos por espiga en función de la densidad baja (47mil plantas/ha) y la alta (66mil plantas/ha).	41
Figura 38. Granos por espiga en función de distintas fechas de heladas simuladas.	41
Figura 39. Peso del grano en función de las distintas densidades de siembra.	42
Figura 40. Peso del grano en función de las distintas fechas simuladas de helada.	43
Figura 41. Granos por metro cuadrado en las distintas densidades de siembra.	44
Figura 42. Granos por metro cuadrado en función de las distintas fechas de defoliación.	44
Figura 43. Rendimiento en kilogramos por hectárea en las distintas densidades de siembra.	45
Figura 44. Rendimiento en kilogramos por hectárea en función de las distintas fechas de defoliación.	45
Figura 45. Peso de los granos luego de la primera fecha de defoliación vs. peso de los granos el día de la cosecha.	46
Figura 46. Peso de los granos el día de la segunda fecha de defoliación vs. peso de los granos el día de la cosecha.	47
Figura 47. Peso de los granos el día de la tercera fecha de defoliación vs. peso de los granos el día de la cosecha.	47
Figura 48. Peso hectolitrico de los granos en las distintas densidades y distintas fechas de defoliación.	48
Figura 49. Peso hectolítrico de los granos en función de las distintas fechas de defoliación.	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estados fenológicos del maíz.	9
Tabla 2. mm aplicados mediante el sistema de riego.	27
Tabla 3. Estadio fenológico del cultivo de maíz estudiado.	31
Tabla 4. Distintas fechas de defoliación y fecha de primera helada fisiológica.	31

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi paso por la universidad he contado con el apoyo y la guía de muchas personas, sin las cuales hubiera sido imposible completar mis estudios. A todas ellas, mi más sincero agradecimiento.

Mi familia, mi mamá y mi papá, que gracias a ellos nunca me faltó nada y me enseñaron los más fuertes valores.

Gracias a mi madre que, con sus increíbles dotes de docente, marcaron a fuego frases que siempre me impulsaron en todos los aspectos de la vida y más con cuestiones académicas “la capacidad para aprender es ilimitada” o “si te organizas bien, puedes hacer y lograr todo”.

A mi padre que siempre fue una figura de admiración, respeto y amistad, con su capacidad de resiliencia, la pasión por lo que hace y su fuerza para ir hacia adelante siempre, me demostró que nunca hay que bajar los brazos.

A mi novia Jorgelina que, con su compañía y pasión por la agronomía, no solamente me ayudó a terminar la carrera, sino que también, me enseñó a amar esta profesión.

A mis tíos que estuvieron presentes en cada momento que los necesite.

A todos y cada uno de mis amigos, que, al ser hijo único, durante toda mi vida hicieron el papel de hermanos y que estuvieron siempre, en momentos buenos y malos, disfrutando viajes, incontables anécdotas y horas de estudio.

A mi club, Sociedad Sportiva, por ser mi segunda casa hace 16 años, por los buenos valores y también por tantos buenos amigos.

A Roberto Kiessling por elegirme para realizar este estudio, por los viajes al campo, las charlas en la ruta y por no guardarte ningún conocimiento, siempre enseñando y expresando la agronomía.

A María Clara Franchini y Juan Manuel Martínez que hicieron, ayudaron y aconsejaron muy amablemente en este trabajo.

Y por último a la universidad pública, a la UNS, que nos da a mí y a muchas personas más en este país la posibilidad de tener una profesión, un título y un propósito.

Gracias a todos y cada uno.

Resumen

El sudoeste de la provincia de Buenos Aires se caracteriza por la producción ganadera y de cereales de invierno, aunque el cultivo de maíz viene aumentando la superficie en la última década. En este sentido, en algunos ambientes con mayor potencial, la siembra de maíz de segunda, inmediatamente después de la cosecha del cereal de invierno, ayuda a los productores a ampliar su plan de rotación e incorporar otra opción productiva a sus establecimientos, ya sea para pastoreo, confección de forraje o cosechar el propio grano. La problemática que nos impulsa a realizar este estudio, es la primera fecha de helada, muchas veces temprana y que causa un acortamiento abrupto del ciclo del maíz, impidiendo que complete todos los estadios fenológicos correctamente. El estudio fue realizado en un establecimiento ubicado a 10 km de la ciudad de Tornquist, bajo un sistema de riego por pivot central, el material utilizado fue el híbrido de maíz 9946 VYHR de la empresa Pioneer, el cual tiene un ciclo fenológico corto, ideal para planteos de segunda.-Los resultados indicaron, que el tallo de la planta de maíz se puede comportar como fuente/destino de asimilados, ya que cuanto antes se corta el ciclo, en este caso causado por una helada temprana, mayor es el porcentaje de removilización de asimilados desde el tallo hacia el destino, en este caso el grano. Por otro lado, el estudio concluyó que, en planteos con altas densidades de siembra, mejor es el comportamiento del cultivo frente a una helada temprana, obteniendo mayor rendimiento de granos por hectárea, frente a planteos de baja densidades para las condiciones de nuestro estudio.

INTRODUCCIÓN

Origen del cultivo de maíz

Los botánicos han rastreado los orígenes de la planta del maíz, *Zea mays* L., y elaborado diversas teorías al respecto. Lo más aceptado hasta la fecha dice que su cuna fue Mesoamérica, aunque algunos aún sostienen que pudieron haber existido algunas variedades en la actual zona peruana. Los estudios más actualizados señalan que el teosinte es el antecesor silvestre y/o un allegado al maíz que ha participado del origen del maíz cultivado.

La presencia de restos de maíz en sitios arqueológicos ha permitido establecer fechas y así se han encontrado en el Valle de Tehuacán, México, unas doce razas diferentes del maíz (*Zea mays*), algunas originadas hace 7.000 años. En el Perú andino, los restos más antiguos se han encontrado en la zona costera y datan también de varios miles de años (Doebley et al., 1990).

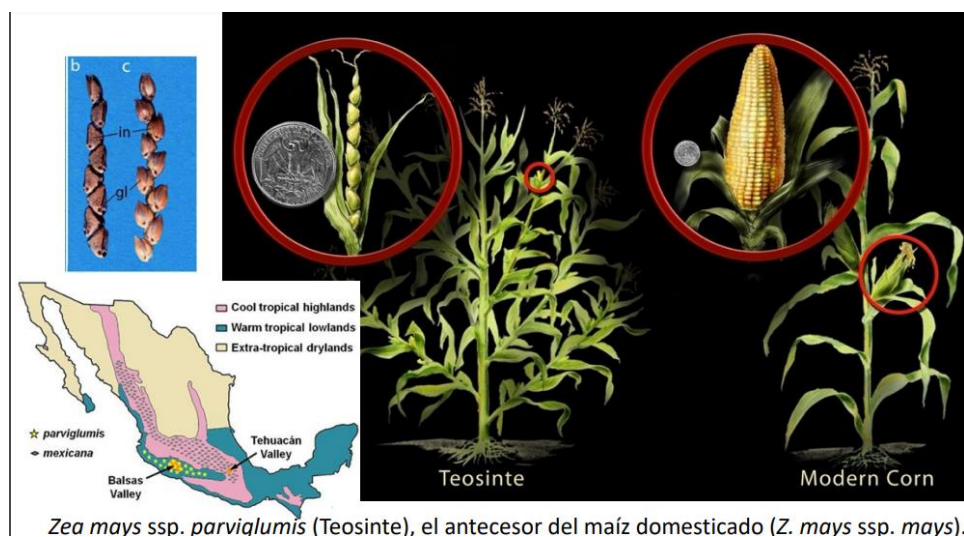


Figura 1. Comparación morfológica de una espiga y planta de maíz primitiva (Teosinte) con una planta y espiga actual.

Características generales morfológicas del cultivo:

Es una especie anual, de ciclo primavera-estivo-otoñal (PEO), diclino monoica, es decir que presenta flores masculinas y femeninas separadas en el mismo pie. La inflorescencia masculina se desarrolla sobre una panoja en la parte apical de la planta y produce polen, mientras que la inflorescencia femenina es una espiga situada en la región media de la planta. Esto permite que se produzca la fecundación cruzada, ya que los granos de polen son transportados por el viento a los estigmas femeninos. Este tipo

de plantas se denominan alógamas. A su vez, presenta protandria (los granos de polen llegan a madurar antes que los estigmas), esto es un mecanismo natural que permite que esos granos de polen viajen hacia estigmas de otra planta que ya hayan emergido favoreciendo la alogamia. La espiga del maíz posee numerosos granos desprovistos de glumas incapaces de desarticularse sin la intervención del hombre, impidiendo así su propagación de forma natural (Doebley et Iltis, 1980). En cuanto a la morfología de la planta, presenta un sistema radical fibroso que cumple la función de anclaje y absorción y raíces adventicias que surgen de los nudos sobre la superficie del mismo. El tallo es simple, erecto con forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervadas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades.

El maíz se comercializa mayoritariamente, de dos formas: a) como híbridos; resultantes del cruzamiento de dos líneas puras endocriadas, los cuales presentan uniformidad en cuanto a la altura de la planta, el tamaño de la espiga, la fecha de floración, el número de hileras por espiga y granos por hilera y b) como variedades de polinización libre (VPL), donde el tamaño de las plantas es variable, las espigas muestran variaciones en longitud, en el número de hileras y en la cantidad de granos por hilera. La principal diferencia morfológica que presentan las VPL es que poseen un número de macollos variable en comparación con los híbridos que, debido a su domesticación, presentan un único macollo.

El ciclo del maíz (figura 2) comprende los estados vegetativos (V) que generalmente van desde octubre hasta diciembre en esta latitud y reproductivos (R) en el periodo desde enero hasta abril (Ritchie et al., 1992).

Tabla 1. Estados fenológicos del maíz.

Vegetativa	Reproductiva
VE emergencia	R1 estigmas visibles
V1 primera hoja con lígula visible	R2 granos acuosos
V2 segunda hoja con lígula visible	R3 granos lechosos
V6 sexta hoja con lígula visible	R4 granos pastosos
V10 décima hoja con lígula visible	R5 granos duros

VT última ramificación de la panoja visible	R6 madurez fisiológica
---	------------------------

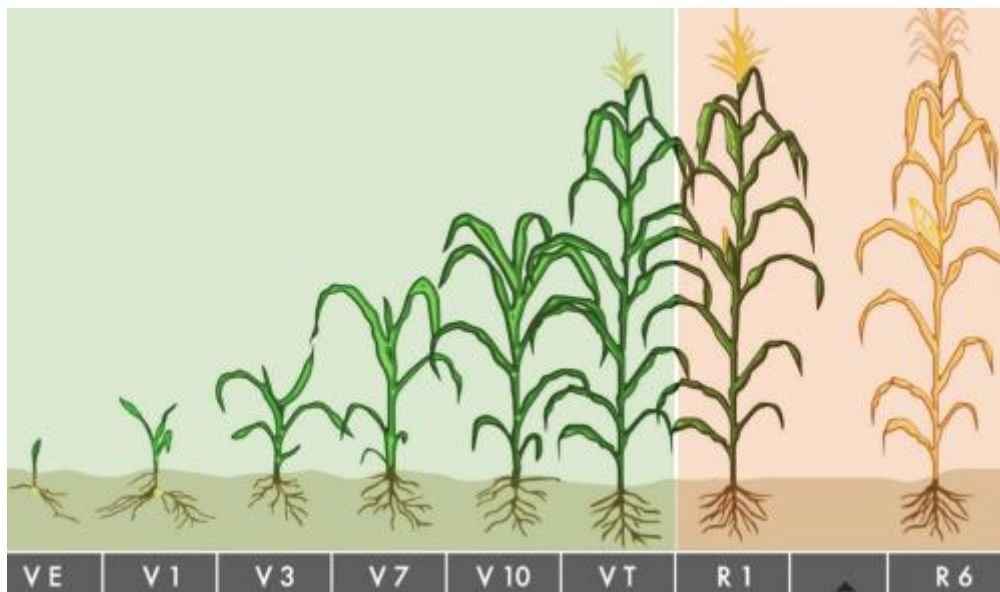


Figura 2. Estados fenológicos del maíz, escala de Ritchie. Imagen tomada de la cátedra de cereales UNS.

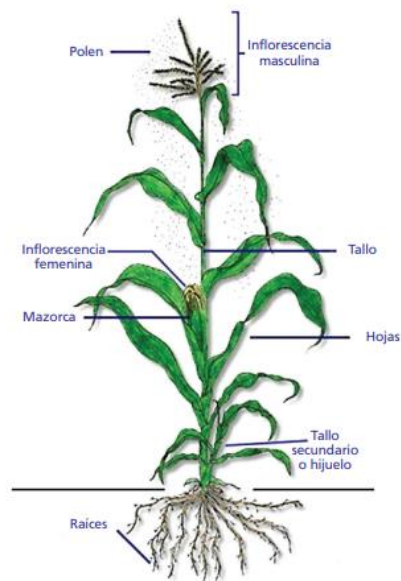


Figura 3. Morfología general de la planta de maíz. Imagen tomada de la cátedra de cereales UNS.

