

Agricultura por ambientes

Dosificación variable de insumos

Informe Campañas 2021/2022, 2022/2023 y 2023/2024

Convenio CREA - AGD



José Micheloud (jmicheloud@crea.org.ar) - Gabriel Tinghitella – Gustavo Martini – Nicolás Ciano –
Juan Manuel Dadé

**Áreas de Agricultura e Innovación.
Unidad de I+D**



Índice

(1) Introducción	4
(2) Objetivo	8
(3) Metodología	9
Caracterización de la variabilidad ambiental.....	9
Ambientación y prescripción	9
Ejecución	10
Análisis	10
(4) Resultados	11
4.1 Resultados campaña 2021/2022.....	11
4.1.1 Mar y Sierras - Girasol.....	11
4.1.2 NOA – Soja.....	12
4.1.3 Sudeste – Maíz temprano - Caso 1 (Lote Ana)	13
4.1.4 Sudeste – Maíz temprano - Caso 2 (Lote Entrada).....	15
4.1.5 Mar y Sierras – Maíz tardío.....	17
4.1.6 Córdoba Norte – Maíz tardío	19
4.1.7 Oeste Arenoso – Maíz temprano	22
4.1.8 Norte de Buenos Aires – Maíz temprano.....	25
4.1.9 NOA – Maíz	26
4.2 Resultados campaña 2022/2023.....	28
4.2.1 Mar y Sierras – Maíz tardío.....	28
4.2.2 Sudoeste – Maíz tardío.....	31
4.2.3 Oeste – Maíz tardío.....	33
4.2.4 Oeste Arenoso – Maíz tardío	35
4.2.5 Norte de Buenos Aires – Maíz tardío.....	37
4.2.6 Centro – Maíz tardío	39
4.2.7 NOA – Maíz tardío.....	42
4.2.8 Córdoba Norte – Maíz tardío	45
4.3 Resultados campaña 2023/2024.....	47
4.3.1 Norte de Buenos Aires – Maíz temprano.....	48
4.3.2 Centro – Maíz temprano	50
4.3.3 NOA – Maíz tardío.....	53

4.3.4 Córdoba Norte – Maíz tardío	54
4.3.5 Córdoba Norte – Maíz tardío	57
4.3.6 Otros módulos.....	59
4.4 Integración resultados maíz	59
4.5 Comentarios finales	62
Anexo A.....	64
Etapas para la adopción del manejo por ambientes.....	64

Índice de Tablas

• Tabla 1. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	12
• Tabla 2. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 1 (Lote Ana). Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.	15
• Tabla 3. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 2 (Lote Entrada). Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.	17
• Tabla 4. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	19
• Tabla 5. Módulo Córdoba Norte - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	21
• Tabla 6. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	24
• Tabla 7. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	26
• Tabla 8. Módulo NOA - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	28
• Tabla 9. Módulo Mar y Sierras - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	30
• Tabla 10. Módulo Sudoeste - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable.....	32
• Tabla 11. Módulo Oeste - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	34
• Tabla 12. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	37
• Tabla 13. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable.....	39
• Tabla 14. Módulo Centro - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	41
• Tabla 15. Módulo NOA - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable.....	44
• Tabla 16. Módulo Córdoba Norte - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.....	46
• Tabla 17. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.....	49
• Tabla 18. Módulo Centro. Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.....	52
• Tabla 19. Módulo NOA. Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.....	56
• Tabla 20. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.....	58

Índice de Esquemas y Gráficos

• Gráfico 1. Limitantes para la adopción de tecnologías de agricultura de precisión.	8
• Esquema 1. Distribución espacial de tipos de módulos experimentales instalados en las campañas 2021/2022, 2022/2023 y 2023/2024.	9
• Esquema 2. Prescripción de dosificación variable con franjas y cuadrículas de manejo fijo. Ejemplo módulo Región Centro.	10
• Gráfico 2. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	11
• Gráfico 3. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos en función de la densidad de siembra discriminados por tipo de ambiente.	12
• Gráfico 4. Módulo NOA - Campaña 21/22. Prescripción de densidad de siembra.	13
• Gráfico 5. Módulo NOA - Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos discriminados por tipo de manejo.	13
• Gráfico 6. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 1 (Lote Ana). Variables consideradas para ambientar y prescripción.	14
• Gráfico 7. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 1 (Lote Ana). Rendimientos obtenidos con distintas densidades de siembra fijas y manejo variable discriminados por tipo de ambiente.	15
• Gráfico 8. Módulo Sudeste. Caso 2 (Lote Entrada). Campaña 21/22. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	16
• Gráfico 9. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 2 (Lote Entrada). Rendimientos obtenidos con distintas densidades de siembra fijas y manejo variable discriminados por tipo de ambiente.	16
• Gráfico 10. Módulo Mar y Sierras. Campaña 21/22. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	18
• Gráfico 11. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos con diferentes densidades de siembra fijas y manejo variable discriminados por tipo de ambiente.	18
• Gráfico 12. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Prescripciones.	19
• Gráfico 13. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Ubicación de los ensayos de manejo fijo.	20
• Gráfico 14. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.	20
• Esquema 3. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.	21
• Gráfico 15. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 21/22. Prescripción de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno.	22
• Gráfico 16. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 21/22. Ubicación de franjas de manejo fijo y variable y zonas seleccionadas por ambiente para realizar comparaciones entre tratamientos.	23
• Gráfico 17. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.	23
• Gráfico 18. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos discriminados por tipo de manejo.	24
• Gráfico 19. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 21/22. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	25
• Gráfico 20. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos con densidades de siembra fijas y manejo variable.	26
• Gráfico 21. Módulo NOA. Campaña 21/22. Ambientación y prescripción.	27
• Gráfico 22. Módulo NOA. Campaña 21/22. Rendimientos obtenidos discriminados por tipo de manejo.	27
• Gráfico 23. Módulo Mar y Sierras. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	29
• Gráfico 24. Módulo Mar y Sierras - Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.	29
• Gráfico 25. Módulo Mar y Sierras. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con diferentes densidades de siembra fijas discriminados por tipos de ambientes.	30

• Gráfico 26. Módulo Sudoeste. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripciones.	31
• Gráfico 27. Módulo Sudoeste. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con distintos manejos.	32
• Gráfico 28. Módulo Sudoeste. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con diferentes combinaciones de densidades de siembra fijas y niveles de Nitrógeno agregado discriminados por tipo de ambiente	33
• Gráfico 29. Módulo Oeste. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	33
• Gráfico 30. Módulo Oeste. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable con niveles de Nitrógeno agregado discriminados por tipo de ambiente.	35
• Gráfico 31. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. ...	36
• Gráfico 32. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable con niveles de Nitrógeno agregado discriminados por tipo de ambiente.....	36
• Gráfico 33. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	38
• Gráfico 34. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con diferentes densidades de siembra fijas y manejo variable.	38
• Gráfico 35. Módulo Centro. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripción.	40
• Gráfico 36. Ubicación de los ensayos de manejo fijo.	40
• Gráfico 37. Módulo Centro. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.	41
• Gráfico 38. Módulo Centro. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable con distintos niveles de Nitrógeno disponible discriminados por tipo de ambiente.	42
• Gráfico 39. Módulo NOA. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripciones.	43
• Gráfico 40. Módulo NOA. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con distintos manejos.	43
• Gráfico 41. Módulo NOA. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos para diferentes combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable con distintas dosis de CAN discriminados por tipo de ambiente.	44
• Gráfico 42. Módulo Córdoba Norte. Campaña 22/23. Prescripciones.	45
• Gráfico 43. Módulo Córdoba Norte. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.....	46
• Gráfico 44. Módulo Córdoba Norte. Campaña 22/23. Rendimientos obtenidos para diferentes combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable con distintas dosis de CAN (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.	47
• Gráfico 45. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones.	48
• Gráfico 46. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos con distintos manejos.	49
• Gráfico 47. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas con niveles de Nitrógeno agregado discriminados por tipo de ambiente.	50
• Gráfico 48. Módulo Centro. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones.	51
• Gráfico 49. Módulo Centro. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos con distintos manejos.	51
• Gráfico 50. Módulo Centro. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas con dosis de Urea discriminados por tipo de ambiente.	52
• Gráfico 51. Módulo NOA. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones.	53
• Gráfico 52. Módulo NOA. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas con dosis de Nitrodoble discriminados por tipo de ambiente.	54
• Gráfico 53. Módulo NOA. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones.	55
• Gráfico 54. Módulo NOA. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos con distintos manejos.	55
• Gráfico 55. Módulo NOA. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas con niveles de Nitrógeno disponible discriminados por tipo de ambiente.	56

