

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EFEECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO Y LA  
UTILIDAD ECONOMICA DEL HÍBRIDO DE MAÍZ DEKALB 478 (*ZEA MAYS L.*)  
PARA GRANOS SECOS**

**POR**

**JULIO OCTAVIO GARRIDO SALAZAR**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE  
2025**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO Y LA  
UTILIDAD ECONOMICA DEL HÍBRIDO DE MAÍZ DEKALB 478 (*ZEA MAYS L.*)  
PARA GRANOS SECOS**

**POR**

**JULIO OCTAVIO GARRIDO SALAZAR**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE  
2025**

Aprobada por:

Profesor Asistente. Abdelhalim Khaled E.  
Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

---

Guía

Profesor Asociado. Nelson Zapata S.M.  
Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

---

Asesor

Profesor Asistente, Miguel Garriga C.  
Biólogo, Dr. Cs.

---

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.  
Ing. Agrónomo. M. Sc.

---

Decano

**TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
Resumen .....	1
Summary.....	1
Introducción .....	2
Materiales y Métodos .....	7
Resultados y Discusión .....	10
Conclusiones .....	18
Referencias .....	18
Apéndices .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Establecimiento de las parcelas experimentales en El Carmen.....	8
Figura 2	Los efectos de los diferentes tratamientos de nitrógeno (N) sobre el desarrollo y la morfología del híbrido de maíz Dekalb 478.....	12
Figura 3	Efectos de los tratamientos de nitrógeno (N) sobre diferentes rasgos agronómicos del híbrido de maíz Dekalb 478.....	14
Figura 4	Análisis de utilidad económica por hectárea para el híbrido de maíz Dekalb 478 según la dosis de nitrógeno (N) aplicada para cada tratamiento.....	17
Tabla 1	Dosis de fertilizante recomendada por hectárea en maíz.....	6
Tabla 2	Sugerencias de fertilización en maíz según tipo de suelo.....	7

## **EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO Y LA UTILIDAD ECONÓMICA DEL HÍBRIDO DE MAÍZ DEKALB 478 (*ZEA MAYS L.*) PARA GRANOS SECOS**

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE YIELD AND ECONOMIC UTILITY OF THE DEKALB 478 MAIZE HYBRID (*ZEA MAYS L.*) FOR DRY GRAINS

**Palabras claves: fertilización nitrogenada, fotosíntesis, manejo agronómico, utilidad económica, rendimiento de grano**

### **RESUMEN**

El maíz es una de las gramíneas más importantes para el sustento humano, se cultiva en todos los continentes del mundo, aunque es originario del continente americano. La fertilidad del suelo determina la producción de los cultivos y está influenciada tanto por las características naturales del suelo como por las actividades agrícolas. La aplicación adecuada de fertilizantes nitrogenados solo se puede lograr de manera eficiente después de estudiar las necesidades de nutrientes importantes para los cultivos. Este estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño de un nuevo material genético (híbrido Dekalb 478) con distintos grados de fertilización nitrogenada (260, 360 y 420 kg N ha<sup>-1</sup>). Se observó que la aplicación de 420 kg N ha<sup>-1</sup> maximiza el desarrollo morfológico y la productividad de este híbrido, resultando en un mayor rendimiento y utilidad económica por hectárea. Sin embargo, la altura de la planta se estabiliza entre 360 y 420 kg N ha<sup>-1</sup>. Aunque este nivel de fertilización es económicamente beneficioso, su uso excesivo puede causar problemas ambientales, como la lixiviación de nitratos y emisiones de óxido nitroso. Por lo tanto, es crucial adoptar prácticas sostenibles y tecnologías de precisión para optimizar la eficiencia del nitrógeno (N) y minimizar el impacto ambiental. Futuros estudios deberían enfocarse en la eficiencia del N en diversas condiciones y en la implementación de tecnologías de precisión.

### **SUMMARY**

Maize, one of the most important cereals for human sustenance, is cultivated on every continent, and is native from the American continent. Essentially, soil fertility dictates how well agricultural production performs. The fertility of a plant is influenced by both natural characteristics and agricultural activities. The proper application of nitrogen (N) fertilizers can only be efficiently achieved after conducting research on the response of the important components of crops. This research enables a better understanding of how new genetic materials (hybrid Dekalb 478) behave with different levels of N fertilization (260, 360, and 420 kg N ha<sup>-1</sup>). This research showed that the application of 420 kg N ha<sup>-1</sup> in the Dekalb 478 hybrid maximized morphological development and productivity, resulting in higher yield and profitability per hectare. However, plant height was stabilized between 360 and 420 kg N ha<sup>-1</sup>. Although this level of fertilization is economically beneficial, it is an excessive amount of N that can cause environmental problems, such as nitrate leaching and nitrous oxide emissions. Therefore, it is crucial to adopt sustainable practices and precision technologies to optimize N efficiency and minimize environmental impact. Future studies should focus on N efficiency under various conditions and the implementation of precision technologies.

## **INTRODUCCIÓN**

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las gramíneas más importantes para el consumo humano, es originario del continente americano y se cultiva en diversas regiones del mundo. En 2022, el maíz ocupó el puesto 68 a nivel mundial en términos de valor de mercado, alcanzando un total de 64,7 millones de dólares. Las exportaciones de maíz experimentaron un aumento significativo del 19,3 %, pasando de 54,3 a 64,7 millones de dólares en ese mismo año (OEC, 2023).

El comercio de maíz representa el 0,27 % del comercio mundial. Estados Unidos (\$19,3 mil millones USD), Brasil (\$12,4 mil millones USD), Argentina (\$9,79 mil millones USD), Ucrania (\$6,02 mil millones USD) y Francia (\$2,35 mil millones USD) fueron los principales exportadores de maíz en 2022. China (\$6,81 mil millones USD), México (\$5,38 mil millones USD), Japón (\$5,12 mil millones USD), España

(\$3,33 mil millones USD) y Corea del Sur (\$3,23 mil millones USD) fueron los principales importadores de maíz en 2022 (OEC, 2023).

El grano está compuesto por 77 % de almidón, 2 % de azúcar, 9 % de proteína, 5 % de aceite, 5 % de pentosanos y 2 % de ceniza. El maíz por su contenido calórico y proteico es el cereal más fundamental y saludable para la nutrición humana (Espinosa y García, 2009). Por eso el maíz representa un componente importante en la dieta de muchos países, siendo consumido en forma de tortillas por el 80 % de la población mundial, lo que representa aproximadamente el 29 % de la ingesta energética total de su consumo (Espinosa y García, 2009).

Como uno de los componentes principales en la síntesis de proteínas, necesarias para asegurar un buen crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de maíz, el N está estrechamente relacionado con el desarrollo de la planta de maíz (Salmerón y García, 1994). El N es el elemento mineral fundamental que con mayor frecuencia restringe la producción y el crecimiento del maíz, la mayoría de los suelos no contienen suficiente N en una forma accesible para soportar los niveles deseados de producción, ya que las plantas requieren cantidades relativamente sustanciales de N (1,5 a 3,5 % del peso seco de la planta) (Salmerón y García, 1994).

Se ha demostrado que cuando aumentan los niveles de fertilización, los rendimientos del maíz aumentan proporcionalmente (Álvarez *et al.*, 2003). Por lo tanto, es fundamental tomar medidas para garantizar que las plantas tengan acceso a cantidades suficientes de N porque la escasez de este elemento podría reducir el rendimiento y la calidad del grano. Según estimaciones de todo el mundo, los fertilizantes nitrogenados representan el 30 % de toda la energía utilizada en la producción agrícola actual de maíz y el 80 % del costo total de los fertilizantes (Stangel, 1984).

Los productores de maíz entienden que para obtener buenos rendimientos se necesitan cantidades suficientes de N en la planta; el desafío radica en determinar los montos precisos que se aplicarán para alcanzar estos niveles. La causa de este problema es el intrincado ciclo del N en la naturaleza, que implica pérdidas de nutrientes a medida que viaja por debajo del sistema radicular. Según Segovia y Paterniani (1983), los problemas mecánicos con la aplicación de fertilizantes

nitrogenados y la imprevisibilidad del clima, particularmente en lo que respecta al suministro de agua, exacerbaban el dilema. Debido a que el N del fertilizante sobrante se pierde en las capas inferiores del perfil del suelo, causa daño ambiental además del daño económico.

Quevedo *et al.* (2015) confirmaron que el análisis de las ventas desde una perspectiva económica también podría revelar cuántas ganancias habrá después de los fertilizantes. Dado que el N es el nutriente que más necesitan las plantas, se considera un nutriente limitante en los cultivos de maíz ya que regula la producción. Un cultivo con una fertilización adecuada producirá mayores rendimientos. Se ha establecido, que la planta de maíz almacena su N en tallos y hojas, donde promueve la actividad fotosintética (Quevedo *et al.*, 2015). Esto acelera el ritmo de crecimiento del cultivo, particularmente durante la etapa de floración, lo que está directamente relacionado con la cantidad de granos en las mazorcas.