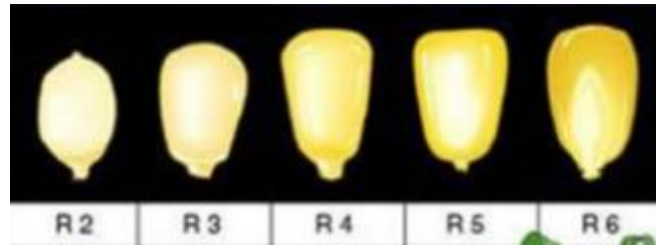
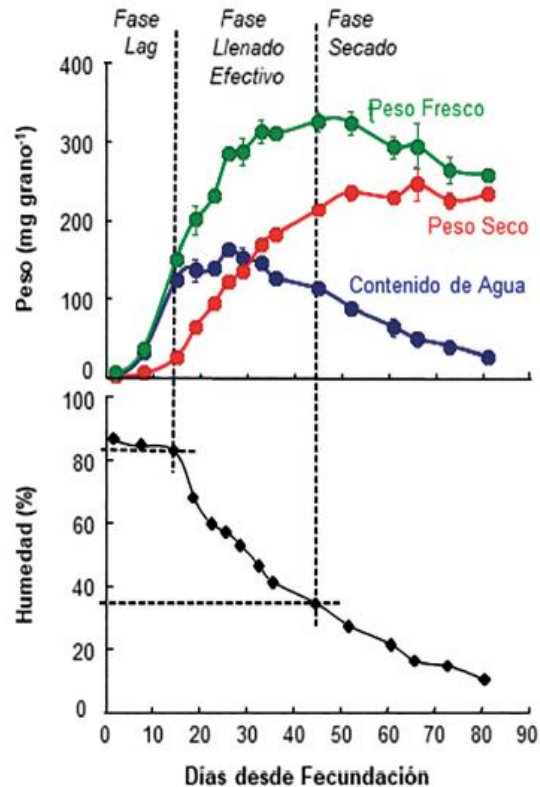


Figura 4. Distintos estados fenológicos en el llenado de grano. Imagen tomada de la cátedra de cereales UNS.

Etapas del crecimiento de los granos:

La acumulación de biomasa en los granos puede considerarse como la sucesión de tres etapas (Figura 5; Bewley y Black, 1985). La primera, denominada fase lag, es una etapa de lenta acumulación de biomasa, y tiene lugar durante cada 12 a 15 días a partir de la fecundación del ovario. Esta etapa se caracteriza por una activa división celular, donde quedan establecidos el número de células endospermáticas y de amiloplastos involucrados en la posterior deposición de almidón. Esta etapa es considerada crítica en la definición del poder germinativo potencial (Capitano et al., 1983; Reddy y Daynard, 1983; Jones et al., 1985). La segunda etapa de crecimiento del grano, llamada de llenado efectivo o de crecimiento lineal, se caracteriza por una activa acumulación de reservas en el grano. Durante la tercera etapa no hay acumulación de biomasa en los granos, y es una etapa durante la cual los granos pierden humedad. El momento en el cual los granos alcanzan su máximo peso seco se conoce como madurez fisiológica, y ocurre cuando llegan a una humedad entre 33 y 36%.

La aproximación general al crecimiento de los granos y la determinación de su peso final se basa en analizar cuán rápido acumulan biomasa (tasa de crecimiento durante el periodo de llenado efectivo) y por cuánto tiempo (duración del llenado). Estas variables se asocian con la temperatura de manera directa e inversa, respectivamente (Cirilo y Andrade, 1996). La Figura 5 muestra estas tres etapas, y describe la acumulación de peso seco, peso fresco, contenido de agua y pérdida de humedad de los granos durante el llenado. La determinación del peso final del grano a cosecha se analiza en relación a los factores que afectan (i) el peso potencial de grano establecido tempranamente durante la fase lag, y (ii) la capacidad del cultivo de completar posteriormente ese potencial durante el llenado efectivo. (Andrade et al., 2023)



○

Figura 5. Etapa del crecimiento de los granos (tomado de Andrade et al., 2023 p. 134).

Domesticación y mejoramiento:

A fines del siglo XV el maíz fue introducido en Europa, donde se convirtió en un componente clave de la alimentación humana y animal. Debido a su gran productividad y adaptabilidad, se extendió rápidamente a lo largo de todo el planeta, y hoy se desarrolla en todos los continentes, donde ocupa la tercera posición en cuanto a producción total de cereales, detrás del arroz y el trigo. Hasta el siglo XX, el maíz se fue mejorando a través de variedades de polinización abierta, que eran una colección de individuos heterocigotas y heterogéneos. Estas variedades fueron evolucionando gracias a la selección realizada por las distintas civilizaciones americanas.

El mejoramiento genético de maíz a fines del siglo XX asimiló los desarrollos y avances en el conocimiento y la tecnología en diferentes áreas, tales como la genética, la biología molecular, la informática, la estadística, la ingeniería agrícola y la agronomía. Estos avances han transformado los programas de mejoramiento y aumentado dramáticamente su eficiencia, especialmente medida en términos de progreso genético por unidad de tiempo. El grado de madurez o evolución de los programas comerciales de mejoramiento genético de maíz se refleja en el tipo de cultivar que generan. Así es como en EE.UU. el principal producto hasta la década del '30 (en la Argentina hasta la

década del '60) fueron las variedades de polinización libre. Posteriormente éstas fueron cediendo parte de su área sembrada a híbridos dobles (de cuatro líneas), luego a híbridos de tres líneas y finalmente a los híbridos simples de dos líneas (figura 6). El desarrollo y adopción de los híbridos simples se vio dificultado o demorado durante mucho tiempo por el escaso rendimiento de las líneas progenitoras y el consecuente efecto sobre los costos de producción de la semilla. El mejoramiento de las líneas y el ajuste del manejo del cultivo (fertilización, riego) permitieron más tarde superar aquel problema (Eyherabide 2006).

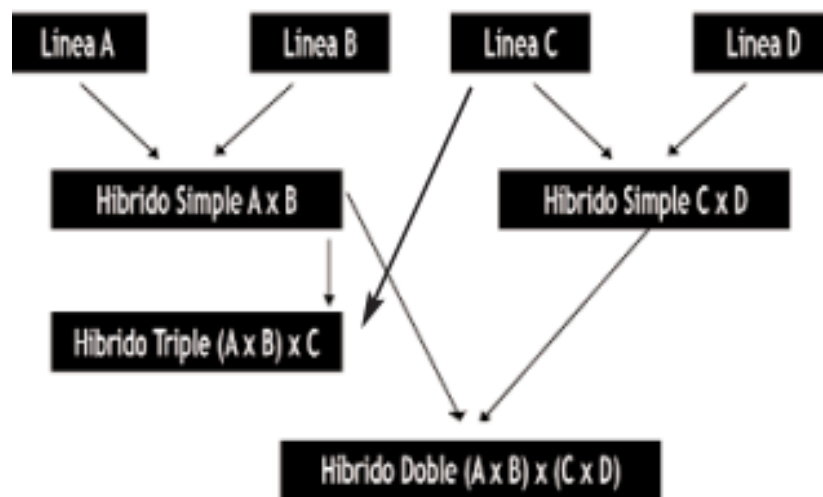


Figura 6. Origen de híbridos simples, dobles y triples en función de las líneas progenitoras.

En la actualidad se desarrollan nuevos híbridos con mayor rendimiento y mejores características agronómicas, capaces de resistir enfermedades y plagas (figura 7). Los avances de la biología molecular y de las técnicas de ingeniería genética abren una nueva etapa en la biotecnología aplicada a la agricultura, y ofrecen nuevas tecnologías para la producción de maíz.



Figura 7. Mejoramiento genético de la espiga a lo largo del tiempo.

Tipos y variedades de maíz

Todos los maíces pertenecen a la misma especie y los tipos o razas que los diferencian corresponden a una simple clasificación utilitaria, no botánica. Los distintos tipos de maíz presentan una multiplicidad de formas, tamaños, colores, texturas y adaptación a diferentes ambientes, constituyendo numerosas variedades primitivas o tradicionales que son cultivadas actualmente. En nuestro país se localizan en zonas de agricultura de subsistencia y minifundios del NOA, NEA y comunidades indígenas andinas y patagónicas, que por sus características culturales basan su alimentación en un reducido número de cultivos que poseen gran variabilidad de tipos con distintos usos, como el maíz. La producción es utilizada fundamentalmente para consumo familiar y a partir de estas diversas variedades preparan numerosas comidas, incluyendo postres y bebidas.

El cultivo de Maíz en la Argentina

En nuestro país alrededor del 80% de la producción de maíz se concentra en el norte de la provincia de Buenos Aires, el sudeste de Córdoba y el sur de Santa Fe, zona conocida tradicionalmente como “Zona Núcleo Maicera”. Es relevante también la producción en las provincias de Santiago del Estero, Entre Ríos, La Pampa y Chaco (Storti 2019).

La producción argentina de maíz ha sufrido un importante crecimiento en los últimos 100 años. Desde la década de 1920 (datos oficiales más antiguos) hasta mediados de

la década de 1990 la producción nacional se estabilizó en un rango de 7 a 10 millones de toneladas. En los siguientes 15 años (1996-2011) se duplicó la producción, mientras que en los últimos 10 años el crecimiento llegó hasta los 58 millones de toneladas en el 2019. Este último periodo de crecimiento se ve reflejado, en un aumento considerable de la superficie cosechada (desde 3.6 millones hasta 7.7 millones de hectáreas) (Figura 9) (Andrade y Satorre, 2015).

En este país, el ciclo productivo del maíz comienza con la siembra que, según las regiones, se inicia en septiembre y se prolonga hasta enero. La cosecha se extiende entre febrero y agosto del año siguiente.

El avance tecnológico sobre la genética del maíz, condujo a que sea el cultivo con mayor aumento de rendimiento en los últimos 30 años (Figura 10). Se destaca el desarrollo de híbridos, de semillas transgénicas y de prácticas de manejo como, por ejemplo, los planteos tardíos a bajas densidades para zonas marginales del Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, donde cultivar el maíz era mucho más errático. Al producirse estas mejoras se permitió ampliar el área de siembra del mismo. Por otra parte, la ciencia y la tecnología aplicada al uso eficiente de insumos utilizados en su producción, tales como agroquímicos, fertilizantes, maquinaria, etc., provocaron profundos cambios e innovaciones que aumentaron y estabilizaron los rendimientos por hectárea.

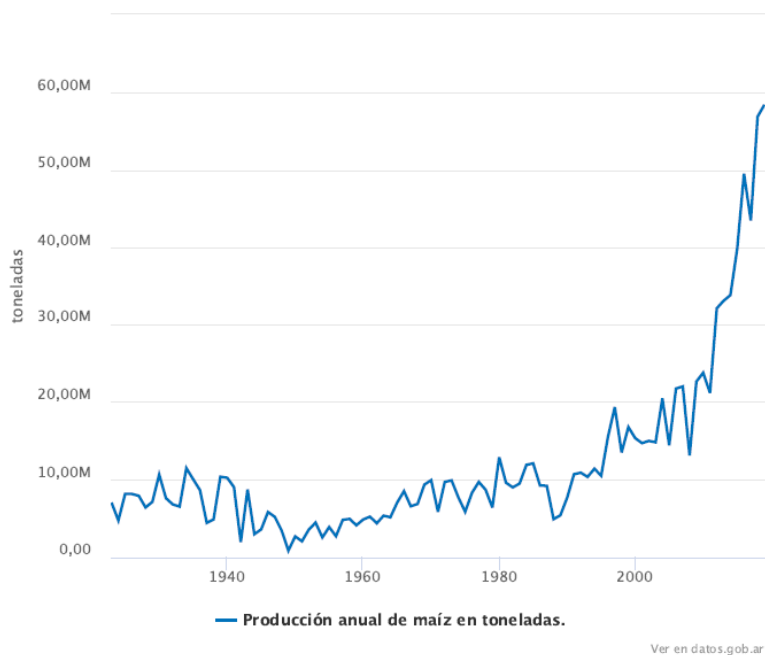


Figura 8. Producción de maíz en Argentina. Tomada de datos.gob.ar.

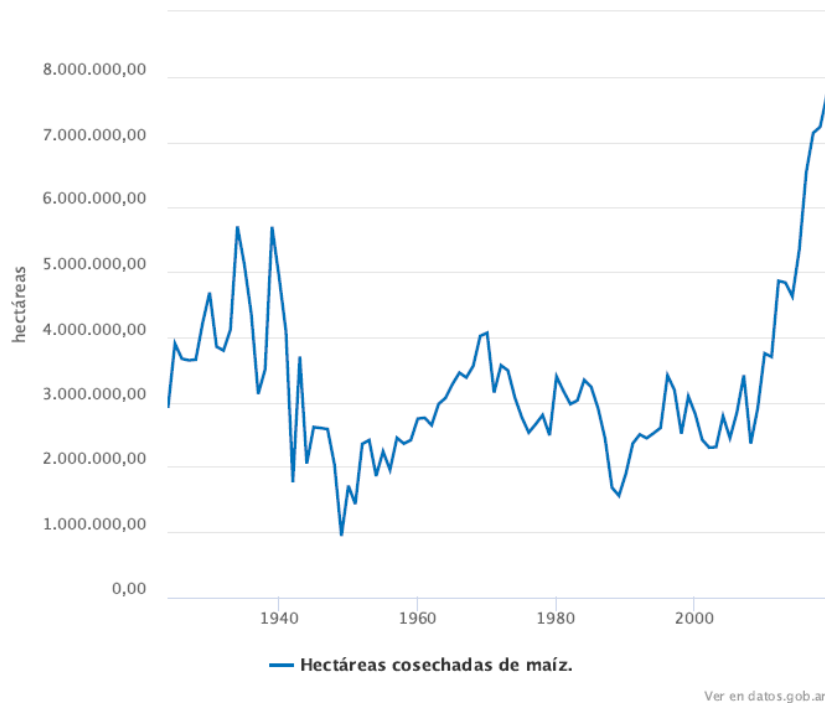


Figura 9. Hectáreas cosechadas de maíz en Argentina. Tomada de datos.gob.ar.