- Gráfico 56. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. ...57
- Gráfico 57. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos con distintos manejos..... 58
- Gráfico 58. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Rendimientos obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas con niveles de Nitrógeno agregado discriminados por tipo de ambiente. 59
- Gráfico 59. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 7 módulos experimentales sembrados con maíz conducidos durante la campaña 21/22..... 60
- Gráficos 60. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 8 módulos experimentales sembrados con maíz durante la campaña 22/23. 60
- Gráfico 61. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 4 módulos experimentales sembrados con maíz conducidos durante la campaña 23/24..... 61
- Gráfico 62. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 19 módulos experimentales sembrados con maíz durante 3 campañas (21/22, 22/23 y 23/24) 61
- Gráfico 63. Distribución de ingresos menos costos marginales discriminados por campaña. 62

(1) Introducción

En el movimiento CREA, los niveles de adopción de la denominada “agricultura por ambientes” es variable, y se realiza de distintas formas. En muchas empresas, a partir de la experiencia y el conocimiento que se posee de los lotes de producción, se segregan dos o más macro ambientes, que luego se manejan de distintas maneras. En esos casos, por ejemplo, se aumenta o reduce la dosis de fertilizantes y/o la densidad de siembra por ambiente. No obstante, dentro de cada uno de esos ambientes la dosificación es fija. Otras empresas hacen ambientaciones más detalladas (micro ambientaciones) y realizan dosificación variable con distintos niveles de intensidad, según la magnitud y distribución espacial de la variabilidad ambiental y las posibilidades logísticas de manejo.

La adopción de los procesos y tecnologías contenidas en el concepto “agricultura de precisión” encuentra algunas limitantes. El costo de la tecnología y la falta de capacidades para su correcta gestión son las de mayor relevancia. No obstante, la necesidad de información que demuestre el beneficio económico y agronómico que genera su adopción, también es un punto mencionado como relevante, incluso por quienes ya han adoptado la tecnología (Gráfico 1).

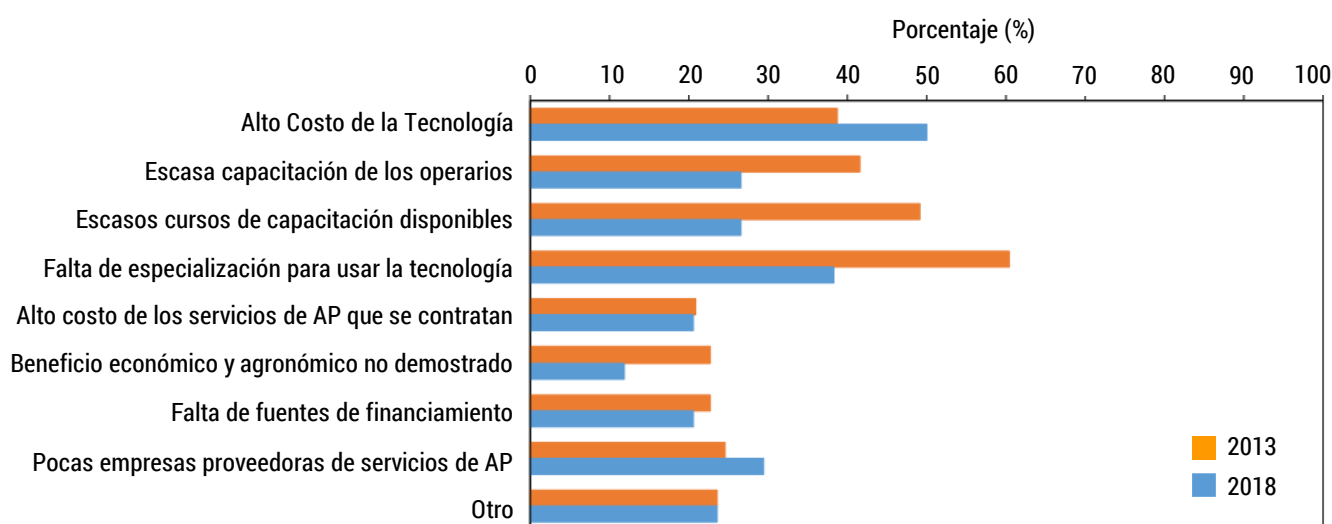


Gráfico 1. Limitantes para la adopción de tecnologías de agricultura de precisión. Melchiori et al., 2018.

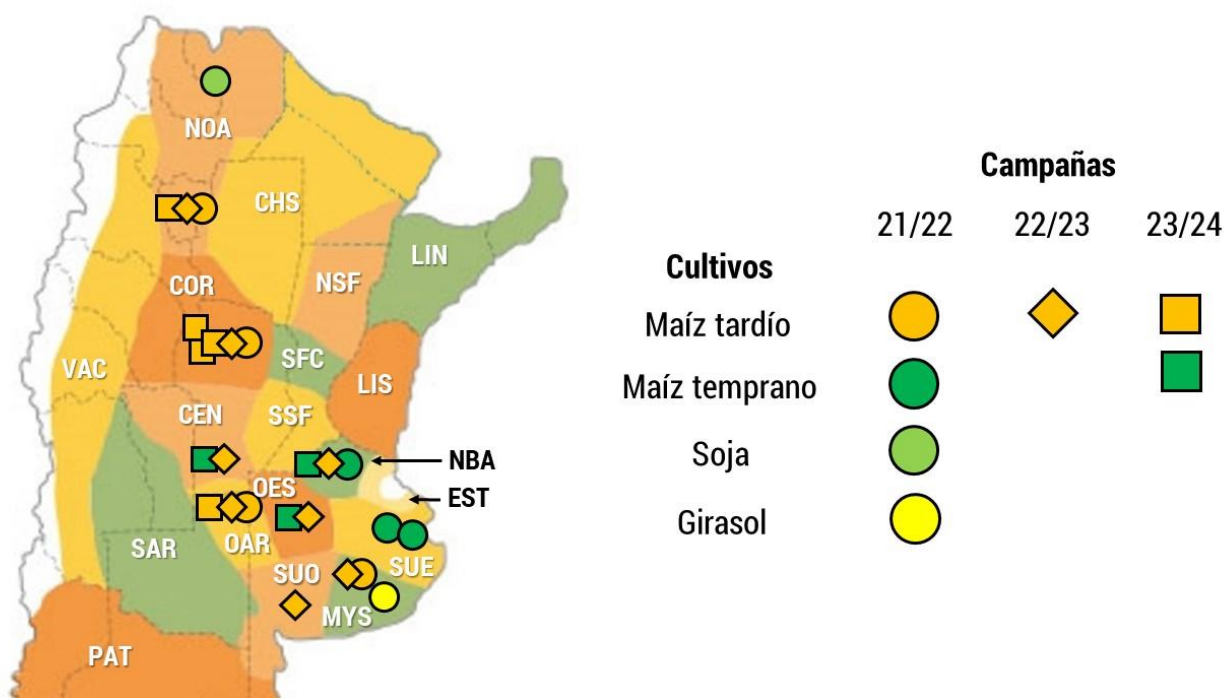
En el año 2021, se puso en marcha un convenio entre CREA y AGD, con el objetivo de generar información para cuantificar el beneficio generado por la adopción de tecnologías que permiten realizar la dosificación variable de insumos en cultivos extensivos.