Gutiérrez *et al.* (2006) reportaron que un N más accesible también favorece el llenado de granos. El N y otros nutrientes acumulados en los tallos y las hojas se translocan en la dirección del grano. El N almacenado en el grano es esencial para mantener su crecimiento. Por lo tanto, un aumento en la dosis de N daría como resultado un aumento en el peso, volumen y tiempo de llenado de los granos de maíz. (Segovia y Paterniani, 1983).

Un exceso resultaría en una disminución de la producción, la dosis estimada debe complementar la cantidad máxima de N requerida para el rendimiento máximo proyectado (Gutiérrez *et al.*, 2006).

El número de granos por unidad de área y el peso de cada grano individual en el maíz se pueden utilizar para analizar el rendimiento. El rendimiento está determinado con cómo estos componentes se relacionan con el crecimiento de los cultivos y cómo se distribuye la biomasa a lo largo del ciclo (Andrade *et al.*, 2023).

La respuesta de los híbridos a la aplicación de fertilizantes depende de qué tan bien estén equilibradas la oferta y la demanda de nutrientes. El rendimiento del maíz dicta la necesidad de un determinado nutriente. La acumulación de recursos (radiación solar, agua y nutrientes) durante el ciclo del cultivo resulta en una mayor

necesidad de nutrientes, que luego se convierte en biomasa y rendimiento (Salvagiotti, 2016).

Es necesario utilizar fundamentos científicos para aplicar dosis de fertilizantes a cultivos de maíz. Para poder completar este proceso, se consideran los siguientes factores importantes:

- 1) la tasa necesaria de aplicación de nutrientes: la cantidad precisa de N, potasio (K) y fósforo (P) que los cultivos requieren por hectárea está determinada por este componente inicial. Salvagiotti (2016) reportó que esta tasa, que comúnmente se expresa en  $\text{kg ha}^{-1}$  o  $\text{libras acre}^{-1}$ , se establece teniendo en cuenta muchas características críticas, análisis del suelo y requisitos específicos del cultivo.
- 2) el grado y composición del fertilizante: los porcentajes de N, P y K en el fertilizante se indican en la etiqueta. Comprender estas cifras es vital para tomar decisiones informadas sobre la selección y las proporciones adecuadas de fertilizantes.
- 3) el área de campo: Uno de los factores decisivos es el tamaño del terreno a fertilizar. Magalhães *et al.* (2002) informó que la cantidad de fertilizante a utilizar está determinada por la superficie que busca cubrirse con nutrientes vitales. Los cultivos serán lo más sanos y productivos posible si se cumple con todo esto.

Además, es fundamental comprender cómo se expresan los nutrientes, ya sea en forma elemental u óxido. Salmerón y García (1994), indican que los elementos P, K, representan pentóxido de difósforo y óxido de potasio, respectivamente, mientras que el N total, el azufre (S) y los micronutrientes se muestran en sus formas elementales: calcio (Ca), magnesio (Mg) y S.

La estimación de la aplicación de elementos fertilizantes al maíz también depende de si son líquidos o sólidos. En este caso, para el experimento, se utilizó Urea en estado sólido aplicando la siguiente fórmula para obtener la tasa a la que se debía aplicar el fertilizante sólido:

$$Tap_F = \frac{Tap_N \times 100}{\% Cn_F}$$

Donde,  $Tap_F$  corresponde a la Tasa de aplicación de fertilizante;  $Tap_N$  es la Tasa requerida de aplicación de nutrientes; y  $\%Cn_F$  es el porcentaje de nutrientes en el fertilizante.

Para el maíz, normalmente se recomienda la dosis de fertilizante que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosis de fertilizante recomendada por hectárea en maíz.

<b>Fertilizante</b>	<b>Dosis (Kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	Entre 200 y 432 según el rendimiento esperado
<b>Fósforo (P)</b>	Entre 0 y 172 según ppm P (Olsen)
<b>Potasio (K)</b>	Entre 0 y 220 según ppm K

Fuente: Adaptado de Acevedo *et al.* (2011).

Álvarez *et al.* (2003) recomendaron aplicar todo el P y K en la aplicación inicial de N durante la siembra y dividir la aplicación de N en tres momentos al manipular estas cantidades. Estudios clásicos confirmaron que la aplicación de fertilizante de los mismos nutrientes varía en cantidad de acuerdo con el tipo de suelo (Tabla 2).

De acuerdo con las etapas de desarrollo, se recomienda:

- a) Previo a la siembra, utilizar fertilizantes que tengan una cantidad equilibrada de NPK de acuerdo con las recomendaciones del tipo de suelo.
- b) Al sembrar, aumentar la cantidad de P añadido para favorecer el crecimiento de las raíces.
- c) Incrementar la cantidad de N aplicado a la planta para promover el crecimiento vegetativo.
- d) Floración, mantener una aplicación equilibrada de NPK y realizar ajustes en respuesta a los resultados de las pruebas de suelo.
- e) Precosecha, disminuir la aplicación de N y mantener niveles aceptables de P y K para el desarrollo del grano (Stangel, 1984).

Estas cantidades son sólo estimaciones que deben modificarse en función de los análisis de suelo particulares de cada ubicación (OEC, 2023). Además, se aconseja fraccionar las aplicaciones de N para minimizar las pérdidas y optimizar la eficacia de los fertilizantes. Para una fertilización exitosa, es imperativo la adaptación a las condiciones locales y la orientación de un agrónomo.

Chile tiene un gran potencial para la producción de maíz debido a sus excelentes suelos y clima. Además, este cultivo es una muy buena alternativa debido a la demanda actual, que ha provocado un aumento significativo en su precio. Sin embargo, para que sea una actividad aún más rentable es importante un buen manejo de la fertilización (González *et al.*, 2008). Por otro lado, al utilizar híbridos y niveles de fertilización óptimos, los agricultores pueden aumentar significativamente sus rendimientos (Gutiérrez *et al.*, 2006).

Tabla 2. Sugerencias de fertilización en maíz según tipo de suelo.

Tipo de suelo	Cantidades de nutrientes
<b>Suelos arenosos</b>	Nitrógeno (N): 40-80 kg ha <sup>-1</sup> , Fósforo (P): 20-40 kg ha <sup>-1</sup> , Potasio (K): 20-40 kg ha <sup>-1</sup> .
<b>Suelos francos</b>	Nitrógeno (N): 80-120 kg ha <sup>-1</sup> , Fósforo (P): 40-60 kg ha <sup>-1</sup> , Potasio (K): 40-60 kg ha <sup>-1</sup> .
<b>Suelos arcillosos</b>	Nitrógeno (N): 120-160 kg ha <sup>-1</sup> , Fósforo (P): 60-80 kg ha <sup>-1</sup> , Potasio (K): 60-80 kg ha <sup>-1</sup> .

Fuente: Adaptado de Salmerón y García, 1994.

En base a lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la dosis óptima de fertilización nitrogenada para alcanzar el rendimiento potencial de un nuevo híbrido de maíz recientemente liberado. Para lograrlo, se plantea analizar el efecto de diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre el desarrollo y los rasgos morfo-fisiológicos del cultivo, así como su influencia en el rendimiento y los componentes que lo determinan. Además, se busca examinar la utilidad económica del cultivo con el fin de identificar la recomendación de fertilización nitrogenada más adecuada que maximice los beneficios económicos para los agricultores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Carmen (36°55'26.56"S, 72° 6'21.78"O a 204 m.s.n.m.) Diguillín, Región del Ñuble, Chile. En esta región el promedio de la temperatura mínima fue de 5,5 °C, el promedio de la temperatura máxima fue de 22,1 °C, y las precipitaciones acumuladas fueron ~219,3 mm durante el ciclo del cultivo (Apéndice 1; INIA, 2024). Se utilizó el híbrido de maíz Dekalb 478. Se estableció un diseño factorial de parcelas divididas de 4 bloques, con tres tratamientos de 260, 360 y 420 Kg N ha<sup>-1</sup> y 4 repeticiones (parcelas) por bloques (Apéndice 2). La aplicación de 260 kg N ha<sup>-1</sup> es la recomendación estándar en la zona de El Carmen para el maíz. La selección de las aplicaciones de fertilización nitrogenada (Requerimiento del cultivo) en ese ensayo fue basada en el rendimiento potencial de los híbridos modernos de maíz (Apéndice 3). El aporte del suelo fue estimado según los residuos del cultivo anterior; en este caso, fue maíz (aporte del suelo = 40 kg N ha<sup>-1</sup>; Apéndice 4). El tamaño de cada unidad experimental fue de 4 m de ancho por 8 m de largo (Figura 1), en total 32 m<sup>2</sup> por parcela, con 6 hileras, un espacio entre ellas de 75 cm y distancia sobre hilera de 13 cm. El tipo de suelo en las parcelas experimentales es rojo arcilloso.