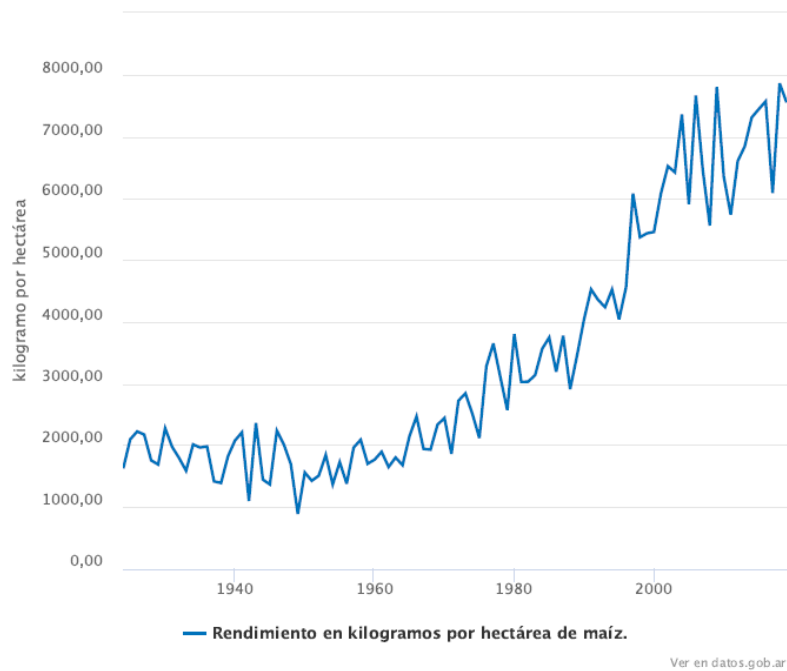


Figura 10. Rendimiento en Kg/ha de maíz. Tomada de datos.gob.ar.

Los principales usos del maíz en la argentina

En la cadena de valor del maíz se puede identificar los distintos destinos que tiene este cultivo.

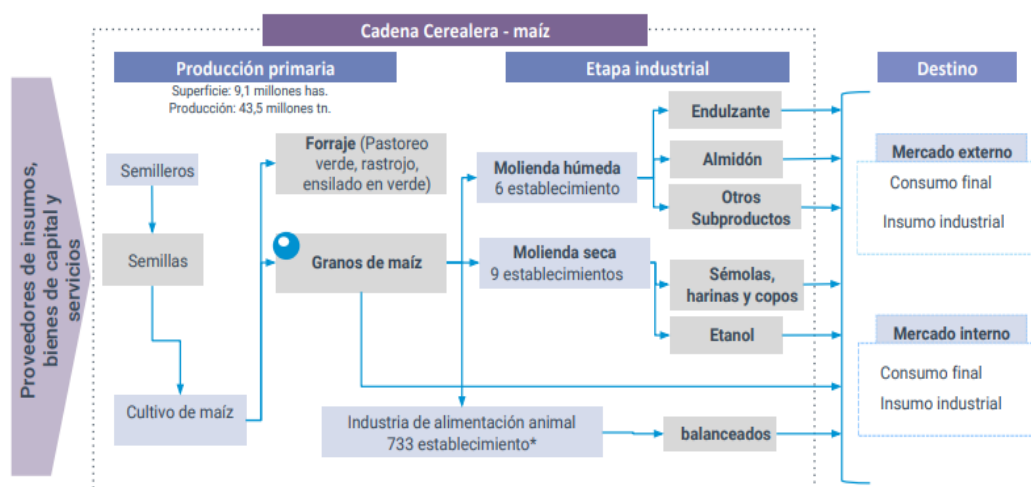


Figura 11. Cadena de valor del maíz. Tomada de datos.gob.ar.

El principal destino de la producción del grano es la exportación (Figura 12), que en el año 2020 fue superior a 33 millones de toneladas (Mt) de granos con un valor que superó los 6000 millones de dólares. El segundo destino más importante es el uso forrajero, que fue de 12,4 Mt, de las cuales el 36 % se destina a la producción avícola, el 35 % para la producción de carne vacuna, el 17 % como insumo para preparación de alimentos balanceados en tambos y el 12 % en la producción de ganado porcino. La industria utiliza 3,8 Mt de los cuales 1,7 Mt se utilizan para producir etanol y 2,1 Mt en la molienda húmeda, que produce almidón o maicena, aceite y jarabe de maíz, entre otros productos y la molienda seca, que produce copos de maíz, sémolas y harina, entre otros productos (Presello et al., 2022).

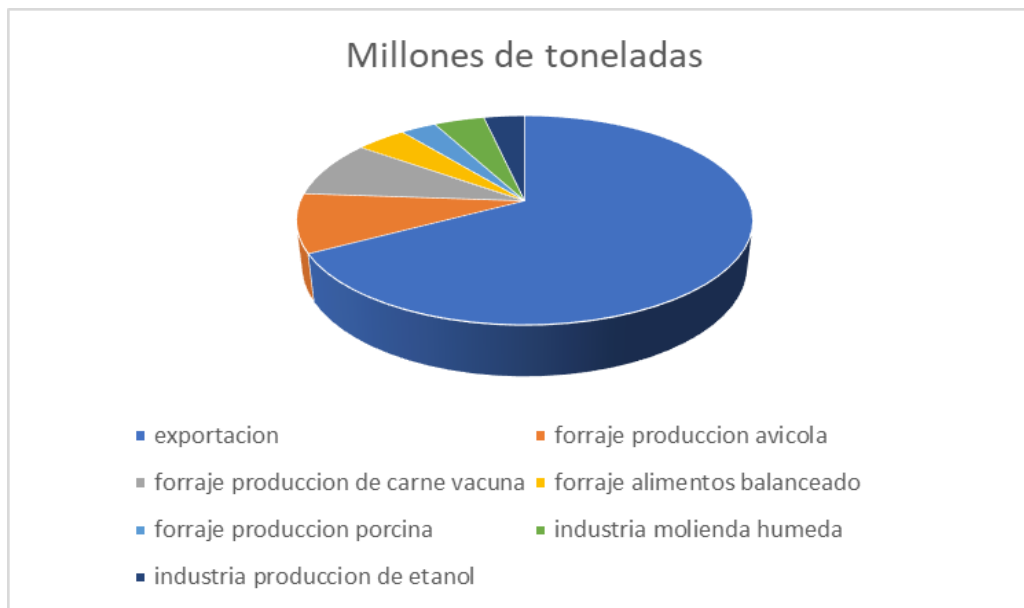


Figura 12. Principales destinos de la producción de maíz en Argentina.

Calidad de grano

Para estimar la calidad del grano, se tomaron valores de humedad y peso hectolítrico.

El peso hectolítrico (PH) es una medida que indica la densidad aparente de un grano, es decir, el peso de un volumen fijo de granos, generalmente expresado en kilogramos por hectolitro (kg/hl). Para calcularlo, se utiliza una medida estándar de 100 litros (1 hectolitro) y se pesa la cantidad de grano que cabe en ese volumen.

1. **Indicador de Calidad:** El peso hectolítrico es un indicador importante de la calidad del grano. Un PH alto generalmente se asocia con granos más pesados y de mejor calidad, mientras que un PH bajo puede indicar la presencia de granos livianos, inmaduros o dañados.
2. **Determinación de Precio:** En la comercialización de granos, el PH puede influir en el precio. Granos con un PH más alto suelen tener un mejor precio porque son más deseables para la industria, ya que su rendimiento en procesos de transformación (como molienda o producción de aceite) es mayor.
3. **Selección de mercado:** Algunos mercados o industrias pueden requerir granos con un PH específico. Por ejemplo, en la industria de la malta, el peso hectolítrico es crucial porque afecta el rendimiento en la producción de cerveza.
4. **Afecta el almacenamiento y transporte:** Granos con un peso hectolítrico bajo pueden ocupar más espacio y ser más difíciles de almacenar y transportar de manera eficiente, lo que también puede repercutir en costos adicionales.

Por estas razones, el PH es una medida clave que se considera tanto en la producción como en la comercialización de granos.¹

Humedad del grano:

La importancia del porcentaje de humedad en el grano de maíz es crítica tanto antes de la cosecha como durante el almacenamiento. En ese sentido es importante destacar:

Antes de la Cosecha:

1. Determinación del Momento Óptimo de Cosecha:
 - El contenido de humedad del grano es un factor clave para decidir cuándo cosechar. Si el maíz se cosecha con un porcentaje de humedad demasiado alto, puede requerir un secado adicional, lo que incrementa los costos. Sin embargo, esperar demasiado para cosechar puede resultar en pérdidas por caída del grano o enfermedades.
2. Calidad del Grano:
 - Un grano cosechado con el porcentaje de humedad adecuado mantiene su calidad, peso y valor comercial. Si se cosecha con un porcentaje de humedad incorrecto, se pueden producir daños mecánicos en el grano, lo que afecta su calidad y su capacidad para ser almacenado.

Durante el Almacenaje

1. Prevención del Moho y el Deterioro:
 - Un alto contenido de humedad durante el almacenamiento puede favorecer el crecimiento de hongos, como el *Aspergillus*, que pueden producir micotoxinas peligrosas para la salud humana y animal. Un contenido de humedad bajo es crucial para evitar estos problemas.
2. Prolongación de la Vida Útil:
 - Mantener el grano a un porcentaje de humedad adecuado (generalmente entre 13-15%) es esencial para prolongar su vida útil durante el almacenamiento. Niveles más altos pueden acelerar la respiración del grano, lo que genera calor y humedad adicionales, conduciendo a un rápido deterioro.
3. Minimización de Pérdidas:

¹ ChatGPT. (2024, agosto 22). *Explicación sobre el peso hectolítrico y su importancia en la comercialización de granos*. Consulta.

- El control del porcentaje de humedad ayuda a minimizar las pérdidas económicas por deterioro o mermas durante el almacenamiento. Un almacenamiento adecuado asegura que el grano se mantenga en buenas condiciones hasta que esté listo para ser vendido o procesado.

Caracterización de la región de estudio

El sudoeste bonaerense, en su mayoría, se caracteriza por la producción de cereales de invierno ya que es una zona un tanto marginal para la producción de maíz, con un marcado déficit hídrico estival, altas temperaturas al momento de polinización y heladas tempranas que pueden acortar el ciclo, no permitiendo un óptimo llenado de los granos. Aun así, existen regiones de clima subhúmedo o planteos con mayor desarrollo tecnológico (por ejemplo, con riego complementario) donde el maíz de segunda (sembrado luego de la cosecha de un cultivo invernal) es una opción atractiva para los productores. En este sentido, los sistemas mixtos (agrícolas-ganaderos) o netamente ganaderos utilizan la siembra en fechas tardías como práctica debido a la plasticidad del cultivo en su aprovechamiento. Esto es, producción de grano con destino comercial, granos para uso forrajero en la misma explotación, pastoreo directo del cultivo, entre otros. En este sentido, la aparición de semillas híbridas de ciclo más corto (“Híbridos hiperprecoces”) se ajustaría de forma más adecuada al momento más probable de ocurrencia de la primera helada (mes de abril).

El período con heladas aumenta significativamente de este a oeste. El menor número de días entre la primera y la última helada del año corresponde al sector ESTE y NORTE del área de estudio. Se distinguen el partido de Guaminí y Monte Hermoso con entre 100 y 150 días, es decir entre 27,4% y 41,0% del ciclo anual. Por otra parte, en una situación intermedia se hallan los partidos de Coronel Pringles, Coronel Dorrego y Coronel Rosales con un período entre 150 y 200 días (entre 41,0% y 54,8%); Coronel Suárez, Cura Malal, Puan, Pigüé, Tornquist y Cabildo afectado entre un 54,8% y 68,5% del año, es decir entre 200 y 250 días con helada al año. Finalmente, el sur del área presenta gran parte del año con heladas agrometeorológicas. Se destacan la estación meteorológica de Bordenave (partido de Puan) y los partidos de Villarino y Patagones, con más de 250 días con heladas (Lambert, Ramos y Picone 2023).

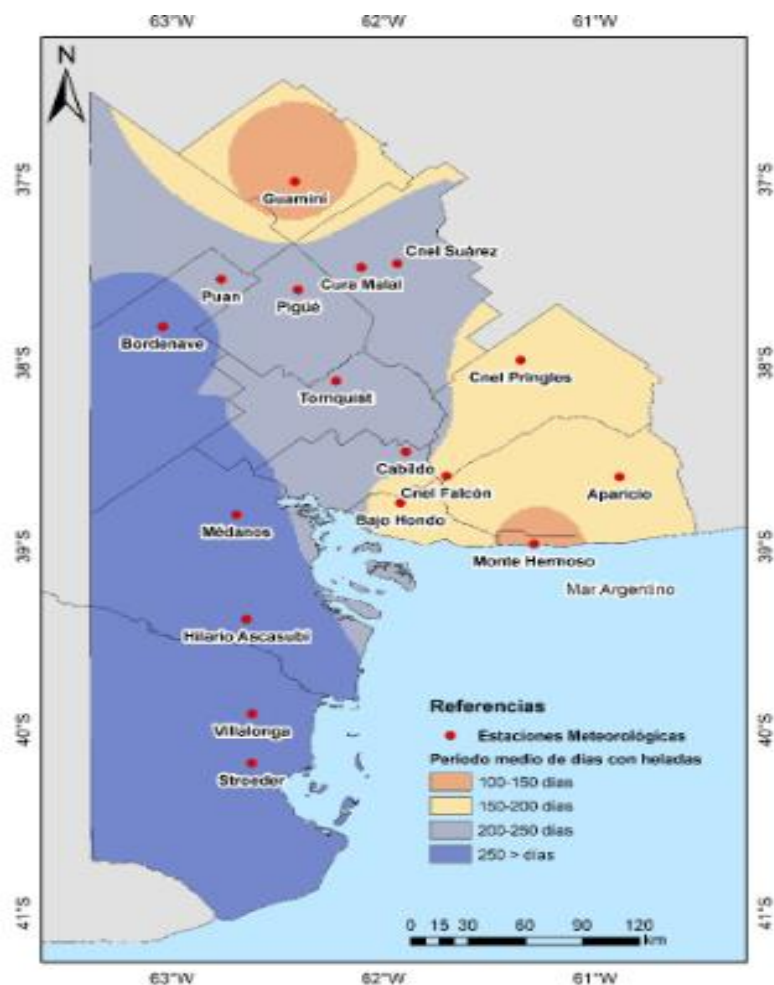


Figura 13. Mapa del sudoeste Bonaerense con período medio de los días con heladas.