(2) Objetivo

El objetivo general de este proyecto es generar información para analizar el impacto que la adopción de tecnologías que permiten diagnosticar variabilidad ambiental en lotes de producción y gestionar insumos de forma variable generan sobre el rendimiento de los cultivos y su resultado económico asociado, en sistemas agrícolas de distintas regiones del país. Si bien el proyecto se enfoca sobre el cultivo de maíz, también se exploran, para casos específicos, el aporte que estas tecnologías realizan sobre el rendimiento y el resultado económico de cultivos de girasol (en la región de Mar y Sierras) y soja (en la región NOA).

(3) Metodología

En las campañas 2021/2022, 2022/2023 y 2023/2024 se instalaron, 9, 8 y 8 módulos experimentales, respectivamente. (Esquema 1). Los sitios elegidos para instalarlos fueron lotes de producción con elevada variabilidad ambiental. Cada módulo tuvo, en promedio, una superficie de 80 has., y en ellos se realizó manejo variable de densidad y/o nitrógeno, dejando sectores de manejo fijo de referencia.



Esquema 1. Distribución espacial de los distintos tipos de módulos experimentales instalados en las campañas 2021/2022, 2022/2023 y 2023/2024. El mapa de fondo es el mapa de regiones CREA. (NOA=Noroeste argentino, CHS=Chaco Santiagueño. LIN=Litoral Norte, NSF=Norte de Santa Fe, COR=Córdoba Norte, VAC=Valles Cordilleranos, CEN=Centro, SFC=Canta Fe Centro, SSF=Sur de Santa Fe, LIS=Litoral Sur, NBA=Norte de Buenos Aires, EST= Este, OES=Oeste, OAR=Oeste Arenoso, SAR=Semiárida, SUO=Sudoeste, SUE= Sudeste, MYS=Mar y Sierras, PAT=Patagonia).

Caracterización de la variabilidad ambiental

En cada módulo, el equipo técnico de AGD realizó un relevamiento de la variabilidad ambiental del lote, midiendo conductividad eléctrica aparente con rastra Veris y altimetría, y realizando un muestreo de suelos en grilla. En cada una de las muestras de suelo obtenidas, se determinaron distintos parámetros químicos (pH, Conductividad Eléctrica (CE), Fósforo (P), Nitrógeno (N), Materia Orgánica (MO), Nitrógeno Total (NT), Azufre (S), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Saturación de Bases (SB), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Boro (B), Cobalto (Co) y Molibdeno (Mo).

Ambientación y prescripción

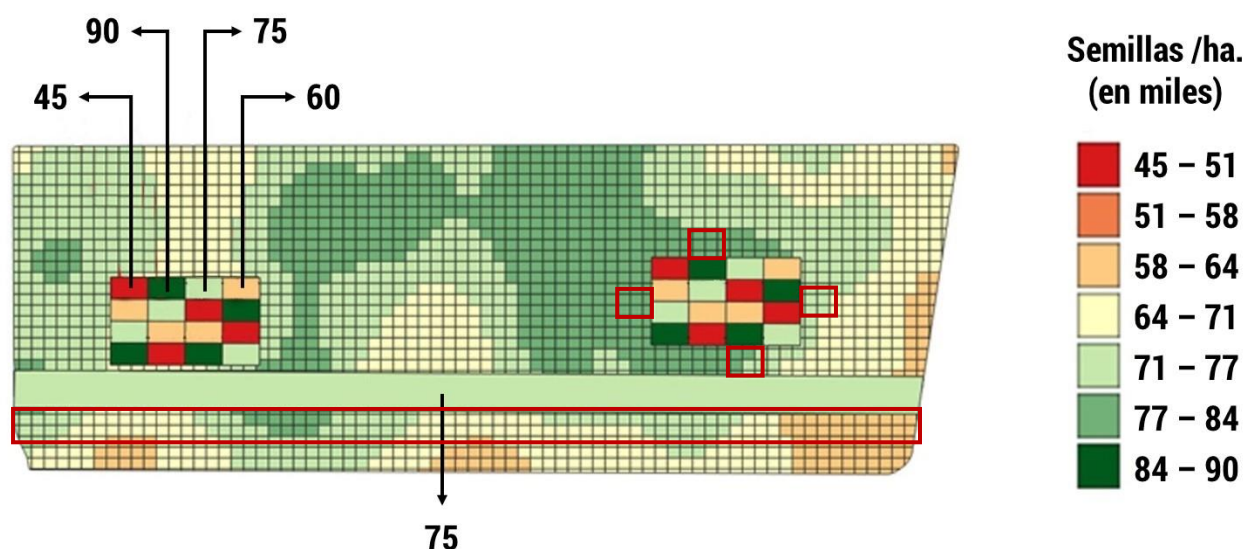
En cada caso, a partir de esta información, y revisando información histórica, el equipo de AGD realizó una ambientación del lote. Luego elaboró una primera versión de la prescripción, incluyendo zonas de manejo fijo y manejo variable.

Posteriormente, las prescripciones elaboradas por el equipo de AGD, se sometieron a un proceso de ajuste y validación que incluyó el trabajo coordinado de los responsables del módulo y los equipos técnico de CREA y AGD. Esa tarea incluyó la revisión de los límites entre ambientes, la definición de los rangos de manejo a utilizar en la zona de manejo variable, y los niveles a explorar con cada factor (densidad de siembra y Nitrógeno) en las zonas de manejo fijo. En esta etapa se revisaron rendimientos e índices de vegetación históricos, que potencialmente podrían contribuir a mejorar la definición de los límites entre ambientes y la prescripción final.

En todos los módulos se incluyeron sectores de manejo fijo con dos objetivos:

- (1) Contar con referencias para analizar la contribución del manejo variable en comparación con el manejo fijo.
- (2) Identificar óptimos de manejo en cada tipo de ambiente, para mejorar futuras prescripciones.

En los módulos, las zonas de manejo fijo fueron franjas que atravesaron los distintos ambientes del lote, y/o cuadrículas ("tableros de ajedrez") dentro de cada tipo de ambiente (Esquema 2). En general, las franjas fueron utilizadas como referencia contra las que se analizó la contribución del manejo variable, mientras que las cuadrículas fueron utilizadas para identificar óptimos de manejo en cada ambiente. En todos los casos, uno de los niveles de manejo fijo representó el manejo que hubiera realizado el productor en el caso de haber realizado manejo fijo en todo el lote. La contribución de la adopción del manejo variable se analizó tomando como referencia los resultados logrados en ese tratamiento de referencia. En cada ambiente se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en la zona analizada con el nivel de manejo fijo que representaba el manejo del productor. La comparación se realizó en zonas lindantes, donde se exploraron condiciones ambientales similares (cuadrículas o franja de bordes rojos en Esquema 2). En el caso de no haberse realizado la franja de manejo fijo, por cuestiones logísticas o de distribución de ambientes en el lote, la comparación con el manejo fijo se realizó tomando como referencia el tratamiento representativo del manejo del productor incluido en las cuadrículas.