Figura 1. Establecimiento de las parcelas experimentales en El Carmen.



En los 3 tratamientos (260, 360 y 420 kg N ha<sup>-1</sup>) se realizó la primera aplicación de la fertilizante con 500 kg de mezcla 5-20-20 y 500 kg de urea. Esta fertilización inicial se utilizó para fomentar un desarrollo temprano saludable cuando se estableció el cultivo, con énfasis en la planta emergente.

Los fertilizantes iniciales bajos en N y basados en P mejoran el desarrollo de las raíces y estimulan el crecimiento temprano, lo que maximiza el rendimiento del grano.

La segunda dosis se aplicó a los 25 y 30 días siguientes a la germinación en la etapa de V4 (cuatro hojas según escala de collar; Licht, 2024) con sulfato de amonio con contenido de humedad de suelo suficiente para que el fertilizante se disuelva rápidamente. La tercera aplicación se realizó entre los 40 y 45 días después en la etapa de V8 (ocho hojas).

La cantidad de fertilizantes por hectárea para N, P y K fue calculada según Acevedo *et al.* (2011):

Dosis = (Requerimiento del cultivo - Aporte del suelo) / Eficiencia del fertilizante  
Donde la eficiencia de N, P y K es 50 %, 10-15 % y 50 %, respectivamente.

El manejo agronómico, como riego (con pivote), tratamientos sanitarios y control de malezas, correspondió a los manejos estándar empleados en la zona para cultivos comerciales de maíz para grano seco y fue aplicado homogéneamente a todos los tratamientos hasta su cosecha.

### **Seguimiento del desarrollo y estado fisiológico de las plantas**

**Altura de planta, área foliar y grosor del tallo:** Se realizó las mediciones de altura de planta, área foliar y grosor del tallo cada 3 semanas desde la etapa V4 hasta la madurez fisiológica (R5, 35 % Humedad de granos). Se determinó la altura máxima de la planta desde el suelo hasta el extremo de la panoja masculina, el área foliar de la última hoja expandida se midió hasta la aparición de la hoja de mazorca, donde se realizaron el resto de las mediciones (con regla; altura x anchor x 0.75 cm) y el diámetro del tallo en el primer entrenudo con el uso de un Vernier Caliper.

**Mediciones del contenido de clorofila:** El contenido foliar de clorofila se determinó cada 3 semanas desde la etapa V4 hasta la madurez fisiológica (R5, 35 % Humedad de granos) con el medidor de clorofila Hansatech CL-01 (Hansatech Instruments Ltd, Reinos Unido).

**Muestras destructivas de biomasa:** Para el seguimiento del desarrollo de biomasa se llevaron a cabo evaluaciones destructivas cada tres semanas desde la etapa V4 hasta la cosecha (R5, 35 % Humedad de granos). Se cortó 1 m lineal de

una de las hileras centrales, luego se dejó secar por 48 horas a 60°C y determinó su peso en una balanza.

**Características agronómicas:** En la cosecha (R6, 14 % humedad en los granos), en 10 m lineales se tomó el peso seco de la biomasa aérea (AB) y el rendimiento de grano (RG). El índice de cosecha (IC) se obtuvo con la fórmula  $RG/BA$ . El número de granos por mazorca y el peso de 100 granos se determinaron en 10 mazorcas por parcela, que fueron colectadas aleatoriamente.

**Análisis de utilidad económica:** La utilidad económica de las aplicaciones de nitrógeno fue adaptada de Morillo (2001) donde:

$$\text{Utilidad económica} = \text{ingresos totales del cultivo} - \text{costos de inversión}$$

Se tomaron en cuenta en el cálculo de los costos de inversión, los costos directos e indirectos.

**Análisis estadístico:** Se realizaron análisis de normalidad (prueba de Shapiro–Wilk) para analizar cuánto difiere la distribución de los datos observados respecto a lo esperado, si procediesen de una distribución normal con la misma media, desviación típica y de homocedasticidad (prueba de Levene), para verificar la homogeneidad de las varianzas.

Para cada variable evaluada se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el procedimiento de modelo lineal general (GLM) de Statgraphics Centurion Versión 18.1.12 (Statgraphics Centurion, 2018). La separación de medias de los tratamientos de nitrógeno se realizó mediante la prueba Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Las figuras (datos climáticos y comparaciones de rasgos) se crearon con Excel (Microsoft Corp., EE. UU.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efectos de la fertilización nitrogenada el desarrollo morfológico

La fertilización nitrogenada es esencial en el desarrollo del maíz, impactando parámetros clave como el peso seco, área foliar, grosor del tallo y el contenido de clorofila. En general, el tratamiento con 420 kg N ha<sup>-1</sup> mostró consistentemente en todas las fechas de medición la mayor producción de biomasa seca (Figura 2.A), área foliar de la hoja de mazorca (Figura 2.B), grosor del tallo (Figura 2.C) y

contenido de clorofila (Figura 2.E), excepto en la primera medición, que se realizó poco después de la segunda dosis de N. Sin embargo, en cuanto a la altura de la planta, no hubo diferencias significativas entre el tratamiento de 360 kg N ha<sup>-1</sup> y el tratamiento de 420 kg N ha<sup>-1</sup> (Figura 2.D).

El aumento en el peso seco de la planta observado con 420 kg N ha<sup>-1</sup> indica una mayor acumulación de biomasa, fundamental para el desarrollo vegetativo y reproductivo. Una dosis adecuada de N permite la síntesis de proteínas y el desarrollo celular, aumentando la biomasa total y, en consecuencia, el potencial productivo (Sánchez-de Jesús, 2024).

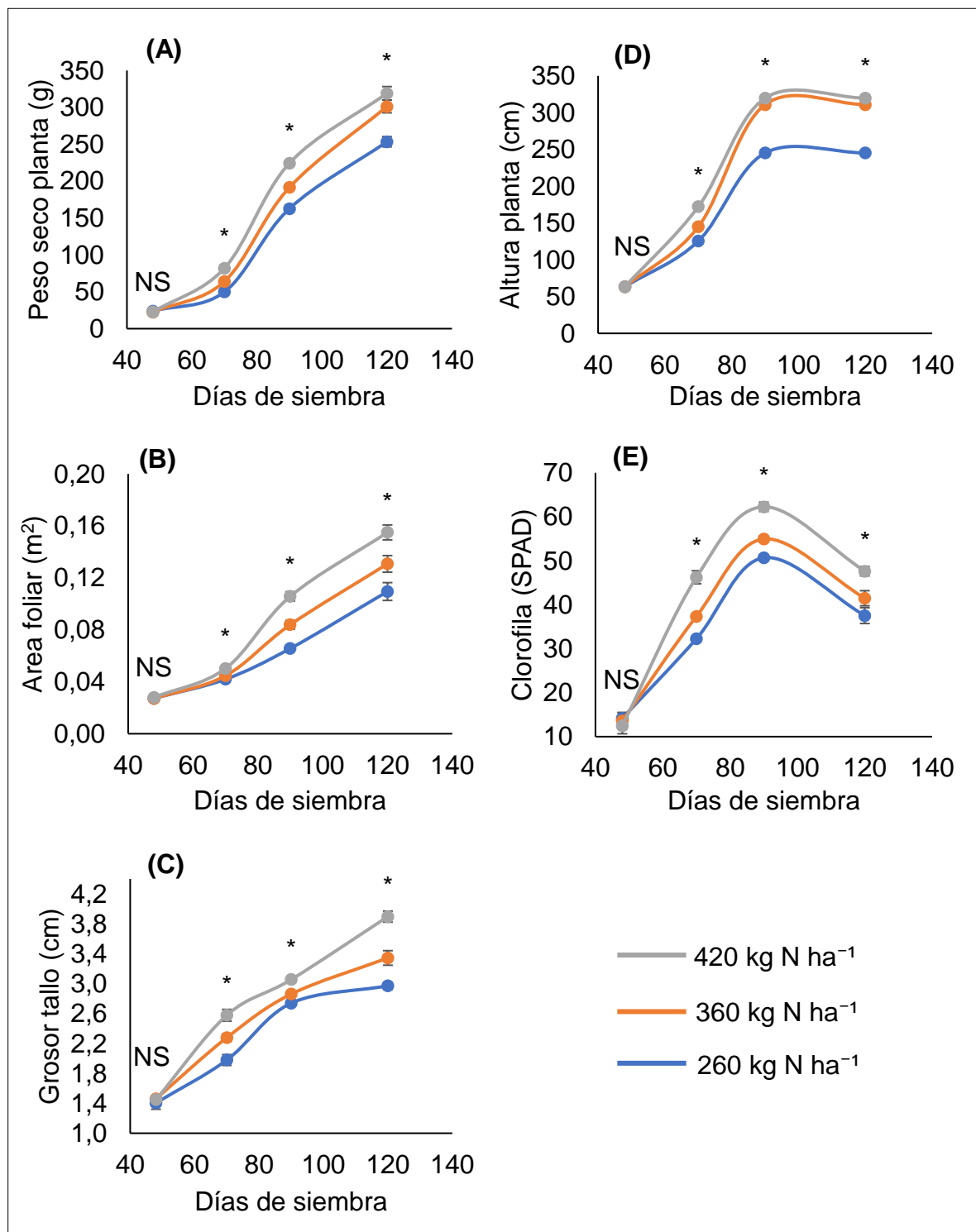
El área foliar incrementada con el tratamiento de 420 kg N ha<sup>-1</sup> muestra cómo el N promueve la expansión de la superficie fotosintética. Lu y Zhang (2000) y Costa *et al.* (2001) también encontraron que el N facilita el crecimiento foliar en el cultivo de maíz, optimizando la captura de luz y mejorando el rendimiento potencial. Este aumento en el área foliar asegura una mayor producción de fotoasimilados, fundamentales para el rendimiento.