El partido de Tornquist, ubicado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, consta de una superficie total aproximada de 415.000 ha. Se caracteriza por poseer llanuras con elevaciones y estar inmerso en el Sistema de Ventania. El área presenta clima semiárido templado con un régimen térmico de clima continental, atenuado por la influencia marítima. Esta región presenta una gran variabilidad climática, de forma destacada en precipitaciones, temperaturas, vientos y humedad relativa del ambiente. La temperatura media anual es de 15 °C, con una mínima y una máxima media anual de 8 y 21°C, respectivamente. Un periodo libre de heladas promedio de 231 días. Como se observa en la Figura 14, los meses de mayor temperatura registrada van de diciembre a febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es superior a los 30°C. El intervalo mensual con temperaturas bajas dura de mayo a agosto y la temperatura máxima promedio diaria es menor a 16 °C. El mes más frío del año es julio con una mínima promedio de 2°C y máxima de 12 °C.

En cuanto a las precipitaciones, es atravesada de norte a sudoeste por la isohieta de 700 mm, y las mismas se concentran en otoño y primavera, con inviernos secos y

veranos con alta evapotranspiración. Sin embargo, las precipitaciones pueden llegar a valores extremos de 200 mm, característica común de ambientes áridos o semiáridos. La suma de estas desviaciones positivas o negativas por encima o por debajo del promedio anual da lugar al movimiento cíclico o marcha secular, que refiere a la ocurrencia de varios años húmedos, secos o medianamente secos. Esto comúnmente se conoce como períodos Niño (período húmedo) o Niña (período seco) (Glave, 2006). Los vientos predominantes son de NO, con mayor intensidad en los meses de primavera y verano, especialmente en diciembre y enero (INTA Tornquist, 2021).

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	30 °C	28 °C	25 °C	20 °C	16 °C	12 °C	12 °C	15 °C	17 °C	21 °C	25 °C	28 °C
Temp.	23 °C	21 °C	18 °C	14 °C	10 °C	7 °C	6 °C	9 °C	11 °C	14 °C	18 °C	21 °C
Mínima	16 °C	15 °C	12 °C	9 °C	5 °C	3 °C	2 °C	4 °C	5 °C	8 °C	11 °C	14 °C

Figura 14. Meses del año con temperaturas medias para el partido de Tornquist (tomado del INTA Tornquist, 2021).

En relación con este contexto el problema sería, que en los sistemas tanto agrícolas ganaderos como netamente agrícolas del sudoeste bonaerense, las limitantes de los planteos de maíces de segunda, son el marcado déficit hídrico estival y la primera fecha de helada, que acorta el ciclo fenológico del cultivo en un momento crítico, la etapa final, el llenado de granos.

En el desarrollo de este estudio se expresan ensayos realizados sobre la situación problema con el propósito de generar estrategias de manejo en la región mencionada, bajo distintas condiciones.

HIPÓTESIS

1. La ocurrencia de una helada previo a la madurez fisiológica del cultivo impactará de manera negativa, sobre el rendimiento y la calidad del grano de maíz.
2. La densidad de plantas, en el cultivo de maíz, afectará la longitud del ciclo del mismo, generando un impacto diferencial debido a la ocurrencia de una helada temprana.

OBJETIVOS

- 1- Evaluar el comportamiento del cultivo del maíz frente a distintas fechas de heladas en el ciclo del cultivo.
- 2- Determinar los cambios en el tamaño de los granos luego de una helada fisiológica debido a la removilización de reservas desde el tallo.
- 3- Evaluar el comportamiento de distintas densidades de cultivo frente a un evento de helada temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio del estudio

El estudio se realizó en el establecimiento “EL ESQUINAZO” ubicado a 8 km de la ciudad de Tornquist, en un lote que presenta riego por aspersión.

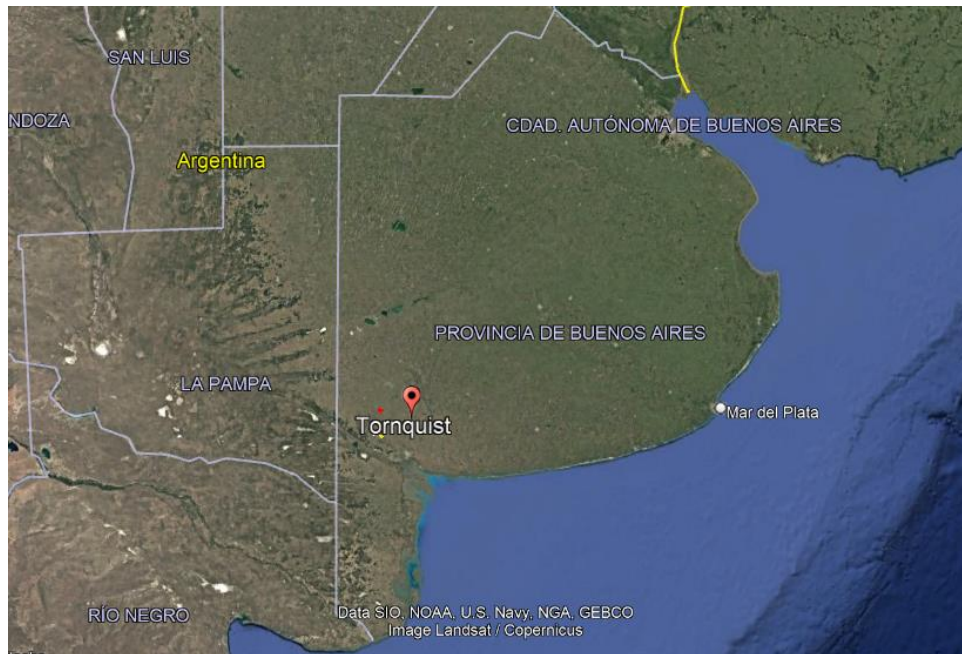


Figura 15. Ubicación de Tornquist dentro de la provincia de Buenos Aires.

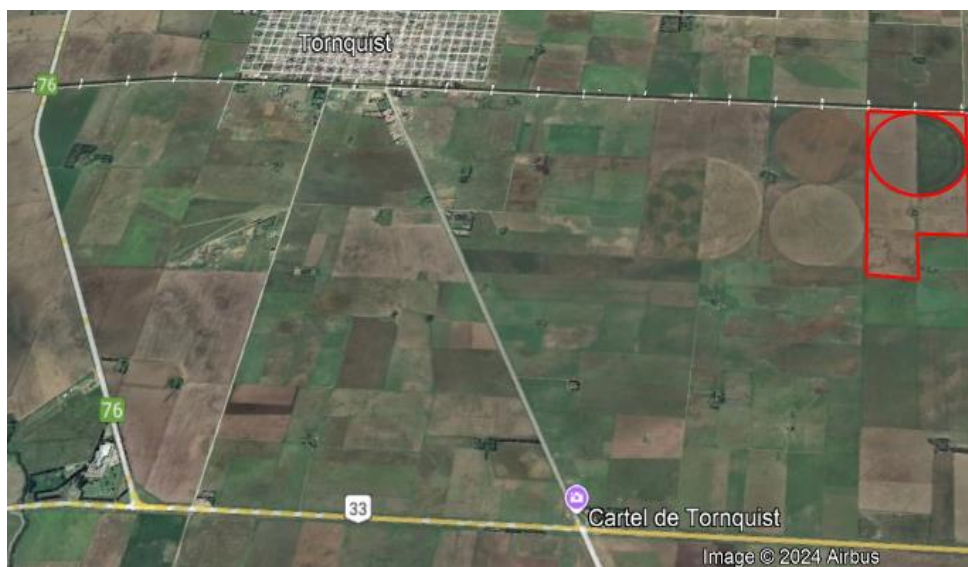


Figura 16. Ubicación del sitio de ensayo.



Figura 17. Imagen aérea del establecimiento en el cual se realizó el estudio.

Sistema de riego

El sistema de riego utilizado fue de aspersión, por medio de un pívot central de la marca Valley, el cual cubre unas 80 ha y en el momento del ensayo estaba dividido en dos mitades de 40 ha cada una (Figura 17).



Figura 18. Equipo de riego por pívot central, utilizado en el estudio.



Figura 19. Monitor digital de control del pívot de la marca Valley.

Elección del cultivar

El maíz utilizado para el estudio fue sembrado el 19/12/2022, su antecesor fue un cultivo de trigo Bioceres Basilio, cosechado el 18/12/2022. El híbrido elegido fue el Pioneer 9946 VYHR (Figura 20), es un híbrido hiper precoz con ciclo muy corto ideal para utilizarlo en planteos de segunda. También tiene una excelente combinación de rendimiento, estabilidad y perfil sanitario. Cuenta con tecnología *Lepra* que presentan una excelente eficacia para el control de la Isoca de la Espiga (*Helicoverpa zea*), Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y Barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*).



Híbrido Hiperprecoz	P9946 VYHR		
Control de Plagas	Leptra		
Control de Malezas	LIBERTY LINK		
Madurez Relativa		99	
DU Siembra-Floración (T° base 8°C)		855	
FLORACIÓN		Días	
Marcos Juárez (siembra 15/02)		76	
Pergamino (siembra 15/02)		84	
Tandil (siembra 15/10)		84	
20% HUMEDAD		Días	
Marcos Juárez (siembra 15/02)		129	
Pergamino (siembra 15/02)		146	
Tandil (siembra 15/10)		164	
Altura de Planta (cm)		224	
Altura de Espigas (cm)		113	
CARACTERES AGRONÓMICOS		TOLERANCIA	
Roya Común		⊗ ⊗ ○ ○ ○ ○	
Tizón		⊗ ⊗ ⊗ ○ ○ ○	
Mal de Río IV		⊗ ⊗ ○ ○ ○ ○	
Vuelco		⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ○ ○	
Quebrado		⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ○ ○	
Green Snap		⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ○ ○	

Figura 20. Cartilla de información del híbrido 9946 VYHR de la marca Pioneer, utilizado en el estudio.

Preparación del lote y siembra

El cultivo de maíz utilizado para el estudio fue sembrado el 19/12/2022, su antecesor fue un cultivo de trigo *Bioceres Basilio*, cosechado el 18/12/2022.

La modalidad de siembra, fue directa, sin aplicación de herbicidas previo a la siembra.

El control de malezas del cultivo se realizó el 13/1/2023 con el maíz en estadio de 6 hojas (V6) y 45 cm de altura. Ese día se aplicaron 2 lts/ha de glifosato al 54 %, 180 cc/ha de picloram y 1,5 kg/ha de atrazina granulada al 90%.

Se utilizaron dos densidades de siembra, una baja con 47620 semillas/ha y una alta con 66640 semillas/ha.

Se utilizó una sembradora Agrometal TX MEGA con dosificador neumático con 16 hileras a 52 cm de distanciamiento.

Fertilización

Al momento de la siembra 30 kg/ha de PDA y luego, el 28/12/2022 cuando el estado fenológico del cultivo era V2, se realizó una fertilización al voleo con 200 kg/ha de urea granulada.

Precipitaciones

Durante el ciclo del cultivo las precipitaciones acumuladas fueron: diciembre (8 mm); enero (86 mm); febrero (73 mm); marzo (210 mm); abril (36 mm) sumando un acumulado de precipitaciones durante el ciclo de 413 mm y por medio del pívot se fueron aplicando distintas láminas para satisfacer las necesidades del maíz. En total, sumando las precipitaciones más los riegos aplicados, el maíz recibió 661 mm durante todo el ciclo.

Tabla 2. Lamina (mm) de agua aplicada mediante el sistema de riego.