Esquema 2. Ejemplo de prescripción de dosificación variable con franjas y cuadrículas de manejo fijo. Los sectores en celeste muestran las zonas de manejo. Las cuadrículas y franja vacías de bordes rojos indican las zonas de referencia desde donde se obtienen los datos de rendimiento logrados con manejo variable, utilizados en la comparación con el rendimiento logrado con manejo fijo.

Ejecución

Una vez validado el mapa de ambientes y la prescripción, el equipo responsable del módulo, realizó la siembra y la fertilización del lote sobre la base de dicha prescripción. La cosecha se realizó con monitor de rendimiento y tolva

con balanza. El equipo responsable del módulo envió la información recolectada al equipo de AGD, que se encargó de realizar la depuración y eventual corrección de los mapas de rendimiento.

Análisis

El equipo técnico de CREA, en interacción con el equipo de AGD, analizó y presentó los resultados en diferentes instancias y ámbitos dentro de CREA. Se elaboraron informes regionales, y el informe integrador con los resultados de todos los módulos.

(4) Resultados

A continuación, se presenta un resumen de los resultados principales de cada módulo.

4.1 Resultados campaña 2021/2022

4.1.1 Mar y Sierras - Girasol

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San Cayetano (pcia. de Buenos Aires). Se realizó una ambientación integrando el mapa la conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad y mapas de rendimiento históricos. Se identificaron zonas de mayor y menor productividad potencial (Gráfico 2). En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad variable, utilizando un mínimo de 3,3 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 5 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo de 3,3, 3,8 (Manejo de referencia del productor) y 5 semillas/m².

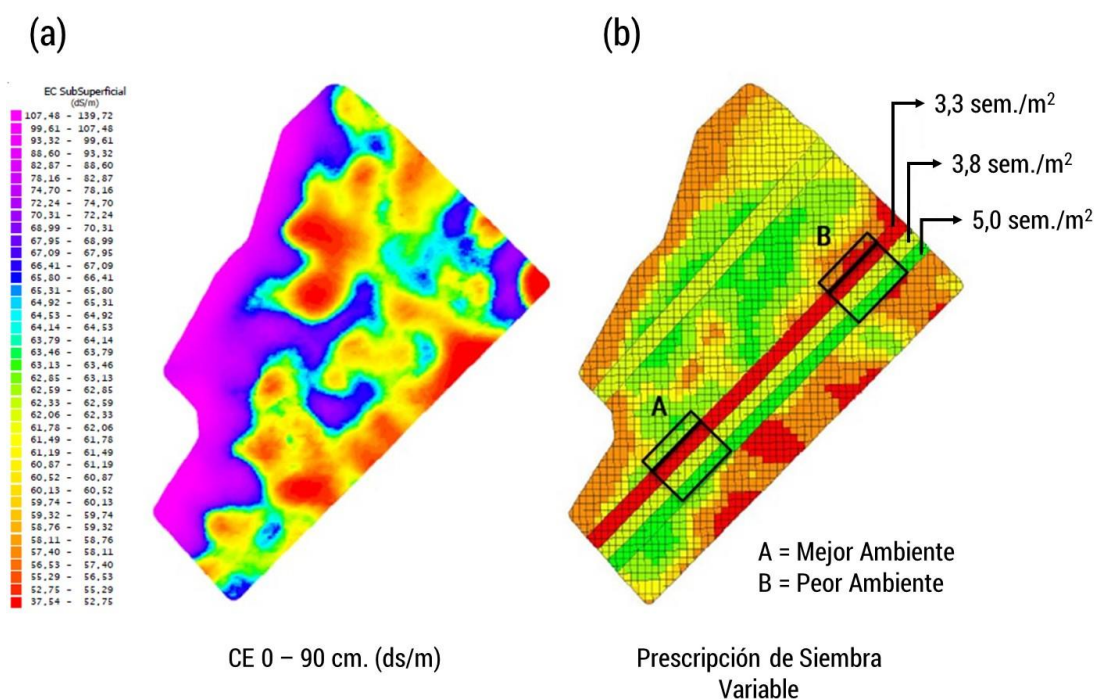


Gráfico 2. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Variables consideradas para ambientar y prescripción. (a) Mapa de Conductividad eléctrica (0 - 90 cm.) y (b) Prescripción de densidad de siembra.

En cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en la franja con el manejo fijo que representaba el manejo del productor. El rendimiento logrado con manejo

variable fue **272 kg./ha.** mayor que el logrado con manejo fijo en los mejores ambientes, y **216 kg./ha.** inferior en los ambientes de peor calidad (Gráfico 3, Tabla 1).

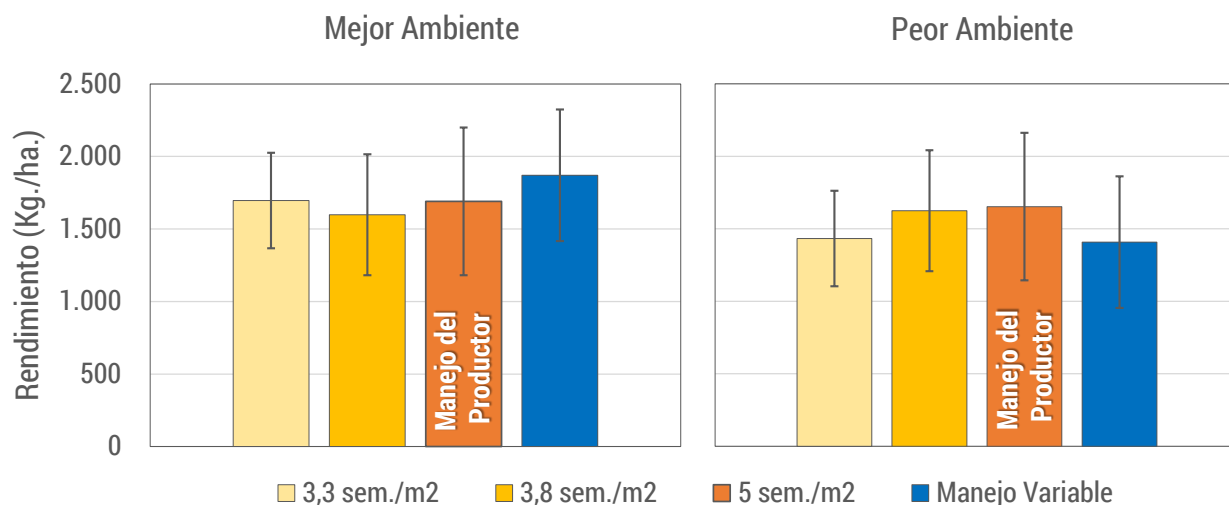


Gráfico 3. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos en función de la densidad de siembra (en semillas/m²) discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, inclusive considerando la diferencia en el costo de las semillas, el manejo variable tuvo mejor resultado en los mejores ambientes y peor resultado en los peores ambientes (Tabla 1).

Tabla 1. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m²)	4,1	3,5
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m²)	3,8	3,8
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	1.870	1.408
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	1.598	1.624
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+272	-216
Precio de venta del girasol (USD/Tn.)	500	500
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+136	-108
Precio bolsa x 80 mil semillas (USD/bolsa)	310	310
Densidad MV – Densidad MF (sem./m²)	+0,3	-0,3
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+10,5	-10,1
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+125	-98

En las condiciones analizadas, y dentro de los tratamientos de manejo fijo, el rendimiento logrado fue máximo con la densidad de 5 semillas/m² independientemente del tipo de ambiente (Gráfico 3).