El grosor del tallo es crucial para la estabilidad del maíz y su resistencia a factores ambientales adversos. Marcano y Ohep (1996) destacaron que una estructura de tallo más robusta evita el encamado de las plantas, especialmente en zonas de alta intensidad de viento o lluvia. El incremento en grosor del tallo con 420 kg N ha<sup>-1</sup> refuerza la importancia del N en el desarrollo estructural del cultivo, permitiendo soportar un rendimiento elevado sin afectar su estabilidad.

Respecto a la altura, no se observaron diferencias significativas entre las dosis de 360 y 420 kg N ha<sup>-1</sup>, sugiriendo un umbral donde la altura no responde a una mayor aplicación de N. Funaro y Paccapelo (2001) observaron que la altura del maíz alcanza un punto máximo antes de estabilizarse, incluso con dosis crecientes de N. Esto puede estar relacionado con factores genéticos y limitantes de luz.

El aumento en la clorofila (SPAD) con 420 kg N ha<sup>-1</sup> es indicativo de una mayor actividad fotosintética y salud de la planta. Fathi (2022) documentaron que el N estimula la síntesis de clorofila, crucial para la eficiencia fotosintética. En el maíz, una mayor concentración de clorofila foliar se traduce en una mejor captación de luz y generación de fotoasimilados para el crecimiento y rendimiento del grano.

Figura 2. Los efectos de los diferentes tratamientos de nitrógeno (N) sobre el desarrollo y la morfología del híbrido de maíz Dekalb 478.



(A) Peso seco planta, (B) Área foliar, (C) Grosor tallo, (D) Altura planta y (E) Contenido de clorofila. Las líneas azul, verde y gris representan los tratamientos de 260, 360 y 420 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los valores son el promedio de 16 repeticiones por tratamiento. Las barras representan la desviación estándar. NS, no significativo y \*, significativo según ANDEVA ( $P \leq 0,05$ ).

### **Rendimiento agronómico y componentes de la producción**

Uno de los aspectos fundamentales para evaluar el impacto de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz es el rendimiento agronómico. En la Figura 3 se presenta la influencia de distintos niveles de fertilización con N en diversos aspectos del rendimiento y características agronómicas del cultivo. En la Figura 3.A, se puede apreciar que el rendimiento total por hectárea experimenta un incremento notable al aumentar las dosis de N, llegando a su punto máximo en el tratamiento con 420 kg N ha<sup>-1</sup>.

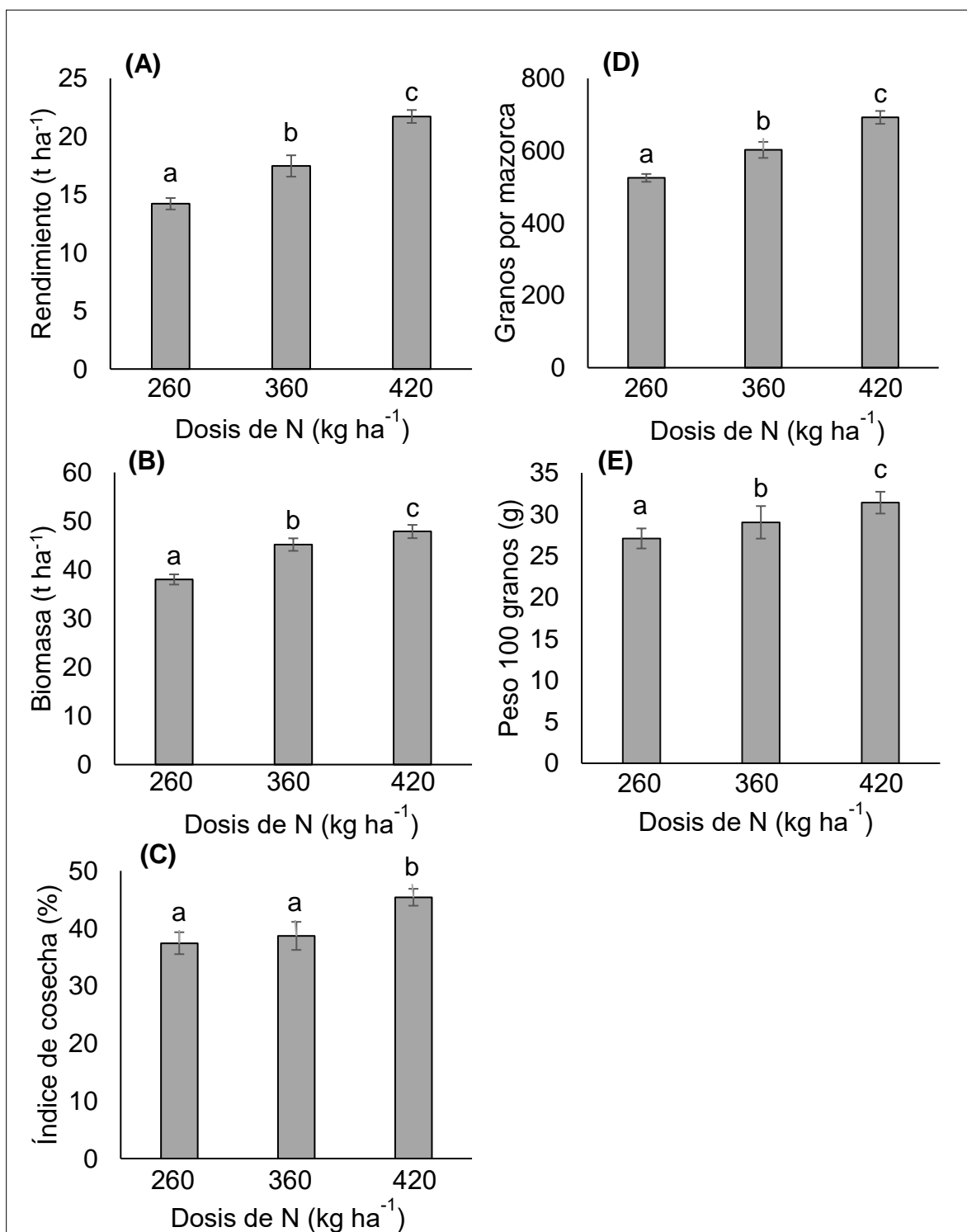
En la Figura 3.B se observa un patrón similar en la biomasa total, siendo el valor más alto registrado con una dosis de 420 kg N ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, la Figura 3.D exhibe un aumento significativo en el número de granos por mazorca a medida que se incrementa la fertilización, siendo 420 kg N ha<sup>-1</sup> la dosis que generó la mayor cantidad de granos, seguida por 360 kg N ha<sup>-1</sup> y 260 kg N ha<sup>-1</sup>. En la Figura 3.E, se observa que el peso de 100 granos aumenta proporcionalmente con el incremento de las dosis de N aplicadas, siendo el tratamiento de 420 kg N ha<sup>-1</sup> el más eficaz en términos de rendimiento. En la Figura 3.C, se observa que no existen diferencias significativas en el IC entre las dosis de 260 y 360 kg N ha<sup>-1</sup>, sin embargo, se evidencia una notable mejora al utilizar una dosis de 420 kg N ha<sup>-1</sup>.

En síntesis, el aumento de la cantidad de N aplicado resulta en una mejora de rendimiento, biomasa, número de granos por mazorca y peso de los granos. El tratamiento con 420 kg N ha<sup>-1</sup> es el más efectivo en todos estos aspectos, seguido por el tratamiento con 360 kg N ha<sup>-1</sup> y luego por el tratamiento con 260 kg N ha<sup>-1</sup>.

Los indicadores clave de la productividad del maíz son el número de granos por mazorca y el peso de 100 granos. Los resultados muestran que un incremento en la dosis de N a 420 kg N ha<sup>-1</sup> mejora ambos parámetros. El N es esencial durante la etapa de desarrollo de los granos, ya que favorece la fotosíntesis, el transporte de nutrientes, la formación de granos fértiles y su llenado. Según Carrasco (2015), asegurar una cantidad adecuada de N en la floración y formación del grano es crucial para mejorar la productividad y calidad del maíz.