	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Lámina mm	Mensual
1° riego	19/12/2022	21/12/2022	15	50
2° riego	21/12/2022	22/12/2022	5	
3° riego	25/12/2022	27/12/2022	15	
4° riego	29/12/2022	31/12/2022	15	
5° riego	5/1/2023	7/1/2023	15	60
6° riego	14/1/2023	16/1/2023	15	
7° riego	24/1/2023	26/1/2023	15	
8° riego	28/1/2023	30/1/2023	15	
9° riego	5/2/2023	7/2/2023	15	90

10° riego	9/2/2023	12/2/2023	15	
11° riego	14/2/2023	16/2/2023	15	
12° riego	17/2/2023	19/2/2023	15	
13° riego	22/2/2023	25/2/2023	15	
14° riego	27/2/2023	2/3/2023	15	
15° riego	2/3/2023	4/3/2023	15	30
16° riego	4/3/2023	7/3/2023	15	
TOTAL			230	

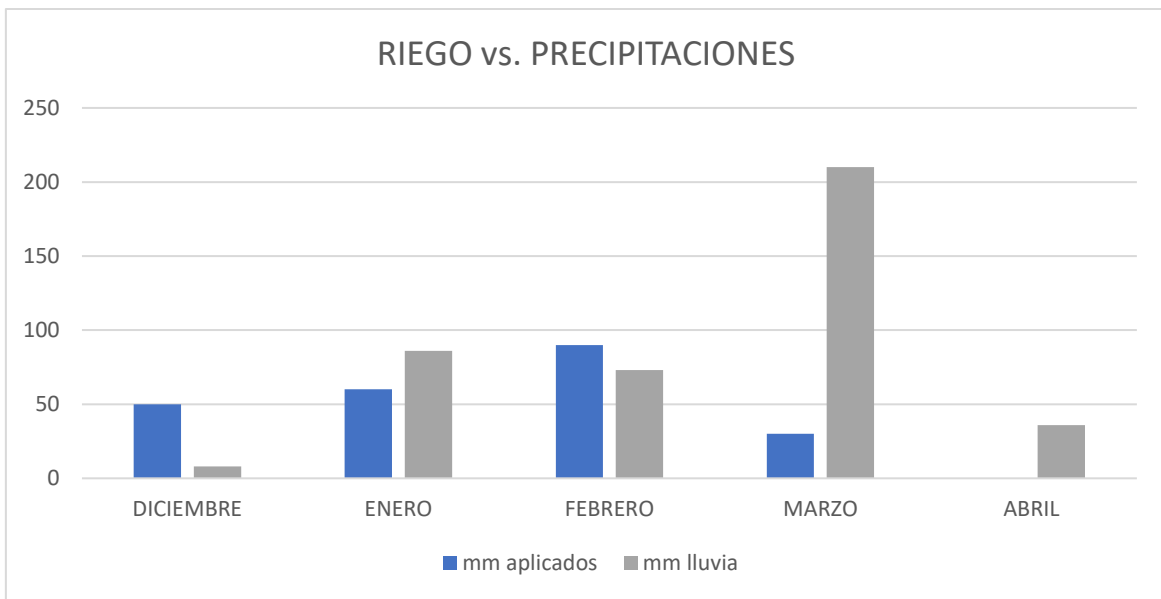


Figura 21. Relación entre mm aplicados por riego y precipitación durante el ciclo del cultivo.

Diseño experimental



Figura 22. Imagen satelital del sitio experimental.

El diseño experimental del ensayo consistió en parcelas divididas con factor principal densidad de plantas y como factor secundario fecha de defoliación y/o fecha de helada. De esta manera se establecieron 8 parcelas de 26 m² (10 hileras x 52,5 cm entre hileras x 5 metros de largo) cada una (Figura 23). En las mismas se aplicaron: tres de fechas de defoliación manual de las plantas, que simulan el efecto de helada agronómica y una cuarta donde la planta permaneció con hojas hasta la ocurrencia de dicho fenómeno meteorológico. Estos cuatro tratamientos se replicaron para las dos densidades de siembra efectuadas.

	BAJA DENSIDAD	ALTA DENSIDAD	
MAÍZ	Helada natural	Helada natural	MAÍZ
	3° fecha de defoliación	3° fecha de defoliación	
	2° fecha de defoliación	2° fecha de defoliación	
	1° fecha de defoliación	1° fecha de defoliación	

Figura 23. Detalle y disposición de los tratamientos primarios y secundarios.



Figura 24. Parcelas de plantas de maíz defoliadas manualmente el día 10/3/2023 (primera fecha de defoliación).

Tabla 3. Estadio fenológico del cultivo de maíz estudiado.

FECHA	ESTADIO FENOLÓGICO
16/1/2023	Estado V6 (10 hojas visibles). 45 cm de altura.
3/2/2023	Estado V8 (12 hojas visibles). 130 cm de altura.
13/2/2023	Estado V12 (14 hojas visibles). Algunas plantas con estigmas visibles y sin pajona (protoginia). Plantas 190-200 cm de altura.
18/2/2023	Plantas con estigmas y sin polen (panojas).
22/2/2023	Estigmas y panojas.
28/2/2023	Estado R2 (espiga 1° y 2°).
10/3/2023	Grano acuoso.
16/3/2023	Grano lechoso.

Para poder entender lo que sucede con los granos luego de una helada, se realizaron simulaciones de las mismas, haciendo una defoliación total de la planta de maíz, dejando solamente el tallo y las espigas, para saber si las reservas contenidas en el resto de la planta (tallo y raíz) son re movilizadas hacia la espiga.

Las defoliaciones para simular heladas fueron hechas en las siguientes fechas.

Tabla 4. Distintas fechas de defoliación y fecha de primera helada fisiológica

<u>Fechas de defoliación:</u>	1º Fecha:	10/3/2023
	2º Fecha:	27/3/2023
	3º Fecha:	13/4/2023
	Helada:	13/4/2023

En cada fecha de defoliación, se tomaron muestras de espigas de 5 plantas vecinas (no de las plantas defoliadas) de cada densidad. Todas las plantas tenían 2 espigas. Se tomó el peso fresco al volver del campo, para cuando las espigas de las plantas defoliadas fueran cosechadas, identificar si la planta removilizó desde el tallo hacia los granos.

Cosecha

El 30/6/2023 se cosecharon manualmente los ensayos. En cada estación de muestreo se tomaron tres réplicas. En cada réplica se cosechó una superficie de 1,575 m² (3 m lineales del cultivo).

Luego en el laboratorio se procedió al desgrane de las espigas mediante una trilladora manual (Figura 28).



Figura 25. Bolsas rotuladas, utilizadas para trasladar las espigas desde el campo hacia el laboratorio.



Figura 26. Balanza utilizada para pesar las espigas en el laboratorio.



Figura 27. Espigas rotuladas con el número de planta.



Figura 28. Desgranador manual de maíz.



Figura 29. Bandejas con granos de maíz, secándose a estufa para evaluar calidad de grano.

También se pesaron en una balanza de precisión (Figura 30), 20 granos del tercio medio de la espiga seca en estufa. Haciendo 3 repeticiones por espiga y luego multiplicando el promedio de esas 3 repeticiones por mil y de esta manera se calculó el peso de mil granos (P1000) (Figura 31).



Figura 30. Balanza de precisión, utilizada para pesar 20 granos del tercio medio de cada espiga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de plantas

Dado que el diseño experimental de tratamientos incluía 2 fuentes de variación (densidad y fecha de defoliación) también se testearon las interacciones entre ambas. Para todas las variables analizadas no se hallaron interacciones significativas, por lo tanto, de aquí en más evaluaremos el efecto de la densidad de plantas y de la fecha de defoliación, unificando las distintas parcelas.

En cuanto a la cantidad de plantas recolectadas se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de baja y alta densidad ($p > 0,0001$) (Figura 31), tal como fue planteado en el diseño experimental. En ambos tratamientos la diferencia entre la densidad planteada en el ensayo y la cosechada fue de alrededor de 1600 plantas. ha^{-1} , demostrando una adecuada calidad de siembra. Por otra parte, en la figura 32 se observa que la densidad de plantas no varió entre tratamientos de defoliación, sugiriendo que todos los parámetros que analizaremos en adelante son representativos de los tratamientos planteados.

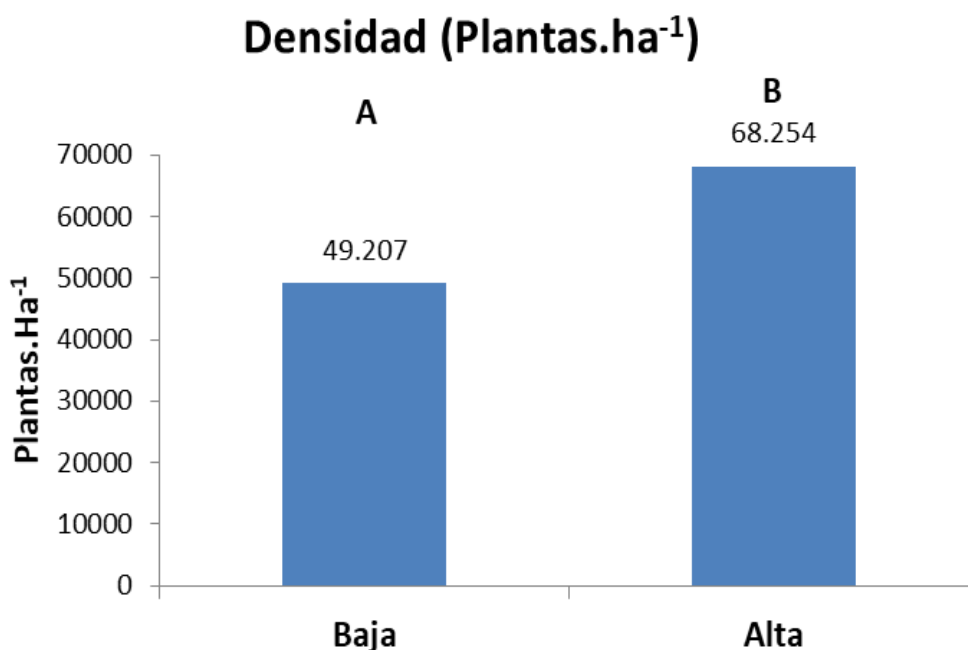


Figura 31. Densidad de plantas (plantas. ha^{-1}) a cosecha en función de la densidad de siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas con $p < 0,05$.

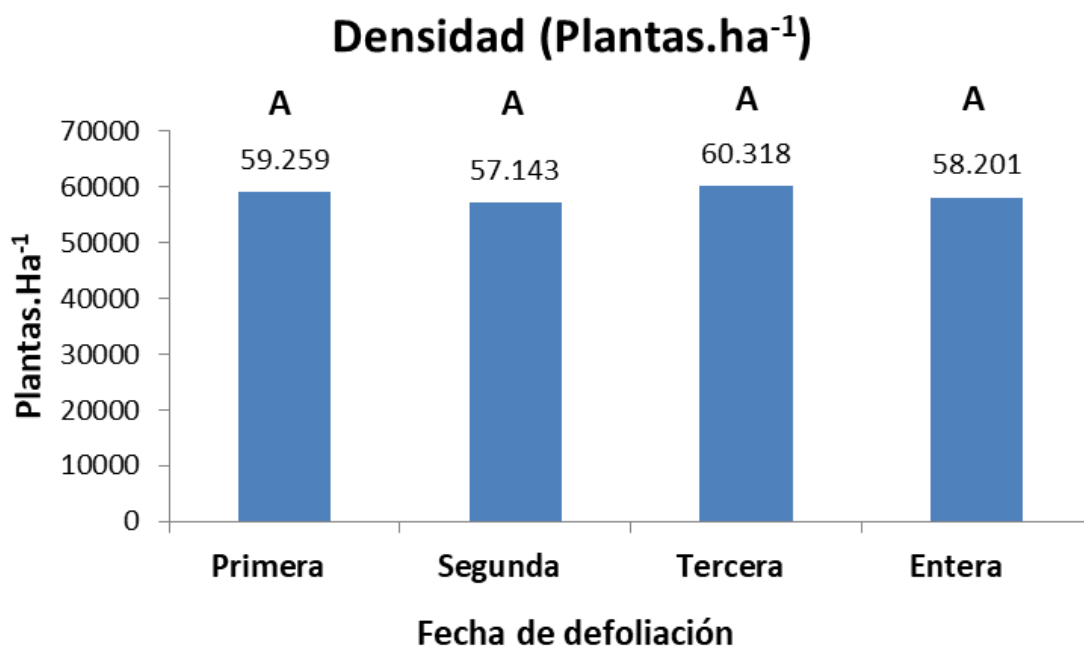


Figura 32. Densidad de plantas a cosecha en función de los tratamientos de defoliación.

Peso de espigas

Al momento de la cosecha del ensayo, y previo al trillado, se pesó el conjunto de espigas recogidas en cada muestra. Los tratamientos en alta densidad tuvieron un peso 12 % superior a la baja densidad, siendo estadísticamente significativa dicha diferencia ($p=0,0009$) (Figura 33).

Respecto al impacto de la fecha de defoliación se hallaron diferencias entre las 3 fechas ($p>0,0001$), demostrando que el abrupto corte de la fuente de producción de asimilados (defoliación) impactó negativamente en el crecimiento de las espigas (Figura 34). El tratamiento sin defoliación no difirió de la tercera fecha, mostrando en este caso que la defoliación tuvo el mismo impacto para el cultivo, que la temperatura $< 0^{\circ}\text{C}$ a nivel ambiental. Para las condiciones de este trabajo la ocurrencia de la primera helada del año coincidió con la tercera fecha de defoliación, esto es el 13/4/2023, con el cultivo en estado de grano pastoso.

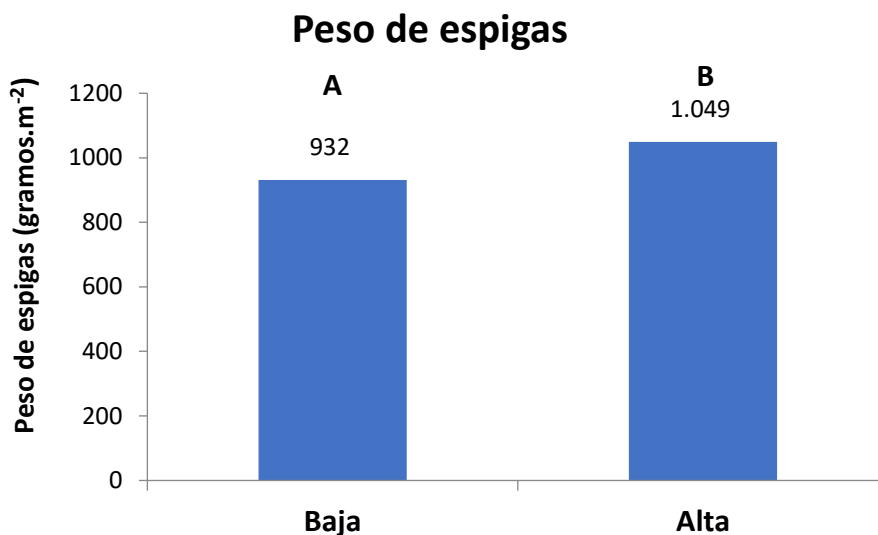


Figura 33. Peso de espigas cosechadas en función de los tratamientos de baja y alta densidad de siembra.