4.1.2 NOA – Soja

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Campo Durán (norte de la pcia. de Salta). La ambientación integro el mapa de conductividad eléctrica y mapas de rendimiento históricos. Se realizó una prescripción de densidad variable, utilizando un mínimo de 20 semillas/m² en los peores ambientes, hasta un máximo de 40 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo de 20, 30 (**Manejo de referencia del productor**) y 40 semillas/m² (Gráfico 4).

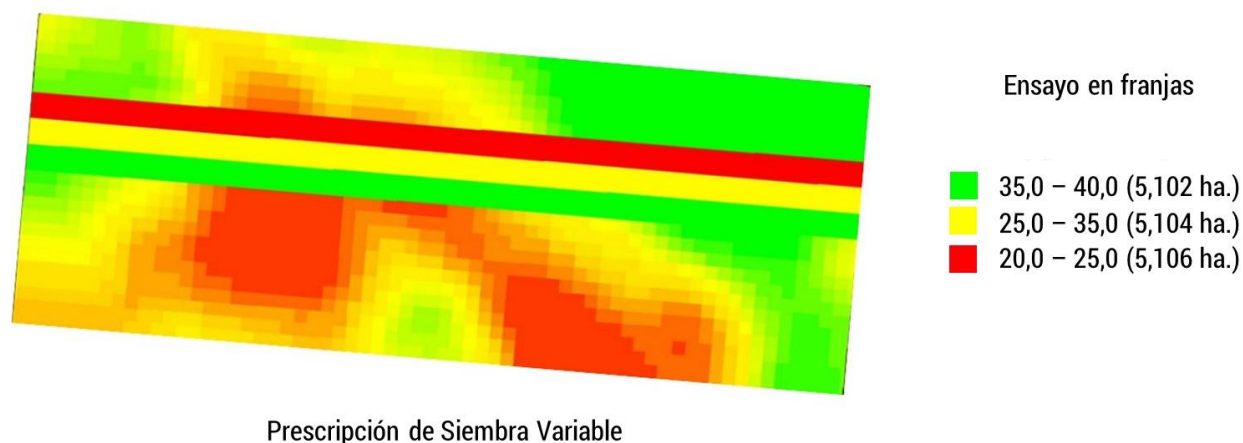


Gráfico 4. Módulo NOA - Campaña 21/22. Prescripción de densidad de siembra. Se indica la densidad en semillas por m².

Se comparó el rendimiento promedio en la zona de manejo variable adyacente a las franjas de manejo fijo, con el rendimiento logrado en la franja con el manejo fijo representativo que hubiera realizado el productor (30 semillas/m²). El rendimiento logrado con manejo fijo superó al logrado con manejo variable (+200 kg./ha.), y en promedio, la densidad de semillas sembradas en la zona de manejo variable fue la misma que en la franja de manejo fijo.

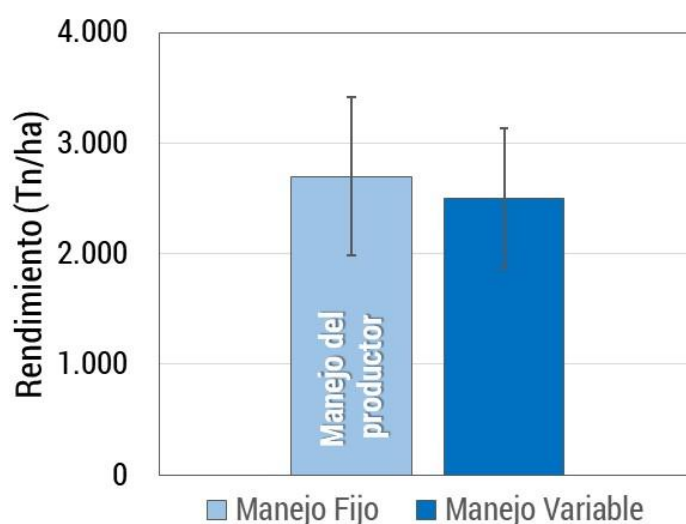


Gráfico 5. Módulo NOA - Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos discriminados por tipo de manejo.

Bajo las condiciones exploradas, el manejo variable no contribuyó a mejorar el resultado del cultivo, ni por impacto en el rendimiento ni por ahorro de semillas. Sin embargo, se observó una disminución en la variabilidad de los rendimientos

4.1.3 Sudeste – Maíz temprano - Caso 1 (Lote Ana)

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Ayacucho (pcia. de Buenos Aires). La conductividad eléctrica de 0 a 30 cm. de profundidad fue la variable que marco mayores diferencias ambientales. También se detectaron variaciones en el contenido de algunos nutrientes, el pH y la altimetría, pero en ningún caso las variaciones tuvieron la heterogeneidad suficiente como para incorporarlas como criterio para ambientar. Por lo tanto, la ambientación integro mapas de rendimiento de años anteriores y el mapa de conductividad eléctrica de 0 a 30 cm de profundidad. Se identificaron zonas de mayor y menor productividad potencial. Se realizó una prescripción de densidad de siembra variable, utilizando un mínimo de 5 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 8 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo con 5, 6, 7 y 8 semillas/m² dentro de ambientes de alta y baja productividad potencial (Gráfico 6).

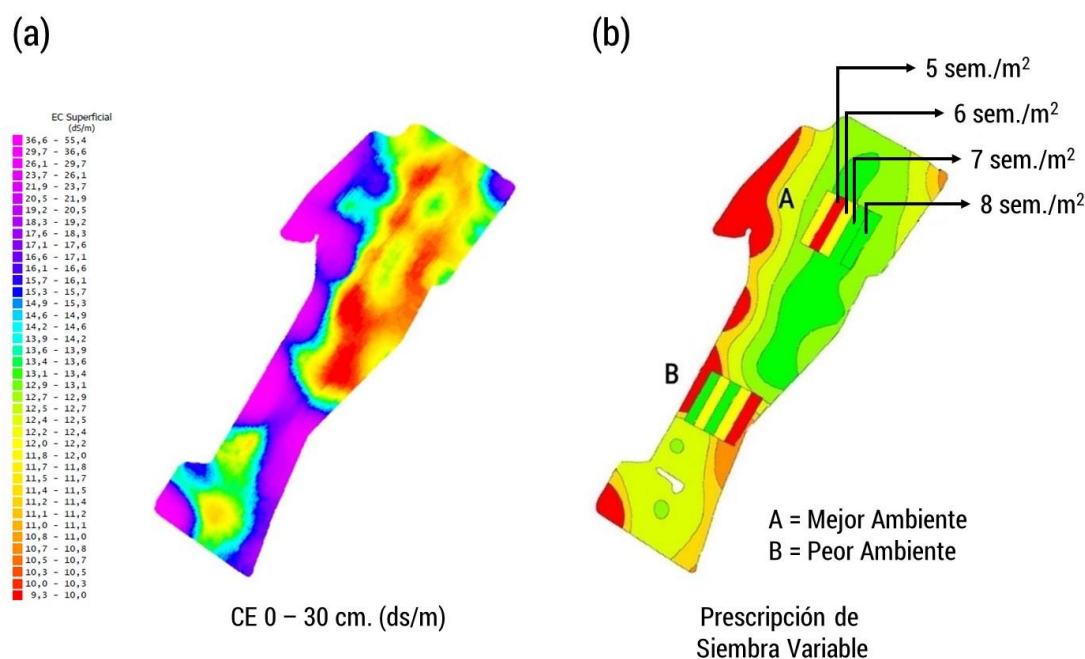


Gráfico 6. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 1 (Lote Ana). Variables consideradas para ambientar y prescripción. (a) Mapa de Conductividad eléctrica (0 a 30 cm.) y (b) Prescripción de densidad de siembra.