El incremento en la masa de los granos está vinculado a la mejora en la actividad fotosintética inducida por el N. Durante el proceso de llenado de los granos, la

Figura 3. Efectos de los tratamientos de nitrógeno (N) sobre diferentes rasgos agronómicos del híbrido de maíz Dekalb 478.



(A) Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), (B) Biomasa total (t ha<sup>-1</sup>), (C) Índice de cosecha (%), (D) Granos por mazorca y (E) Peso de 100 granos (g). Los valores representan el promedio de 16 repeticiones de cada tratamiento de N en las fechas de medición. Las barras de error representan las desviaciones estándar; y a, b y c son las separaciones de medias según la prueba de Tukey a  $P \leq 0.05$ .

presencia de este nutriente favorece la producción y translocación de fotoasimilados, lo que resulta en un aumento significativo en el peso final. Sánchez *et al.* (2019) han resaltado la relevancia del N en el incremento de peso en los granos, encontrando que el N favorece la retención de asimilados durante la etapa de llenado, lo que contribuye a maximizar el peso y la calidad.

El tratamiento con una dosis de 420 kg N ha<sup>-1</sup> no solo logró aumentar tanto el número como el peso de los granos, sino que también resultó en el mayor valor de biomasa total, lo que sugiere una acumulación significativa de materia seca en la planta. El incremento en la biomasa resulta fundamental, dado que otorga a la planta una estructura vegetativa sólida que incide positivamente en la generación de granos. El estudio realizado por Barrios y Basso (2018) confirma la tendencia mencionada, al demostrar que el N favorece el crecimiento de las plantas y la acumulación de biomasa en el cultivo de maíz, mejorando su productividad en entornos agrícolas de alta intensidad.

El mayor rendimiento por hectárea se logró con 420 kg N ha<sup>-1</sup>, lo que destaca la importancia del N en la optimización del rendimiento del híbrido Dekalb 478. En investigaciones anteriores llevadas a cabo por Reynolds *et al.* (2013), se evidenció que el N desempeña un papel crucial en el metabolismo del maíz, mejorando la eficacia de la fotosíntesis y favoreciendo la producción de compuestos asimilados que inciden en el rendimiento final de la planta. La relación observada entre la cantidad de N aplicada y el rendimiento del cultivo Dekalb 478 indica que este cultivar responde de manera efectiva a niveles altos de fertilización nitrogenada cuando se implementan prácticas de manejo adecuadas. Esto posibilita a los agricultores optimizar la productividad en zonas de cultivo intensivo.

El IC, que indica la eficiencia de conversión de biomasa total a grano por parte de la planta, experimentó un aumento significativo al aplicar 420 kg N ha<sup>-1</sup>. El índice mencionado resulta de suma importancia para los agricultores, dado que su incremento conlleva a una mayor proporción de biomasa que se destina a la formación de grano en lugar de tejido vegetativo. Según Díaz-Coronel *et al.* (2009), el N facilita la translocación de nutrientes hacia el grano, lo cual mejora la utilización de la biomasa. Esto optimiza la eficiencia del cultivo y favorece una mayor

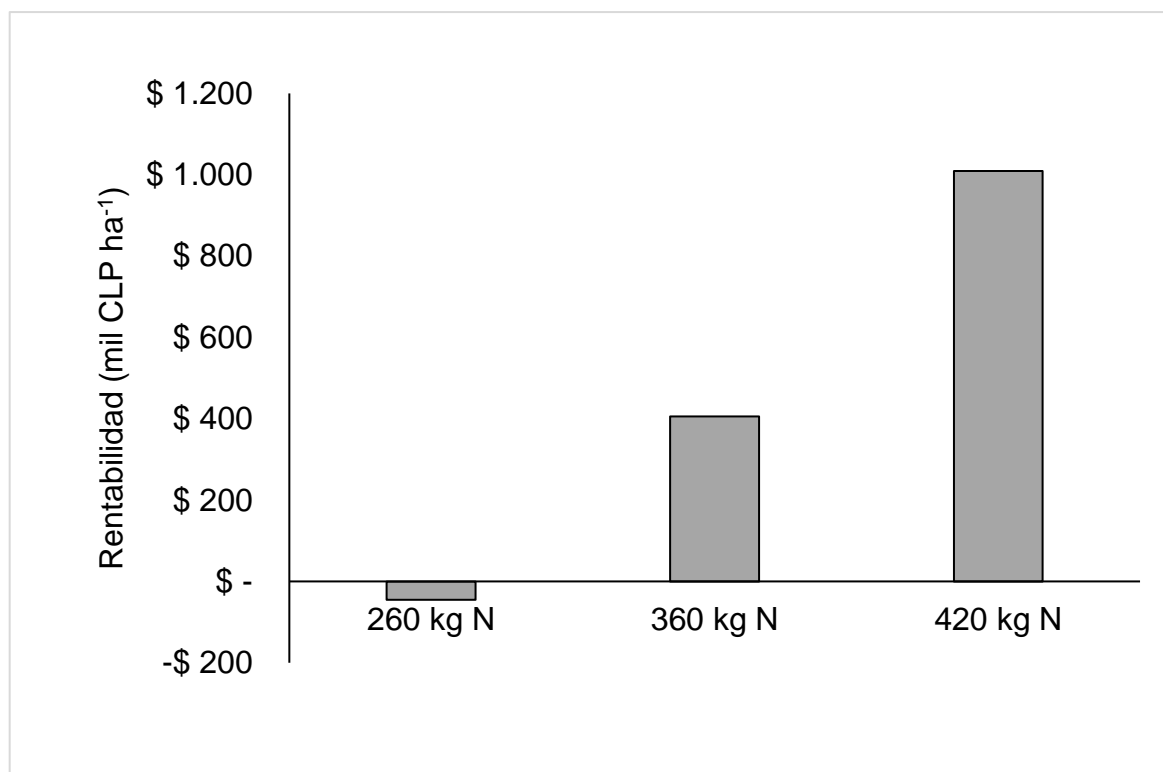
producción de grano sin un crecimiento vegetativo desmedido. El IC es un indicador de la eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN). Un IC elevado denota que el N aplicado se aprovecha de manera eficaz en la producción de grano en lugar de en el crecimiento vegetativo. El estudio muestra que un adecuado manejo del N puede aumentar el IC del maíz, lo cual resulta beneficioso tanto para el rendimiento como para la sostenibilidad económica de la producción agrícola.

### **Análisis de utilidad económica**

La Figura 3 exhibe la ganancia en moneda chilena (mil CLP) generada por tres niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo. La aplicación de 260 kg N ha<sup>-1</sup> resultó en una pérdida económica (-45.524 CLP). A medida que se incrementa la cantidad de N aplicado, se observa una mejora significativa en la utilidad económica. Por ejemplo, la aplicación de 360 kg N ha<sup>-1</sup> resulta en una ganancia cercana a los \$400 mil CLP ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento con 420 kg N ha<sup>-1</sup> alcanza la mayor utilidad económica, superando los \$1.000 mil CLP ha<sup>-1</sup>. Los resultados muestran la importancia de una fertilización nitrogenada adecuada para maximizar el retorno económico del cultivo. Un manejo inadecuado de la fertilización puede ocasionar pérdidas económicas o una utilidad económica nula, en contraste, una gestión óptima, por ejemplo, con una dosis de 420 kg N ha<sup>-1</sup>, puede generar un aumento significativo en los beneficios económicos y garantizar la estabilidad del agricultor (Los detalles sobre los insumos y la utilidad económica se encuentran especificados en los apéndices 5-8).

Según investigaciones anteriores (Campillo *et al.*, 2007), el uso excesivo de N puede no resultar en aumentos proporcionales y para optimizar la utilidad económica en la agricultura intensiva es necesario balancear de manera precisa el costo de los fertilizantes con el beneficio económico derivado del aumento en la producción. En este estudio, por el contrario, se demuestra que el tratamiento con 420 kg N ha<sup>-1</sup> en el híbrido Dekalb 478 resulta en el mayor rendimiento de producción de grano y un margen de utilidad económica superior en el análisis económico de la fertilización nitrogenada. El presente estudio se fundamenta en la correlación existente entre los gastos suplementarios vinculados al empleo de N y el aumento progresivo en el rendimiento alcanzado.

Figura 4. Análisis de utilidad económica por hectárea para el híbrido de maíz Dekalb 478 según la dosis de nitrógeno (N) aplicada para cada tratamiento.



\* Utilidad económica (mil CLP) por hectárea fue calculada según la ecuación: Utilidad económica = ingresos (precio de unidad x unidades totales) – costos. El precio de la unidad es el promedio de la temporada de 2023/2024 publicado por INDAP y los costos de materiales fueron calculados según los precios actuales de octubre 2024.