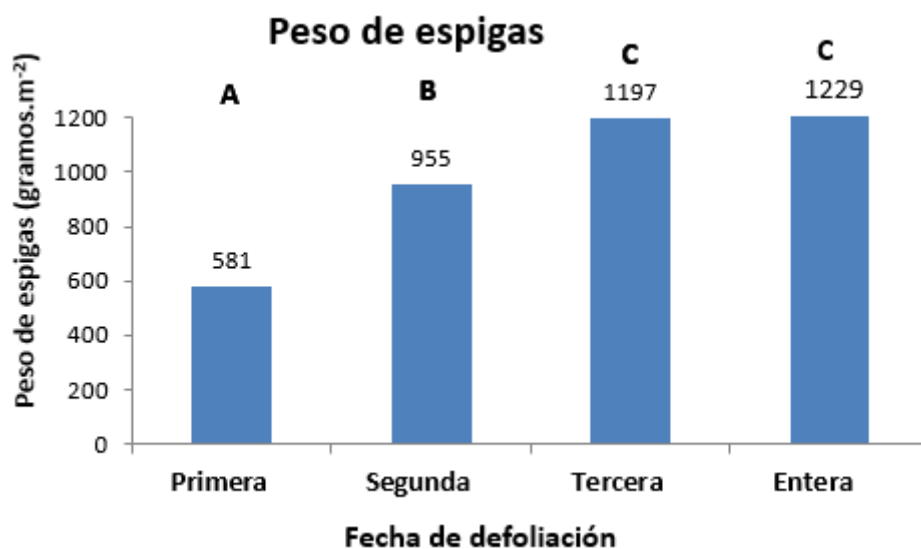


Figura 34. Peso de espigas en granos.m², cosechadas en función de los tratamientos de defoliación.

Índice de cosecha de la espiga (ICE)

Habitualmente en los cultivos de cosecha se relaciona la producción en grano de los mismos, respecto a la producción total de la planta (materia seca total). Este índice se denomina Índice de Cosecha. Para nuestro estudio, nos centramos en el crecimiento de la espiga únicamente, ya que los tratamientos fueron inducidos en etapas muy

avanzadas del cultivo, donde el crecimiento del tallo y las hojas de la planta de maíz habían alcanzado su máximo. Es por ello que introducimos el término Índice de Cosecha de la espiga (ICE) para relacionar la materia seca (MS) acumulada en el grano respecto a la MS de la espiga completa.

La figura 35 muestra que la densidad poblacional en el cultivo de maíz no afecta a este parámetro que caracteriza la partición de recursos dentro de la espiga. En ambos casos, los granos totalizan alrededor del 83% del peso total. Por el contrario, la fecha de defoliación produjo cambios en esta relación sólo para la fecha más temprana (Figura 36). Cuando el cultivo perdió tempranamente la capacidad de fotosintetizar (Primer fecha y grano en estado acuoso) se ve afectada la llegada de los asimilados a los destinos finales (granos) por sobre la estructura que los contiene, o sea el marlo (ICE del 74%). Para los otros tres tratamientos, el ICE permanece constante en alrededor de 85%. Lo que observamos es que hasta el estadio de grano lechoso el crecimiento de la espiga muestra un comportamiento diferencial entre marlo y grano, con dominancia por parte del marlo en acumular los carbohidratos que llegan a la misma. En estadios posteriores, la acumulación de materia seca entre marlo y grano pareciera seguir un mismo patrón, sin dominancia de uno sobre el otro.

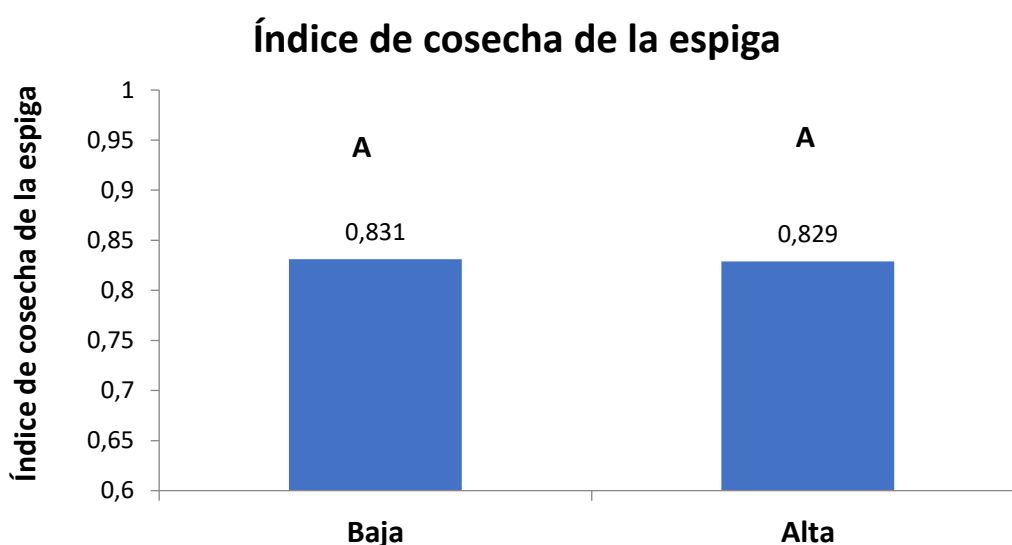


Figura 35. Índice de cosecha de la espiga en función de los tratamientos de baja y alta densidad de siembra.

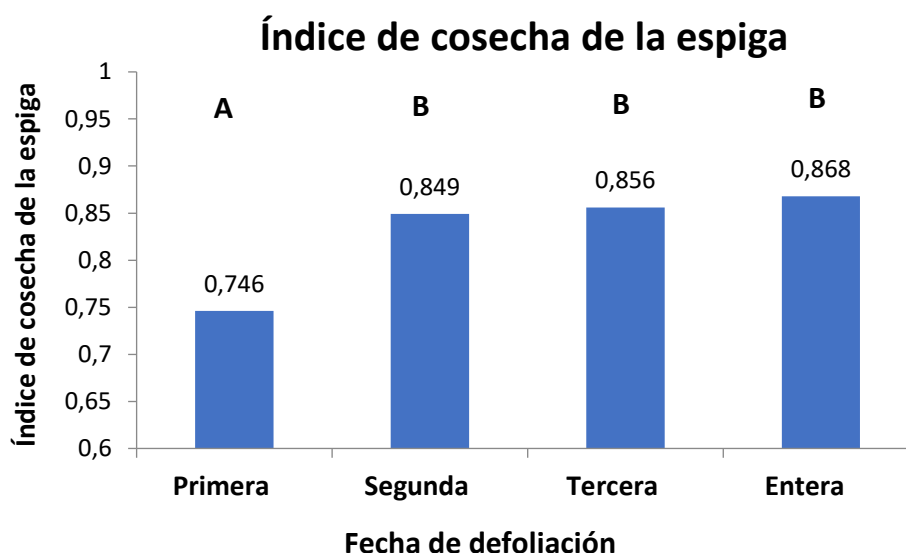


Figura 36. Índice de cosecha de la espiga en función de los tratamientos de defoliación.

Granos por espiga

Luego de la recolección de espigas en cada fecha de defoliación y de la cosecha se evaluó el comportamiento de las mismas para poder obtener datos acerca de peso y cantidad de grano por espigas, todo en función de las fechas de defoliación y distintas densidades.

En la figura 37 se puede observar que la cantidad de granos por espigas es mayor en la baja densidad con un promedio de 562 granos, versus el planteo de alta población que promedio 520 granos por espiga ($p=0,021$). Ya que al haber menos plantas por metro cuadrado existe menos competencia por los recursos y por eso las plantas pueden lograr espigas más grandes y con mayor número de grano que en alta densidad. Esto no quiere decir que el rendimiento por hectárea sea directamente proporcional.

Siguiendo con la lógica de granos por espiga, pero esta vez en función de las distintas fechas de defoliación se realizó la figura 38, que nos indica cómo fue evolucionando la espiga a medida que su ciclo no era interrumpido por una helada. Se puede observar que existió un efecto sobre este parámetro ($p=0,011$) que afectó significativamente sólo a la primera fecha de defoliación, mientras que no existieron diferencias entre los restantes tratamientos.

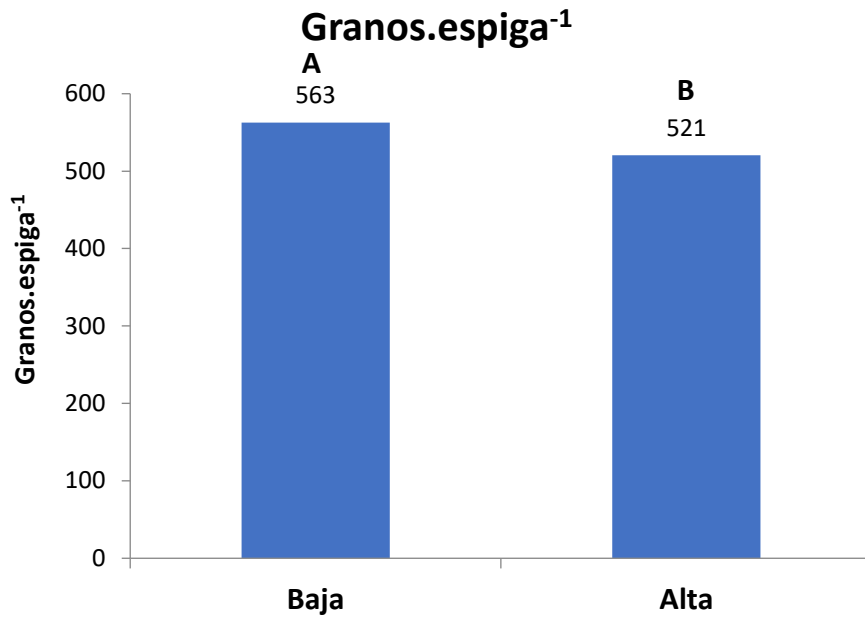


Figura 37. Granos por espiga en función de la densidad baja (47mil plantas/ha) y la alta (66mil plantas/ha).

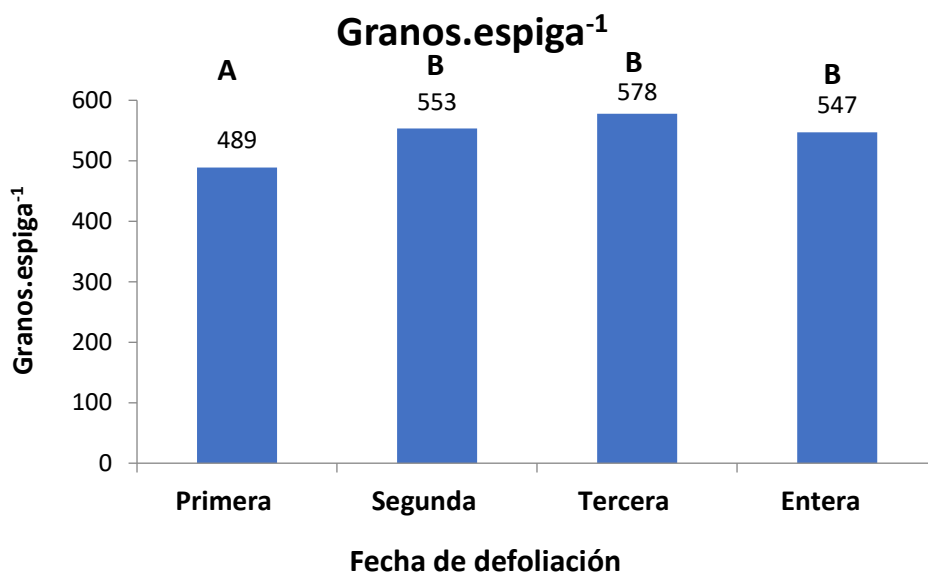


Figura 38. Granos por espiga en función de las distintas fechas de heladas simuladas.

Peso del grano

Para peso del grano, pasa algo similar a lo que sucede con la cantidad de granos por espiga, en baja densidad se pudo determinar que además de tener más granos por espiga esos granos también fueron más pesados (Figura 39). Esto se debe a que

cuando hay menor cantidad de plantas por m², hay menos competencia por los recursos y las plantas pueden destinar mayores fotoasimilados a los órganos reproductivos incrementando su tamaño y su peso. Para el peso del grano, pero en función de las distintas fechas de defoliación quedó demostrado en la figura 40 que, cuanto antes se interrumpa el ciclo del maíz y más si ese ciclo es interrumpido durante el comienzo de la etapa de llenado de los granos, más pequeños y con menor peso serán esos granos.

En ese sentido se comprueba que, cuanto más se retrasó la interrupción del ciclo (tercera fecha de helada) mayor fue el peso de los granos, registrando un aumento del 100% respecto a la primera fecha de helada. Concretamente en la primera fecha de helada los granos pesaron 144 mg y en la tercera y última fecha 304 mg.