Dentro de cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en el sector de la franja con el manejo fijo que representa el manejo que hubiera hecho el productor. En las condiciones analizadas, los mayores rendimientos se obtuvieron con una densidad de 6 semillas/m² en el mejor ambiente, y de 8 semillas/m² en el peor ambiente (Gráfico 5). El rendimiento logrado con manejo variable superó por **357 kg./ha.** al logrado con manejo fijo en los peores ambientes, y fue **1.464 kg./ha.** inferior en los ambientes de mejor calidad (Gráfico 7, Tabla 2).

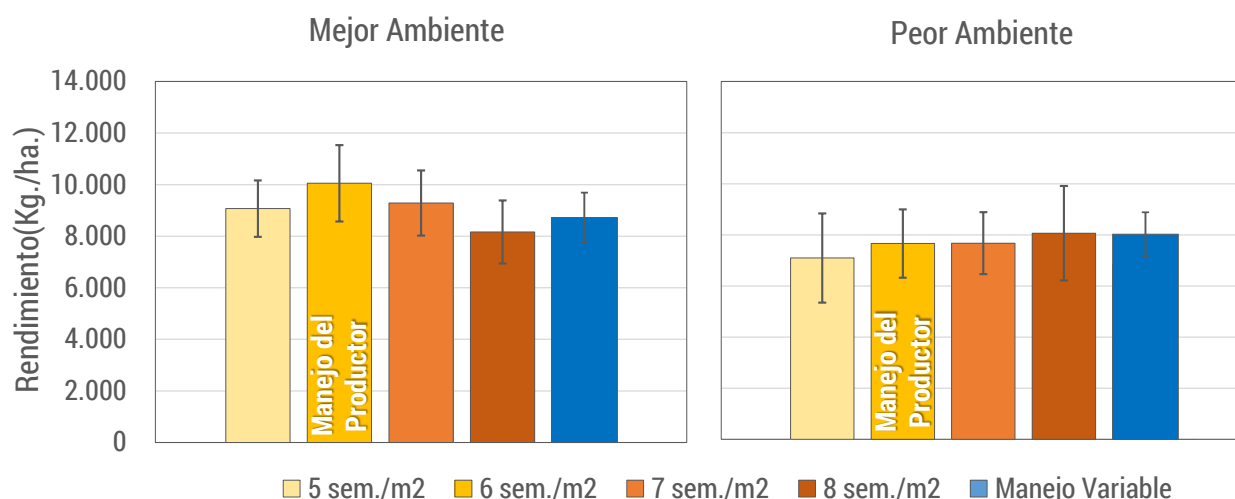


Gráfico 7. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 1 (Lote Ana). Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintas densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/m²) discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, inclusive considerando la diferencia en el costo de semillas, el manejo variable logró un mejor resultado en los peores ambientes y un peor resultado en los mejores ambientes (Tabla 2).

Tabla 2. Módulo Sudeste. Caso 1 (Lote Ana). Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	6,8	6,1
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	6,0	6,0
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	8.589	8.019
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	10.053	7.662
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	-1.464	+357
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	-337	+82
Precio bolsa x 80 mil semillas (USD/bolsa)	250	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+0,8	+0,1
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+25,0	+3,1
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	-362	+79

4.1.4 Sudeste – Maíz temprano - Caso 2 (Lote Entrada)

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Ayacucho (pcia. de Buenos Aires). La conductividad eléctrica fue la variable que indicó mayores diferencias ambientales, permitiendo identificar zonas de mayor y menor productividad potencial. De forma complementaria, la conductividad eléctrica tuvo correlación con la altimetría del lote; los mayores valores de conductividad eléctrica se detectaron en las zonas más bajas. No obstante, la ambientación integro el mapa de conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad con mapas de rendimiento de años anteriores. Se realizó una prescripción de densidad variable, utilizando un mínimo de 5

semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 8 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo de densidad atravesando ambientes, de 5, 6, 7 y 8 semillas/m² (Gráfico 8).

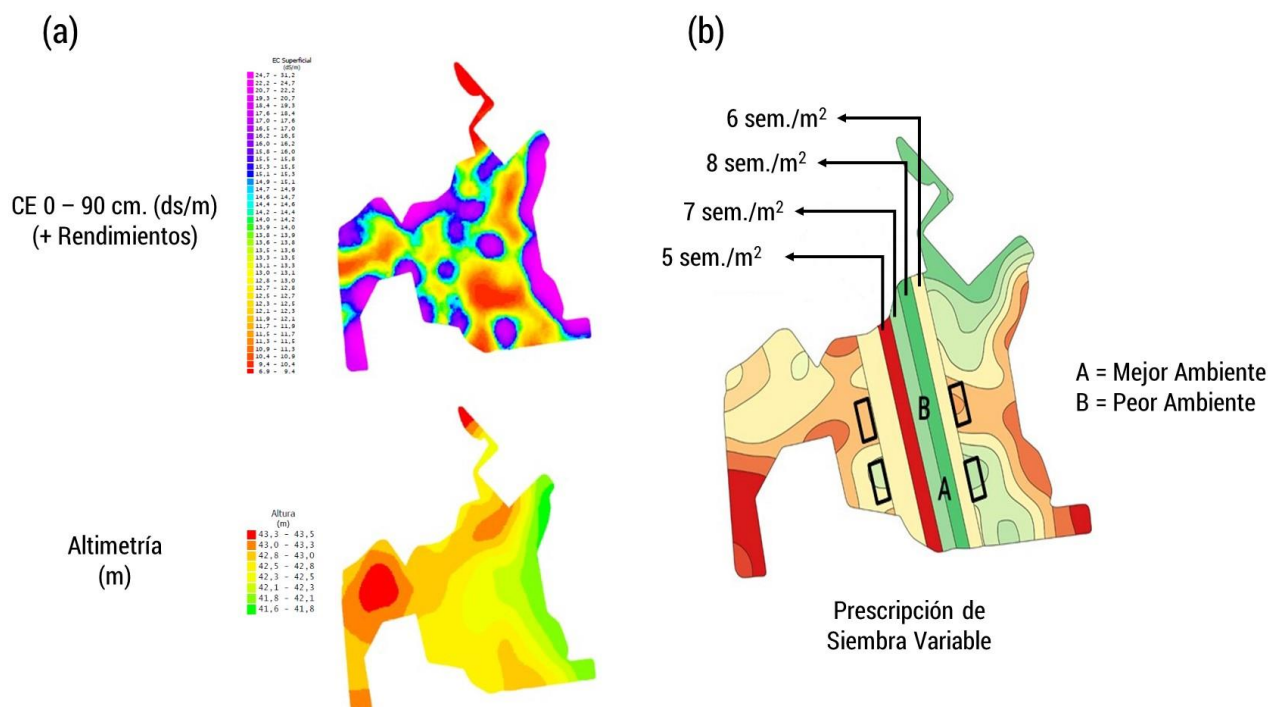


Gráfico 8. Módulo Sudeste. Caso 2 (Lote Entrada). Campaña 21/22. Variables consideradas para ambiental y prescripción. (a) Mapas de Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.) y Altimetría. (b) Prescripción de densidad de siembra.

Dentro de cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en el sector de la franja con el manejo fijo representativo del manejo del productor. En los mejores y peores ambientes el rendimiento logrado con manejo variable superó al rendimiento con manejo fijo por **1.043 kg./ha. y 437 kg./ha.** respectivamente (Gráfico 9, Tabla 3).