### **Sostenibilidad y peligros ambientales de altas dosis de nitrógeno**

El empleo de elevadas cantidades de N conlleva diversos riesgos ambientales importantes, tales como la filtración de nitratos en dirección a los acuíferos y la liberación de óxidos de nitrógeno, los cuales inciden en el cambio climático.

La preocupación por la calidad del agua se ve reflejada en la lixiviación de nitratos, dado que su alta solubilidad puede llevar a la contaminación de los acuíferos, con repercusiones negativas en las comunidades locales y en los ecosistemas cercanos. En su estudio, Liu *et al.* (2011) resaltan que el exceso de N en los sistemas agrícolas puede provocar efectos adversos en la calidad del agua y favorecer el proceso de eutrofización en los cuerpos de agua.

Por otra parte, las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) constituyen un gas de gran efecto invernadero y que contribuye al calentamiento global. Según Mu y Chen

(2020), si la cantidad de N aplicada supera la capacidad de absorción de la planta cultivada, el exceso se convierte en gases como el  $N_2O$  mediante los procesos de nitrificación y desnitrificación. La reducción de la cantidad de N disponible para ciertos procesos puede contribuir a mitigar riesgos ambientales mediante la aplicación de prácticas de manejo sostenible, como la fertilización fraccionada y el uso de inhibidores de nitrificación.

## CONCLUSIONES

1. Desarrollo morfológico y productividad: La aplicación de  $420 \text{ kg N ha}^{-1}$  en el híbrido Dekalb 478 maximiza el peso seco, área foliar, grosor del tallo y contenido de clorofila, lo cual es crucial para una alta capacidad fotosintética y para sustentar el rendimiento en grano. Sin embargo, la altura de la planta no muestra diferencias significativas entre las dosis de  $360$  y  $420 \text{ kg N ha}^{-1}$ , sugiriendo un punto de estabilización en este parámetro.
2. Rendimiento agronómico y utilidad económica: Con  $420 \text{ kg N ha}^{-1}$  se produce el mayor rendimiento por hectárea y el análisis económico sugiere que esta dosis es la opción más rentable. Este nivel de fertilización proporciona un rendimiento alto mientras mantiene los costos bajo control, maximizando el retorno económico.

## REFERENCIAS

1. Acevedo, R., Jaramillo, C., Cabello, M., Larenas, V., González, I., Leyton, G., & Urbina, L. 2011. Manual de Recomendaciones Cultivo de Maíz Grano. Secretaria de Agricultura, Fundación Chile Unidad Cropcheck. Santiago, Chile.
2. Álvarez, R., H. Steinbach, C. Alvarez y S. Griger. 2003. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz en la pampa ondulada. Info. Agronómicas.18(1417): 1-12.
3. Andrade. L. A., A. Garcés-Ramírez y I. Zayas-Barreras. 2023. Un caso de transversalidad con regresiones y ecuaciones en el crecimiento de una planta de maíz amarillo (*Zea mays* L.). Ra Ximhai, 19(2).
4. Barrios, M. and C. Basso, C. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos

de maíz. *Bioagro*. 30(1): 39-48.

5. Campillo, R., C. Jobet y P. Undurraga. 2007. Optimización de la fertilización nitrogenada para trigo de alto potencial de rendimiento en Andisoles de la región de la Araucanía, Chile. *Agricultura Téc.* 67(3): 281-291.
6. Carrasco F. 2015. Eficiencia de uso de nitrógeno de cultivares de trigo (*Triticum aestivum*) antiguos y modernos bajo dos niveles de disponibilidad de N. Tesis para optar al grado de magister de Ciencias Agrarias y Alimentarias. Universidad Austral, Chile.
7. Costa, C., L. M. Dwyer, P. Dutilleul, D. Stewart, B. Ma and D. Smith. 2001. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Jour. Plant. Nutr.* 24(8): 1173-1194.
8. Díaz-Coronel, G. T., F. Sabando-Avila, S. Zambrano-Montes y G. Vásconez-Montúfar. 2009. Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de los ríos. *Ciencia y Tecnología*. 3:15-23.
9. Fathi, A. 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review. *Agrisost*. 28: 1-8.
10. Funaro, D. and H. A. Paccapelo. 2001. Total dry matter production in tillering population of maize originated from the cross of *Zea mays* L.x *Zea diploperennis* L. *Agrisat*. 1 (2): 12.
11. Espinosa, J. y J. García. 2009. Herramientas para mejorar la eficiencia de uso de nutrientes en maíz. pp: 49-56. Espinoza J. y F García (Eds.). IPNI. San José, Costa Rica.
12. González A., J. Islas, A. Espinosa, J. A. Vázquez y S. Wood. 2008. Impacto Económico del Mejoramiento Genético del Maíz en México. pp: 88. Publicación Especial No. 25. INIFAP. México.
13. Gutiérrez C, J. F., L. M. Costa and M. M. Evans, M. M. 2006. Maternal gametophytic baseless1 is required for development of the central cell and early endosperm patterning in maize (*Zea mays*). *Genetics*, 174(1): 317-329.
14. INIA. 2024. Agrometeorología: Red Agrometeorología INIA. <<https://agrometeorologia.cl/>>. [Consulta: 11 julio 2024]. Chile.
15. Liu X., L. Duan, J. Mo, E. Du, J. Shen, X. Lu, Y. Zhang, X. Zhou, C. He and F. Zhang. Nitrogen deposition and its ecological impact in China: an overview. *Environ Pollut.* 159(10):2251-64.
16. Licht, M. 2024. Corn Growth Stages [en línea]. Iowa State University Extension and Outreach. <<https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/corn-growth-stages>>. [Consulta: 20 julio 2024].
17. Lu, C. and J. Zhang, J. 2000. Photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll

fluorescence and photoinhibition as affected by nitrogen deficiency in maize plants. *Plant Science*, 151(2): 135-143.

18. Magalhães, M. C. F. 2002. Arsenic. An environmental problem limited by solubility. *Pure and Applied Chemistry*. 74(10): 1843-1850.
19. Marcano, F y C. Ohep. 1996. Respuesta del cultivo de maíz a tres prácticas de labranza, dos fuentes nitrogenadas y tres formas de aplicación del nitrógeno. *Agronomía Tropical*. 47(1): 61-85.
20. Microsoft Corp. Software de hojas de cálculo Microsoft Excel 365. Excel. <<https://www.microsoft.com/es-cl>>. [Consulta: 20 julio 2024]. EE. UU.
21. Morillo, M. 2001. Rentabilidad Financiera y Reducción de Costos. *Actualidad Contable Faces*, 4(4), 35-48.
22. Mu, X. and Y. Chen, Y. 2020. The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. *Plant Physiolog. Bioch.* 158: 76-82.
23. OEC. 2023. Maíz: 1005 (Sistema Armonizado 1992 para 4 dígitos) [en línea]. Center for Collective Learning<<https://oec.world/es/profile/hs/corn>>. [Consulta: 22 octubre 2024]. Brasil.
24. Quevedo, Y., E. Barragán y J. Beltrán. 2015. Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Impacto. *Scientia Agroalimentaria*. 2.
25. Reynolds M.P., A.J. Pask, D.M. Mullan y P.N. Chávez-Dulanto (Eds.). 2013. Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. CIMMYT. México.
26. Salmerón M. y C. García. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Universidad Nacional Agraria, Facultad de recursos naturales y del ambiente, Escuela de suelos y agua. Managua, Nicaragua.
27. Salvagiotti, F. 2016. El rol de los fertilizantes en el aumento de la producción agropecuaria en Lavado, R (Ed.). pp: 85-90. *Sustentabilidad de los Agrosistemas y Uso de Fertilizantes*. Chile.
28. Sánchez-de Jesús, M. A., V. Volke-Haller, J. Cortés-Flores, A. María-Ramírez y C. San-Martín-Hernández. 2024. Aporte de nitrógeno por el suelo y eficiencia de aprovechamiento del nitrógeno aplicado en maíz de temporal. *Rev. Fitotecnia Mexicana*. 47(2): 99-112.
29. Sánchez, B., G. Rodríguez Yzquierdo y M. Álvarez Escobar. 2019. Efecto de la fertilización nitroazufrada sobre el rendimiento y calidad de tres genotipos de maíz con diferentes texturas de endospermo. *Ciencias, Tec. Agropecuaria*. 20(3): 551-563.
30. Segovia, S., y E. Paterniani, E. 1983. Evaluación de la selección masal con control biparental para Prolificidad en maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía tropical (Maracay)*. 33(1-6): 367-382.