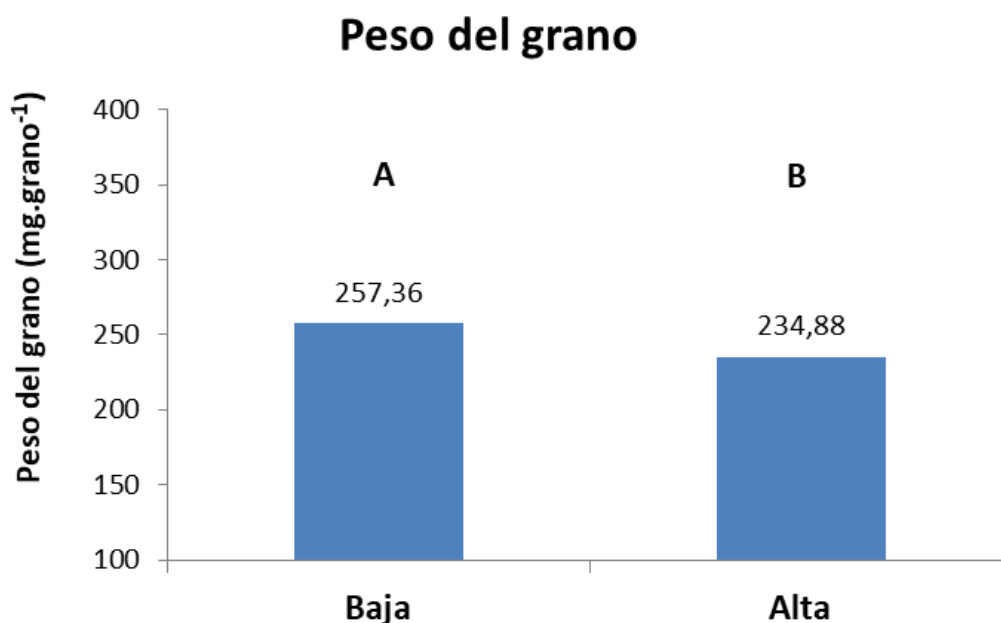


Figura 39. Peso del grano en función de las distintas densidades de siembra.

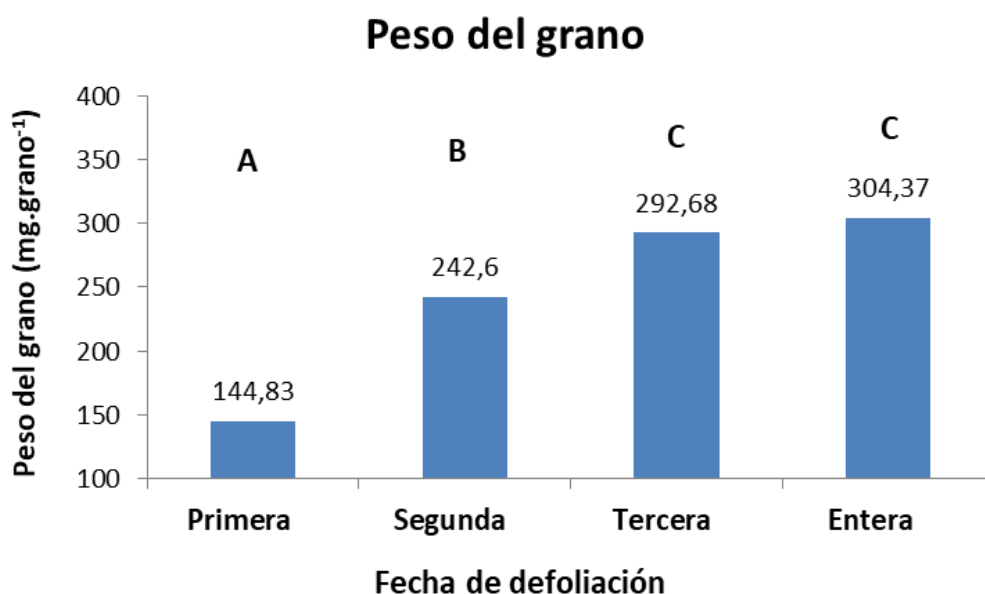


Figura 40. Peso del grano en función de las distintas fechas simuladas de helada.

Granos por metro cuadrado (m²)

En cuanto a los granos por metro cuadrado (Figura 41) fue mayor en la alta densidad con un total de 3700 granos por metro cuadrado ($p < 0.0001$). Para este componente del rendimiento del cultivo se observa una sobrecompensación, al aumentar la densidad del cultivo, respecto a la disminución en el número de granos por espiga que sufre el mismo creciendo en un ambiente con mayor competencia entre plantas. En términos numéricos, un aumento del 38,7% en la densidad de plantas (68254 vs 49207 plantas. ha⁻¹) provocó una disminución del 8,1% en el número de granos por espiga (521 vs 563 granos. espiga⁻¹).

La cantidad de granos por metro cuadrado también es algo que se va incrementando a medida que transcurre el ciclo del cultivo sin interrumpirse. Esto se observa en la figura 42 que evidencia como una helada temprana (primera fecha) reduce la cantidad de granos por metro cuadrado ($p = 0,026$). Entre el resto de los tratamientos no se vieron diferencias significativas, aunque se observa una tendencia ascendente para la tercera fecha de defoliación.

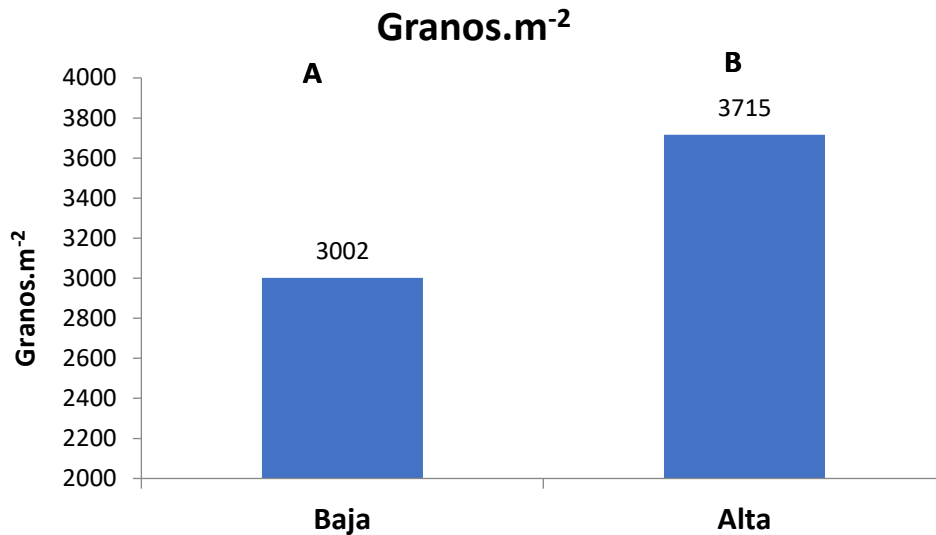


Figura 41. Granos por metro cuadrado en las distintas densidades de siembra.

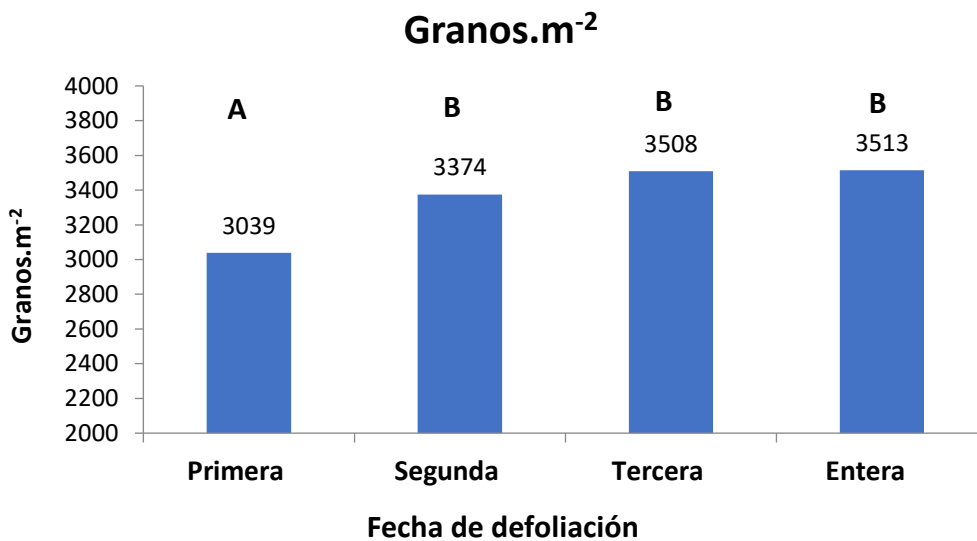


Figura 42. Granos por metro cuadrado en función de las distintas fechas de defoliación.

Rendimiento:

En cuanto al efecto de la densidad del cultivo sobre el rendimiento (Figura 43) fue un 11 % superior en la alta densidad, respecto a la baja ($p=0.0032$). Cuando evaluamos los distintos tratamientos de defoliación sobre el parámetro de mayor interés para los productores (rendimiento), vemos un aumento continuo entre las distintas fechas de defoliación ($p<0.0001$, Figura 44). En esta caso, un acortamiento del ciclo del llenado de 38 días (10/3 vs 17/4) produjo una reducción del 57% en el rendimiento (4352 vs

10233 kg.ha⁻¹). En una situación intermedia quedó la defoliación del 27/3, con una reducción del 21% en la productividad (8115 vs 10233 kg.ha⁻¹). Estos resultados nos muestran que en la medida en que se atrasa la fecha en el daño sobre el área foliar de la planta, el impacto sobre el rendimiento se va atenuando.

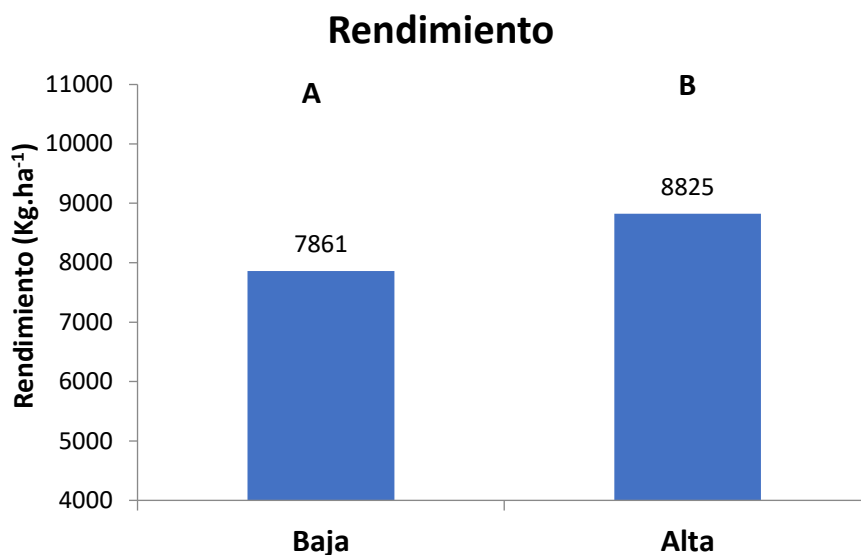


Figura 43. Rendimiento en kilogramos por hectárea en las distintas densidades de siembra.

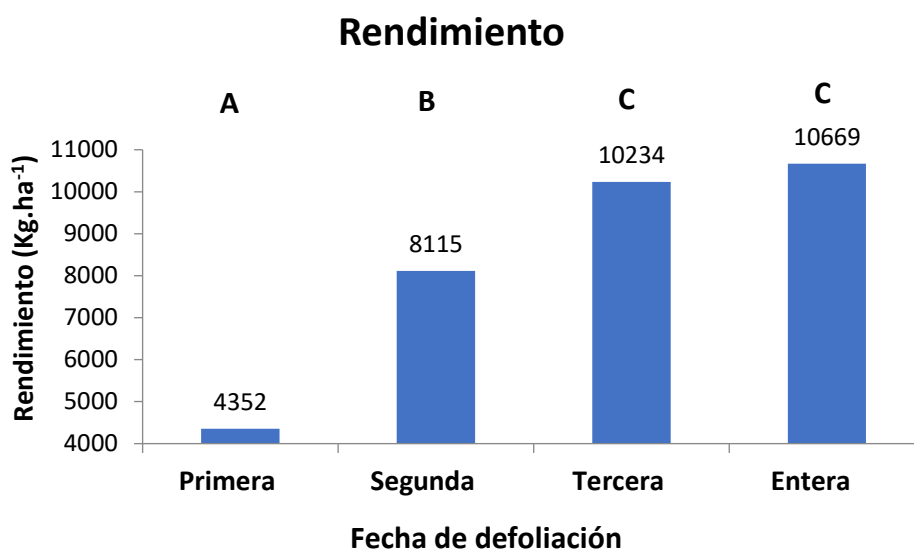


Figura 44. Rendimiento en kilogramos por hectárea en función de las distintas fechas de defoliación.

Peso de los granos

Para evaluar el efecto de la reemovilización de fotoasimilados del tallo hacia los granos se midió el peso seco de los granos al momento de la defoliación y al momento de la cosecha del ensayo. La diferencia entre estas dos medidas sería lo que realmente se removilizó desde el tallo hacia los granos.

En la figura 45 se puede observar que, en la primera fecha de defoliación, los granos pesaban solo una tercera parte de lo que pesaron el día de la cosecha, el 30/6. Podemos concluir que esas dos terceras partes de incremento en el peso de los granos, se debió a la removilización de fotoasimilados acumulados en el tallo con destino espiga/granos.