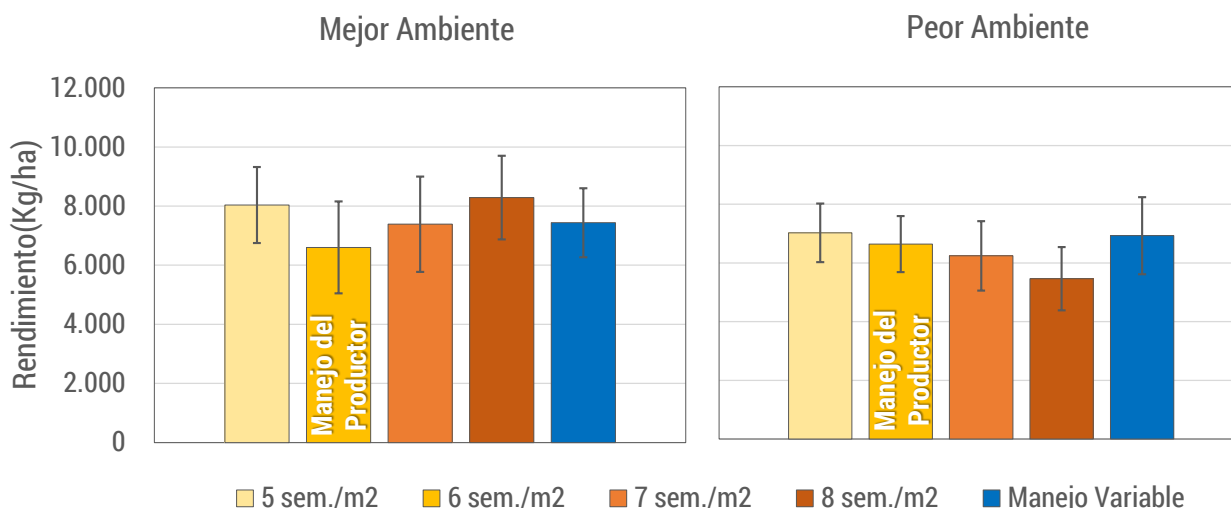


Gráfico 9. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 2 (Lote Entrada). Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintas densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/m²) discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, considerando la diferencia en el costo de semillas, el manejo variable logró un mejor resultado en todos los ambientes.

Tabla 3. Módulo Sudeste - Campaña 21/22. Caso 2 (Lote Entrada). Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	6,2	5,6
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	6,0	6,0
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	7.645	7.082
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	6.602	6.645
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+1.043	+437
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+240	+101
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	250	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+0,2	-0,45
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+6,1	-14
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+234	+115

4.1.5 Mar y Sierras – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San Cayetano. La conductividad eléctrica de 0 a 30 cm. de profundidad fue la variable que mejor permitió segregar las zonas de mayor y menor productividad potencial. Principalmente, la conductividad eléctrica se asoció con la altimetría. En general, los mayores niveles de conductividad se encontraron en las zonas más bajas del lote. No obstante, esta correlación no se mantuvo constante en todo el lote. En algunos sectores, incluso, se invirtió; los niveles más elevados de conductividad se hallaron en los sectores elevados del lote. También se encontró cierta asociación entre los niveles de conductividad eléctrica y el contenido de potasio de los suelos. No obstante, la relación fue menos robusta que la hallada con la altimetría. Por lo tanto, la ambientación se realizó en base al mapa de conductividad eléctrica de 0 a 30 cm. de profundidad y mapas de rendimiento de años anteriores. Luego se realizó una prescripción de densidad de siembra variable, utilizando un mínimo de 6,5 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 9 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo de densidad atravesando ambientes con 6,6, 8 y 9 semillas/m² (Gráfico 10).

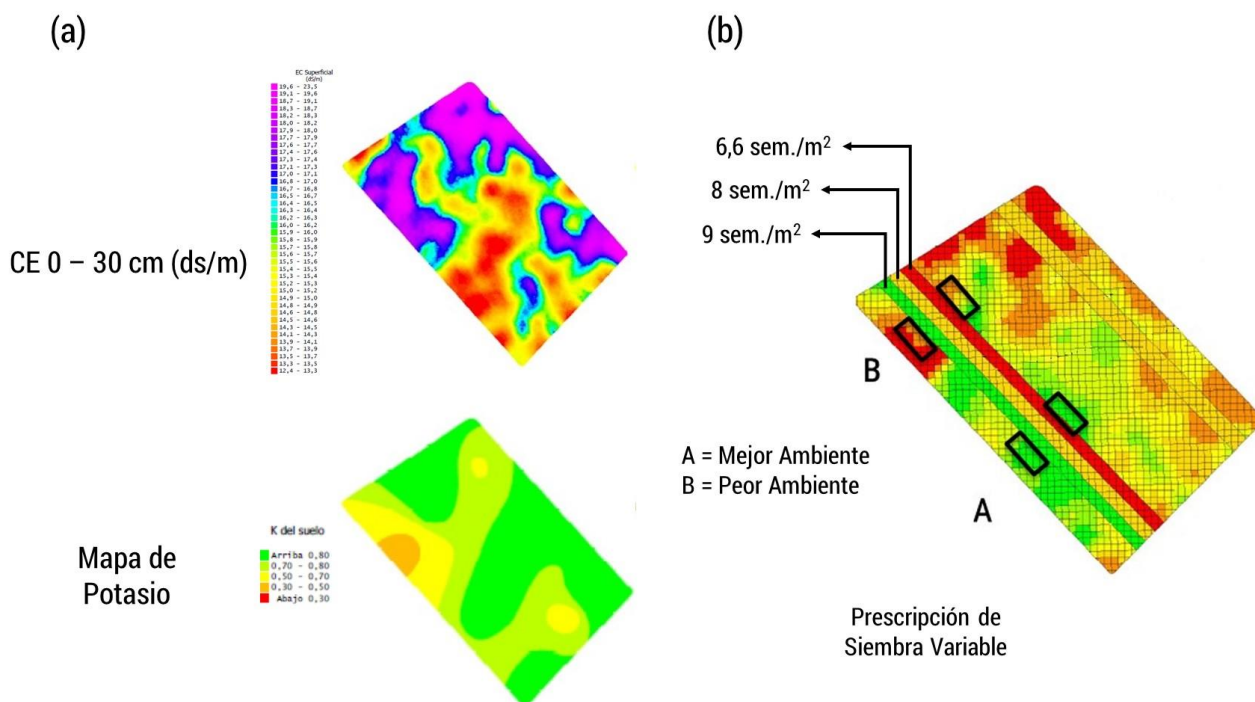


Gráfico 10. Módulo Mar y Sierras. Campaña 21/22. Variables consideradas para ambiental y prescripción. (a) Mapas de Conductividad eléctrica de (0 a 30 cm.) y Potasio. (b) Prescripción de densidad de siembra.

Dentro de cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio en la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en el sector de la franja con el manejo fijo representativo del manejo del productor. El rendimiento logrado con manejo variable en mejores y peores ambientes superó al logrado con manejo fijo en **1.920 kg./ha.** y **1.885 kg./ha.**, respectivamente (Gráfico 13, Tabla 4).