31. Stangel, P. J. 1984. World nitrogen situation—trends, outlook, and requirements. Nitrogen in crop production, 23-54.
32. Statgraphics Centurion. 2018. Statgraphics 18. <<https://www.statgraphics.com/download18>>. [Consulta: 20 julio 2024]. Virginia, EE. UU.
33. Torma, S., Vilček, J., Lošák, T., Kužel, S., y Martensson, A. 2018. Nutrientes vegetales requeridos para la producción de cultivos en suelos agrícolas. Acta Agriculturae Scandinavica, Sección B – Ciencias de plantas y suelos, 68(4): 358-366. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134>.

## APÉNDICES

### 1. Condiciones climáticas en el Carmen durante la temporada 2023/2024.

Año	Mes	T Min	T Max	T Pro	Hr	ppt	Reg	ETo
2023	Oct	3.0	17.8	10.4	71.7	68.7	10.0	77.8
	Nov	5.2	19.4	12.3	74.7	90.7	40.0	96.7
	Dic	7.3	24.9	16.1	67.6	9.9	80.0	122.0
2024	Ene	8.9	29.9	19.4	60.0	0.0	150.0	137.1
	Feb	9.9	29.3	19.6	62.6	0.4	125.0	105.8
	Mar	6.9	24.7	15.8	69.4	49.6	5.0	77.5

Temperaturas mínimas (T Min, °C), máximas (T Max, °C) y promedio (T pro, °C) mensuales, humedad relativa (Hr, %), precipitaciones acumuladas (ppt, mm), riego aplicado (Reg, mm) y evapotranspiración (ETo, mm) en el Carmen. Fuente: (INIA, 2024).

### 2. Diseño experimental del ensayo en El Carmen.

I	II	III	IV
260 kg	260 kg	260 kg	260 kg
260 kg	260 kg	260 kg	260 kg
260 kg	260 kg	260 kg	260 kg
260 kg	260 kg	260 kg	260 kg
360 kg	360 kg	360 kg	360 kg
360 kg	360 kg	360 kg	360 kg
360 kg	360 kg	360 kg	360 kg
360 kg	360 kg	360 kg	360 kg
420 kg	420 kg	420 kg	420 kg
420 kg	420 kg	420 kg	420 kg
420 kg	420 kg	420 kg	420 kg
420 kg	420 kg	420 kg	420 kg

3. **Recomendaciones de fertilización nitrogenada en los híbridos de maíz según el rendimiento esperado**

Rendimiento esperado (qqm ha <sup>-1</sup> )	Nitrógeno total a aplicar (kg ha <sup>-1</sup> )	
100	200	240
110	220	264
120	240	288
130	260	312
140	280	336
150	300	360
160	320	384
170	340	408
180	360	432

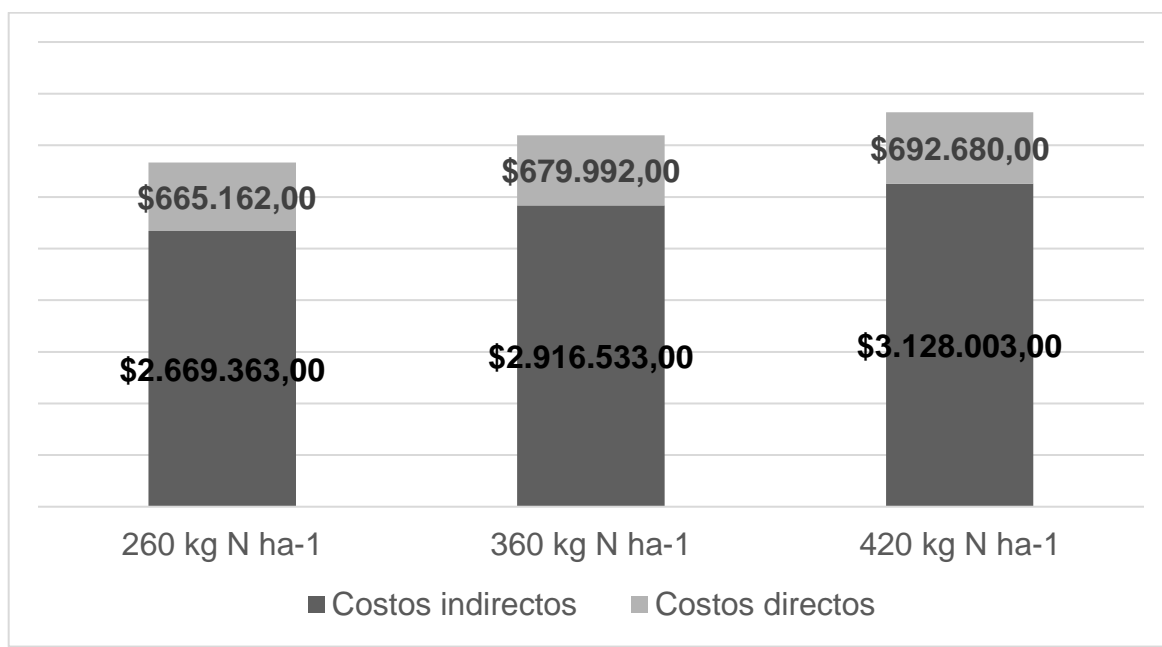
Fuente: Adaptado de Acevedo *et al.* (2011).

4. **Contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en residuos de maíz**

Cultivo	Contenido de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Contenido de P (kg/ha <sup>-1</sup> )	Contenido de K (kg/ha <sup>-1</sup> )
Maíz	39	3	37

Fuente: Adaptado de Torma *et al.* (2018).

5. **Resumen de Costos directos e indirectos según nivel de fertilización nitrogenada**



## 6. Ficha de costos en 260 kg N ha<sup>-1</sup>, parámetros generales de rendimiento y producción.

Parámetros generales B		Resumen contable:			
Rendimiento (quintales/hectárea):	143	Ingreso por hectárea (f)			\$3,289,000
Precio de venta productor (\$/quintal) <sup>(2)</sup> :	\$23,000	Costos directos por hectárea (a+b+c+d)			\$2,669,363
Costo jornada hombre (\$/jornada hombre)	\$25,000	Costos totales por hectárea (a+b+c+d+e)			\$3,334,524
Tasa interés mensual (%):	1.50%	Margen bruto por hectárea (f - (a+b+c+d))			\$619,638
Meses de financiamiento:	8	Margen neto por hectárea (f - (a+b+c+d+e))			-\$45,524
<b>Costos directos</b>					
<b>Mano de obra (a)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
Apoyo a la siembra y fertilización	septiembre - noviembre	0.5	jornada hombre	\$25,000.00	\$12,500.00
Riegos	noviembre - marzo	3.0	jornada hombre	\$25,000.00	\$75,000.00
Paleo regueros	noviembre - enero	0.5	jornada hombre	\$25,000.00	\$12,500.00
Labores de cosecha	marzo - mayo	0.5	jornada hombre	\$25,000.00	\$12,500.00
<b>Total mano de obra</b>					<b>\$112,500.00</b>
<b>Maquinaria (b)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
Picado de rastrojo	marzo - junio	1.0	hectárea	\$60,000.00	\$60,000.00
Arado	agosto - noviembre	1.0	hectárea	\$100,000.00	\$100,000.00
Rastraje	septiembre - noviembre	2.0	hectárea	\$50,000.00	\$100,000.00
Siembra	septiembre - noviembre	1.0	hectárea	\$65,000.00	\$65,000.00
Aplicación pesticidas post emergencia	septiembre - noviembre	2.0	hectárea	\$20,000.00	\$40,000.00
Cultivador - abonador	octubre - enero	1.0	hectárea	\$40,000.00	\$40,000.00
Labores de cosecha	marzo - mayo	1.0	hectárea	\$140,000.00	\$140,000.00
<b>Total maquinaria</b>					<b>\$545,000</b>
<b>Insumos (c)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Semilla</b>	junio-noviembre	2.1	bolsa	\$170,000.00	\$357,000.00
<b>Fertilizantes:</b>					
Mezcla (5-20-20)	septiembre - noviembre	500.0	kilo	\$1,240.00	\$620,000.00
Urea	octubre - diciembre	360.0	kilo	\$1,150.00	\$414,000.00
<b>Herbicidas:</b>					
Primagran	septiembre-noviembre	0.4	litro	\$105,500.00	\$42,200.00
Atrazina		4.0	litro	\$8,500.00	\$34,000.00
Raket		0.1	litro	\$376,000.00	\$37,600.00
<b>Insecticidas:</b>					
Permetrina	septiembre-noviembre	0.5	litro	\$35,500.00	\$17,750.00
<b>Otros:</b>					
Induce Ph 900 SL	septiembre - diciembre	1.0	litro	\$15,000.00	\$15,000.00
Flete insumo - producto	marzo - mayo	14.3	tonelada	\$16,000.00	\$228,800.00
Secado maíz a 14,5%	marzo - mayo	14.3	tonelada	\$8,000.00	\$114,400.00
Análisis de suelo (fertilidad completa) <sup>(3)</sup>	junio - octubre	0.1	unidad	\$40,000.00	\$4,000.00
<b>Total insumos</b>					<b>\$1,884,750.00</b>
<b>Imprevistos (d)</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor (\$)</b>
Imprevistos		5%	porcentaje		\$127,112.50
<b>Total costos directos (a+b+c+d)</b>					<b>\$2,669,362.50</b>
<b>Costos indirectos (e)</b>					
<b>Item</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor (\$)</b>
Costo financiero (tasa de interés) <sup>(6)</sup>		1.5%	porcentaje		\$160,161.75
Costo oportunidad (arriendo)					\$450,000.00
Administración					\$15,000.00
Contribuciones					\$40,000.00
<b>Total costos indirectos</b>					<b>\$665,161.75</b>
<b>Total costos</b>					<b>\$3,334,524.25</b>