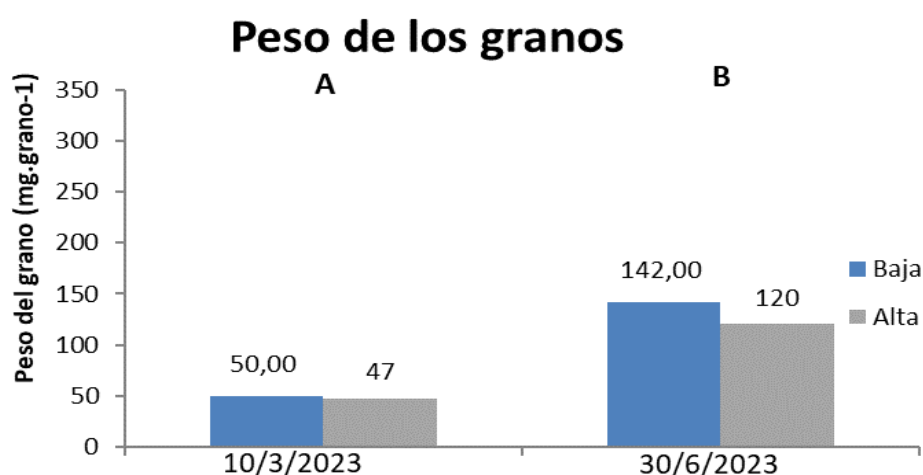


Figura 45. Peso de los granos luego de la primera fecha de defoliación vs. peso de los granos el día de la cosecha.

Sin embargo, en la figura 46 se puede observar que, durante la segunda fecha de defoliación, los granos pesan casi cuatro veces más que en la primera fecha y la tasa de removilización empieza a ser en menor, en la medida que el cultivo está más avanzado en la etapa de lleno de granos y cerca de la senescencia. También se observa que el peso de los granos sigue siendo mayor en el planteo de baja densidad.

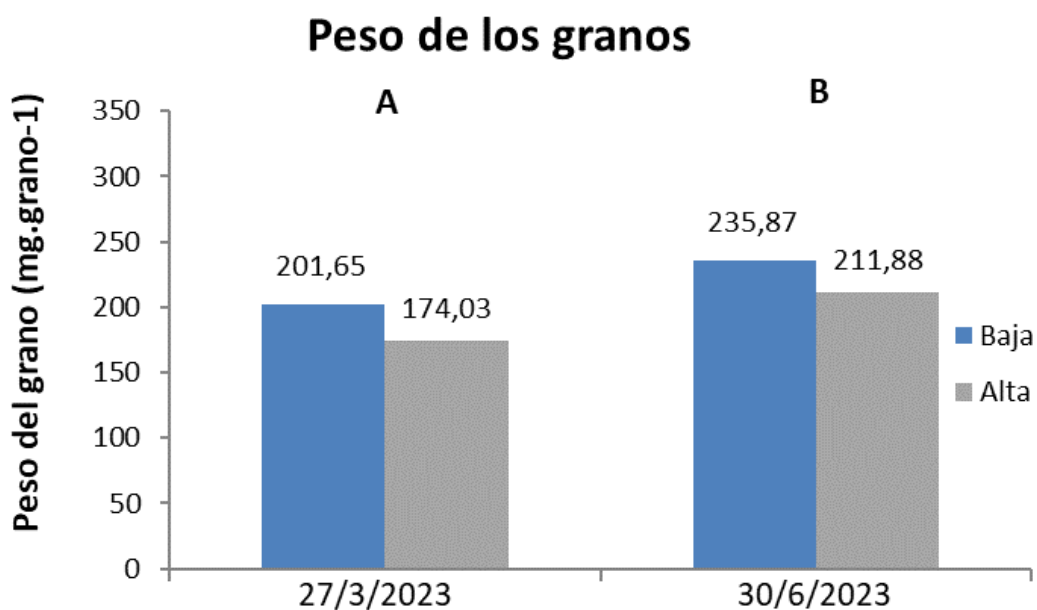


Figura 46. Peso de los granos el día de la segunda fecha de defoliación vs. peso de los granos el día de la cosecha.

El peso de los granos, en la tercera fecha de defoliación, no presentó diferencias significativas con el peso de los granos en el día de la cosecha (Figura 47). Esto se debe a que el día de la tercera fecha de defoliación el maíz estaba en madurez fisiológica y el cultivo pierde su capacidad de reemovilizar.

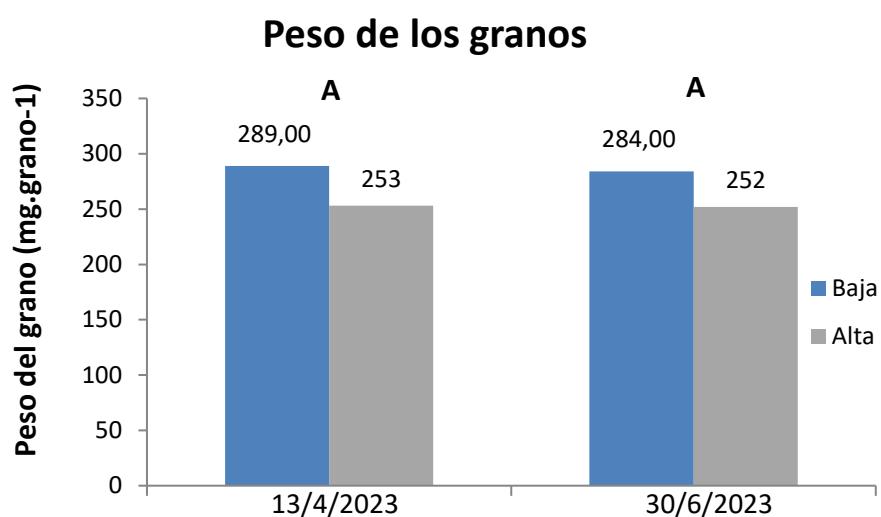


Figura 47. Peso de los granos el día de la tercera fecha de defoliación vs. peso de los granos el día de la cosecha.

Componentes sobre calidad de grano

El peso hectolítrico (PH) del grano seco luego del proceso de secado en estufa se presentó con la intencionalidad de visualizar que el efecto de la helada temprana, no solamente afectó el componente de rendimiento, sino también, la calidad del grano (Figura 48). La densidad de siembra no produjo cambios para este parámetro, promediando los distintos tratamientos de defoliación ($p=0,948$). En cuanto al efecto de la defoliación se vieron diferencias significativas entre todos los tratamientos ($p<0,0001$). Claramente la primera fecha de defoliación es la que generó los granos con menor PH (56,45), y que serían motivo de rechazo de la mercadería en las actuales condiciones de recibo en puerto (PH mínimo de 62). En los restantes tratamientos este parámetro de calidad supero dicho límite comercial (65,79; 67,63 y 70,41 respectivamente), aunque la mejora en el mismo es significativa con el atraso en la fecha de tratamiento (Figura 49).

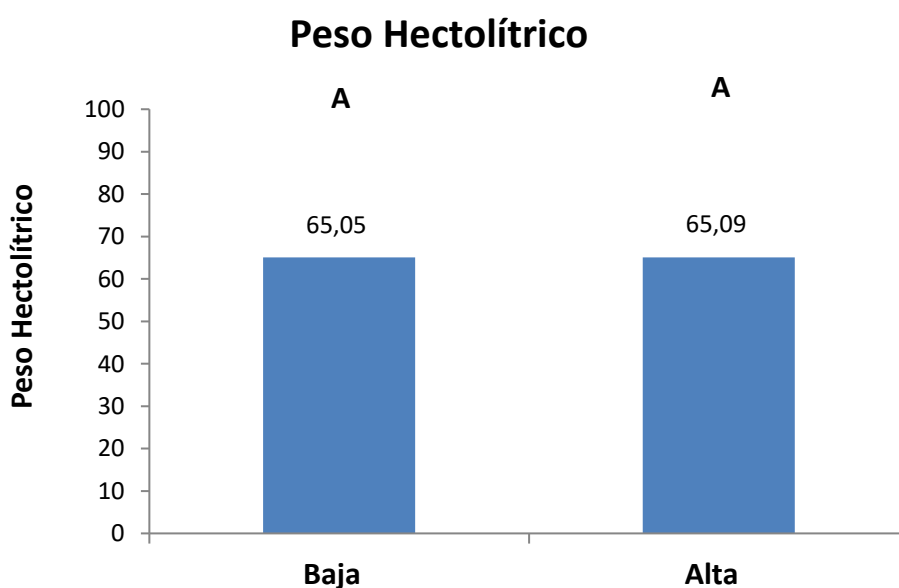


Figura 48. Peso hectolitrico de los granos en las distintas densidades y distintas fechas de defoliación.

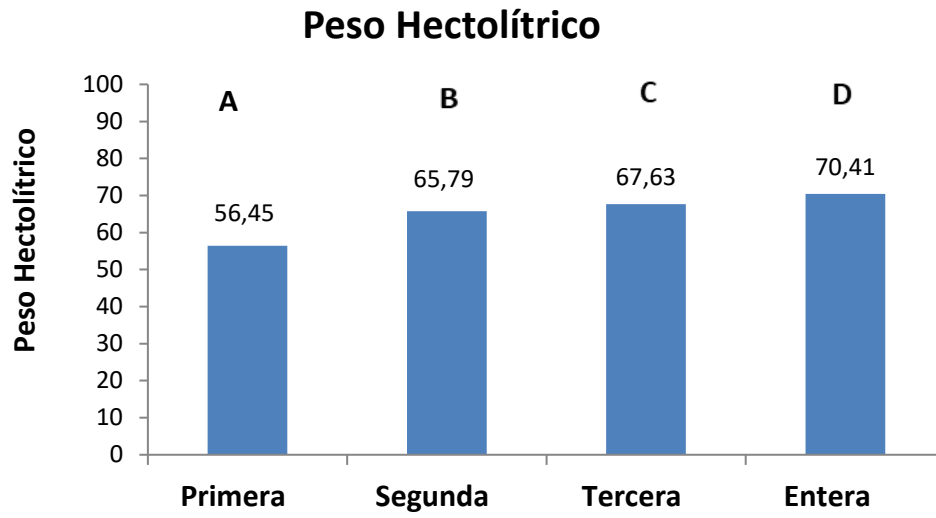


Figura 49. Peso hectolítico de los granos en función de las distintas fechas de defoliación.

Conclusiones

- Tal como se planteó en la primera hipótesis del trabajo, una helada temprana, en el comienzo del ciclo reproductivo del maíz afecta el potencial de rendimiento del mismo y la calidad del grano, ya sea en planteos de baja o alta densidad.
- Cuanto más temprano se produce una helada, más afectado se verá el rendimiento del cultivo y la calidad del grano.
- Cuando la planta pierde la capacidad fotosintética por parte de las hojas, ya sea por una helada fisiológica o una defoliación manual, los granos se seguirán llenando por parte de los fotoasimilados reservados en el resto de la planta (tallos y raíces).
- Las parcelas sembradas con mayor densidad de plantas mostraron un impacto diferencial en la pérdida del área foliar que se manifestó en un menor peso del grano a cosecha y en un menor número de granos por espiga. Sin embargo, estos 2 efectos no influyeron negativamente sobre el rendimiento del cultivo y la calidad del grano producido.

Para finalizar, recalcar que este tipo de estudio es importante desde el punto de vista agronómico y productivo, ya que el cultivo maíz está avanzando gradualmente en la región sudoeste en todas sus alternativas posibles, siembras tempranas, siembras tardías, para pastoreo, para confección de forraje y producción de granos.

Abordar temas como la problemática de la helada temprana, son de vital importancia, para que técnicos y productores tengan nuevas alternativas en cuanto a medidas de manejo que puedan mitigar este problema.

Referencias bibliográficas:

- Andrade. (2023) *Cultivo de maíz* [versión digital]. Disponible en: https://www.maizar.org.ar/documentos/cultivo%20de%20maiz_version%20digital.pdf
- Contardi, D´Angelo, Terre y Calzada. (2024) Situación comercial: ¿Cuánto resta por comercializar de maíz y soja 2023/24? Bolsa de cereales de Rosario. (2024, 14 junio). Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/situacion-11>
- Eyherabide, G. (2006). Mejoramiento genético de maíz Y su trayectoria en la Argentina. INTA Pergamino. *ILSI Argentina*, II. Disponible en: <https://www.maizar.org.ar/documentos/ilsis%20maizar.pdf>
- Gear, J. (2006). Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. *ILSI Argentina*, II. Disponible en: <https://www.maizar.org.ar/documentos/ilsis%20maizar.pdf>.
- Lambrecht, Ramos y Picone. (2023), Heladas agrometeorológicas en el suroeste bonaerense, Argentina. *Estudios Socioterritoriales*. Disponible en: <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-socioterritoriales/article/view/1671/1536>
- Presello, D.; Giménez, F. y F. Ferragut. (2022). La producción de Maíz en Argentina. *ACI, Avances En: Ciencias E Ingenierías*, 14, 1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/360661489_La_Produccion_de_maiz_en_Argentina#pf4
- Storti. L. (2019, enero). *Informes de Cadena de valor*. Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_maiz.pdf
- Tovar-Hernandez, S., Diovisalvi, N., Carciochi, W., Izquierdo, N., Sainz-Rozas, H., Garcia, F. y Reussi-Calvo, N. (2021). Assessment of nitrogen diagnosis methods in sunflower. *Agronomy Journal*, 2021(1), 1–14.
- Uhart, S. A., Echeverría, H. E., y Frugone, M. L. (1998). *Requerimientos nutricionales: Diagnóstico de la fertilización en los cultivos de girasol*. Morgan Semillas.

Páginas web consultadas:

Bolsa de Cereales (<https://www.bolsadecereales.com/>).

Repositorio Institucional CONICET (<https://ri.conicet.gov.ar>)

Repositorio Institucional UNS (<https://repositoriodigital.uns.edu.ar>)