## 7. Ficha de costos en 360 kg N ha<sup>-1</sup>, parámetros generales de rendimiento y producción.

Parámetros generales B		Resumen contable:			
Rendimiento (quintales/hectárea):	174	Ingreso por hectárea (f)			\$4,002,000
Precio de venta productor (\$/quintal) <sup>(2)</sup> :	\$23,000	Costos directos por hectárea (a+b+c+d)			\$2,916,533
Costo jornada hombre (\$/jornada hombre)	\$25,000	Costos totales por hectárea (a+b+c+d+e)			\$3,596,524
Tasa interés mensual (%):	1.50%	Margen bruto por hectárea (f - (a+b+c+d))			\$1,085,468
Meses de financiamiento:	8	Margen neto por hectárea (f - (a+b+c+d+e))			\$405,476
<b>Costos directos</b>					
<b>Mano de obra (a)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
Apoyo a la siembra y fertilización	septiembre - noviembre	0.5	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 12,500
Riegos	noviembre - marzo	3.0	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 75,000
Paleo regueros	noviembre - enero	0.5	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 12,500
Labores de cosecha	marzo - mayo	0.5	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 12,500
<b>Total mano de obra</b>					<b>\$ 112,500</b>
<b>Maquinaria (b)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
Picado de rastrojo	marzo - junio	1.0	hectárea	\$ 60,000	\$ 60,000
Arado	agosto - noviembre	1.0	hectárea	\$ 100,000	\$ 100,000
Rastraje	septiembre - noviembre	2.0	hectárea	\$ 50,000	\$ 100,000
Siembra	septiembre - noviembre	1.0	hectárea	\$ 65,000	\$ 65,000
Aplicación pesticidas post emergencia	septiembre - noviembre	2.0	hectárea	\$ 20,000	\$ 40,000
Cultivador - abonador	octubre - enero	1.0	hectárea	\$ 40,000	\$ 40,000
Labores de cosecha	marzo - mayo	1.0	hectárea	\$ 140,000	\$ 140,000
<b>Total maquinaria</b>					<b>\$ 545,000</b>
<b>Insumos (c)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Semilla</b>	junio-noviembre	2.1	bolsa	\$ 170,000	\$ 357,000
<b>Fertilizantes:</b>					
Mezcla (5-20-20)	septiembre - noviembre	500.0	kilo	\$ 1,240	\$ 620,000
Urea	octubre - diciembre	500.0	kilo	\$ 1,150	\$ 575,000
<b>Herbicidas:</b>					
Primagran	septiembre-noviembre	0.4	litro	\$ 105,500	\$ 42,200
Atrazina		4.0	litro	\$ 8,500	\$ 34,000
Raket		0.1	litro	\$ 376,000	\$ 37,600
<b>Insecticidas:</b>					
Permetrina	septiembre-noviembre	0.5	litro	\$ 35,500	\$ 17,750
<b>Otros:</b>					
Induce Ph 900 SL	septiembre - diciembre	1.0	litro	\$ 15,000	\$ 15,000
Flete insumo - producto	marzo - mayo	17.4	tonelada	\$ 16,000	\$ 278,400
Secado maíz a 14.5%	marzo - mayo	17.4	tonelada	\$ 8,000	\$ 139,200
Análisis de suelo (fertilidad completa) <sup>(5)</sup>	junio - octubre	0.1	unidad	\$ 40,000	\$ 4,000
<b>Total insumos</b>					<b>\$ 2,120,150</b>
<b>Imprevistos (d)</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor (\$)</b>
Imprevistos		5%	porcentaje		\$ 138,883
<b>Total costos directos (a+b+c+d)</b>					<b>\$ 2,916,533</b>
<b>Costos indirectos (e)</b>					
<b>Item</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor (\$)</b>
Costo financiero (tasa de interés) <sup>(6)</sup>		1.5%	porcentaje		\$ 174,992
Costo oportunidad (arriendo)					\$ 450,000
Administración					\$ 15,000
Contribuciones					\$ 40,000
<b>Total costos indirectos</b>					<b>\$ 679,992</b>
<b>Total costos</b>					<b>\$ 3,596,524</b>

## 8. Ficha de costos en 420 kg N ha<sup>-1</sup>, parámetros generales de rendimiento y producción

Parámetros generales B		Resumen contable:			
Rendimiento (quintales/hectárea):	210	Ingreso por hectárea (f)			\$4,830,000
Precio de venta productor (\$/quintal) <sup>(2)</sup> :	\$23,000	Costos directos por hectárea (a+b+c+d)			\$3,128,003
Costo jornada hombre (\$/jornada hombre)	\$25,000	Costos totales por hectárea (a+b+c+d+e)			\$3,820,683
Tasa interés mensual (%):	1.50%	Margen bruto por hectárea (f - (a+b+c+d))			\$1,701,998
Meses de financiamiento:	8	Margen neto por hectárea (f - (a+b+c+d+e))			\$1,009,317
<b>Costos directos</b>					
<b>Mano de obra (a)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
Apoyo a la siembra y fertilización	septiembre - noviembre	0.5	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 12,500
Riegos	noviembre - marzo	3.0	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 75,000
Paleo regueros	noviembre - enero	0.5	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 12,500
Labores de cosecha	marzo - mayo	0.5	jornada hombre	\$ 25,000	\$ 12,500
<b>Total mano de obra</b>					<b>\$ 112,500</b>
<b>Maquinaria (b)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
Picado de rastrojo	marzo - junio	1.0	hectárea	\$ 60,000	\$ 60,000
Arado	agosto - noviembre	1.0	hectárea	\$ 100,000	\$ 100,000
Rastraje	septiembre - noviembre	2.0	hectárea	\$ 50,000	\$ 100,000
Siembra	septiembre - noviembre	1.0	hectárea	\$ 65,000	\$ 65,000
Aplicación pesticidas post emergencia	septiembre - noviembre	2.0	hectárea	\$ 20,000	\$ 40,000
Cultivador - abonador	octubre - enero	1.0	hectárea	\$ 40,000	\$ 40,000
Labores de cosecha	marzo - mayo	1.0	hectárea	\$ 140,000	\$ 140,000
<b>Total maquinaria</b>					<b>\$ 545,000</b>
<b>Insumos (c)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Semilla</b>	junio-noviembre	2.1	bolsa	\$ 170,000	\$ 357,000
<b>Fertilizantes:</b>					
Mezcla (5-20-20)	septiembre - noviembre	500.0	kilo	\$ 1,240	\$ 620,000
Urea	octubre - diciembre	600.0	kilo	\$ 1,150	\$ 690,000
<b>Herbicidas:</b>					
Primagran	septiembre-noviembre	0.4	litro	\$ 105,500	\$ 42,200
Atrazina		4.0	litro	\$ 8,500	\$ 34,000
Raket		0.1	litro	\$ 376,000	\$ 37,600
<b>Insecticidas:</b>					
Permetrina	septiembre-noviembre	0.5	litro	\$ 35,500	\$ 17,750
<b>Otros:</b>					
Induce Ph 900 SL	septiembre - diciembre	1.0	litro	\$ 15,000	\$ 15,000
Flete insumo - producto	marzo - mayo	21.0	tonelada	\$ 16,000	\$ 336,000
Secado maíz a 14,5%	marzo - mayo	21.0	tonelada	\$ 8,000	\$ 168,000
Análisis de suelo (fertilidad completa) <sup>(3)</sup>	junio - octubre	0.1	unidad	\$ 40,000	\$ 4,000
<b>Total insumos</b>					<b>\$ 2,321,550</b>
<b>Imprevistos (d)</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor (\$)</b>
Imprevistos		5%	porcentaje		\$ 148,953
<b>Total costos directos (a+b+c+d)</b>					<b>\$ 3,128,003</b>
<b>Costos indirectos (e)</b>					
<b>Item</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor (\$)</b>
Costo financiero (tasa de interés) <sup>(6)</sup>		1.5%	porcentaje		\$ 187,680
Costo oportunidad (arriendo)					\$ 450,000
Administración					\$ 15,000
Contribuciones					\$ 40,000
<b>Total costos indirectos</b>					<b>\$ 692,680</b>
<b>Total costos</b>					<b>\$ 3,820,683</b>