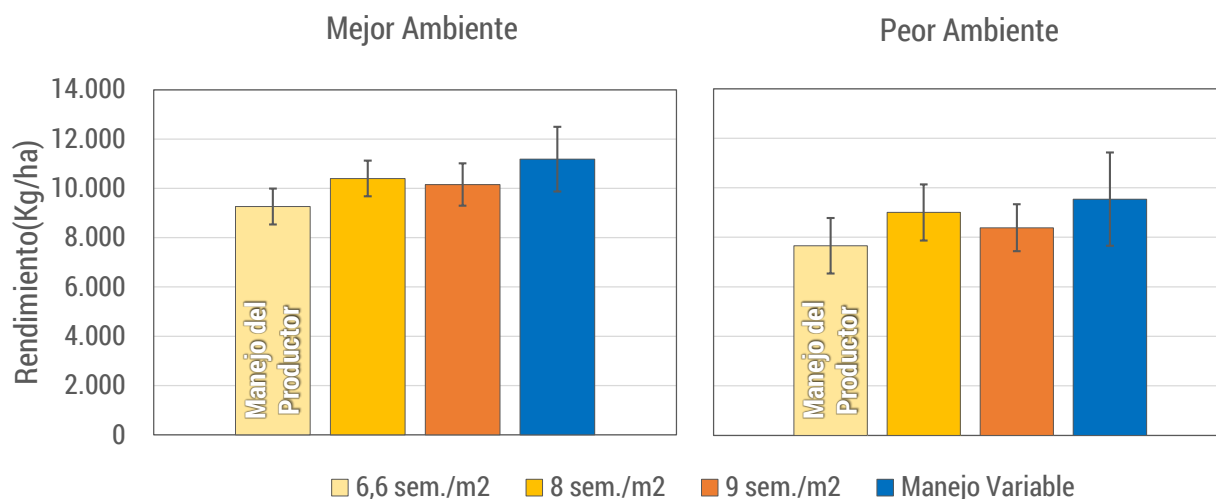


Gráfico 11. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con diferentes densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/m²) discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, considerando la diferencia de rendimientos y el costo de semillas, el manejo variable logró un mejor resultado en todos los ambientes (Tabla 4).

Tabla 4. Módulo Mar y Sierras - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	8,9	8,0
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	6,6	6,6
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	11.185	9.542
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	9.265	7.657
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+1.920	+1.885
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+442	+433
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	250	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+2,3	+1,4
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+72,4	+45,1
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+369	+388

4.1.6 Córdoba Norte – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Lozada, en el norte de la pcia. de Córdoba. La variable que mejor permitió identificar zonas de mayor y menor productividad potencial fue la conductividad eléctrica. Por tal motivo, la ambientación se realizó integrando el mapa de conductividad eléctrica del lote de 0 a 30 cm. de profundidad y mapas de rendimiento de años anteriores. Se realizó una prescripción de densidad de siembra y aplicación de nitrógeno variable. Se utilizó un mínimo de 5 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 8 semillas/m² en los mejores ambientes. La dosis de Nitrógeno varió desde los 35 kg./ha. en las zonas de menor productividad hasta los 138 kg./ha. en las zonas de mayor potencial productivo. Antes de ejecutar la prescripción, se realizó una fertilización para nivelar la disponibilidad de fósforo a 15 ppm. y homogeneizar esa variable (Gráfico 12).

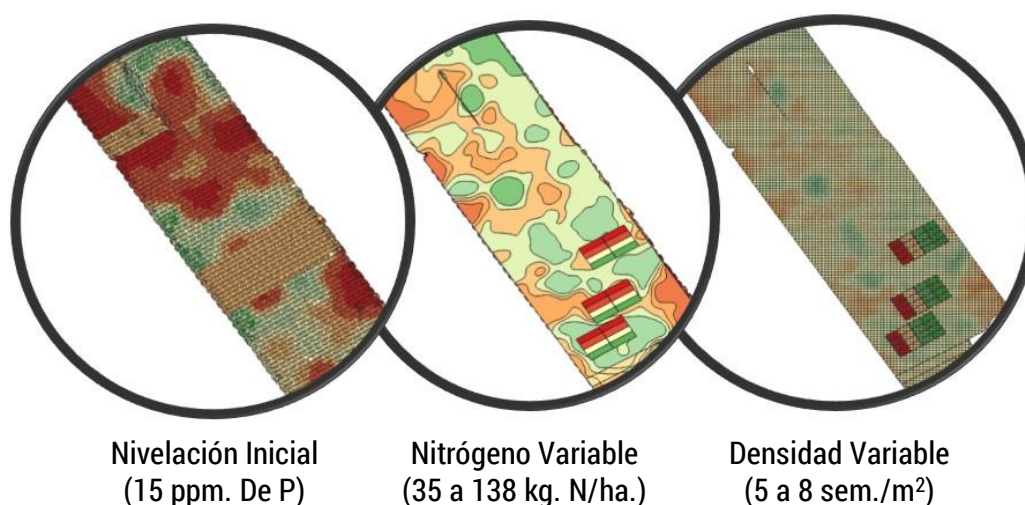


Gráfico 12. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Prescripciones. Prescripción de fósforo (der.), nitrógeno (cen.) y densidad de siembra (izq.)

Adicionalmente, se realizaron ensayos con dosificaciones fijas en 3 ambientes contrastantes (bajo, medio y alto potencial). Se ensayaron 4 niveles de disponibilidad de Nitrógeno (35, 69, 104 y 138 kg. N/ha.) y densidades de siembra de 5, 6, 7 y 8 semillas/m² (Gráfico 13).

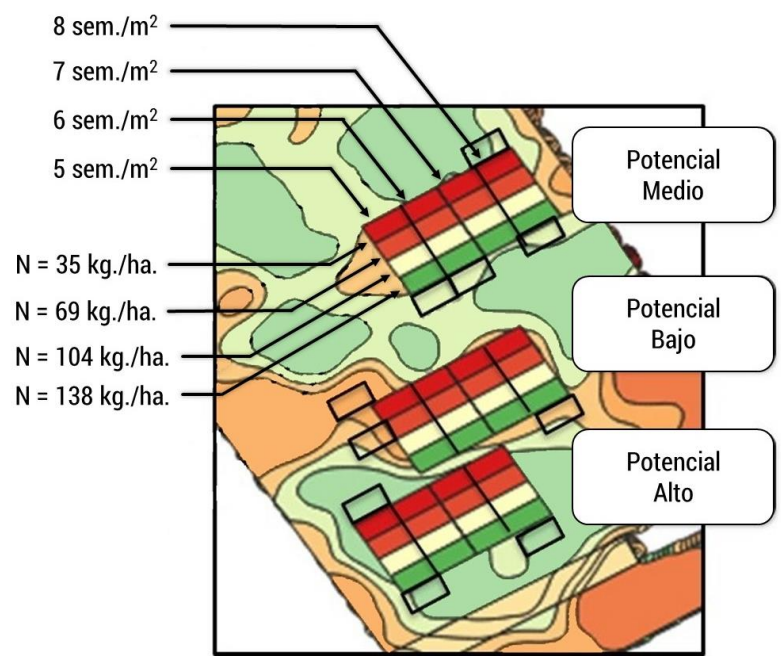


Gráfico 13. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Ubicación de los ensayos de manejo fijo. Los cuadros vacíos indican la ubicación de las zonas de manejo variable utilizadas para realizar la comparación contra el manejo fijo que realiza productor.

En cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio de varios polígonos ubicados en la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en la parcela de manejo fijo que representó el manejo realizado por el productor (104 kg. N/ha. y 7 semillas/m²). En ambientes intermedios el rendimiento logrado con manejo variable superó al logrado con manejo fijo en **163 kg./ha.** mientras que en los mejores y peores ambientes fue **278 kg./ha.** y **112 kg./ha.** más bajo, respectivamente (Gráfico 14, Tabla 5).

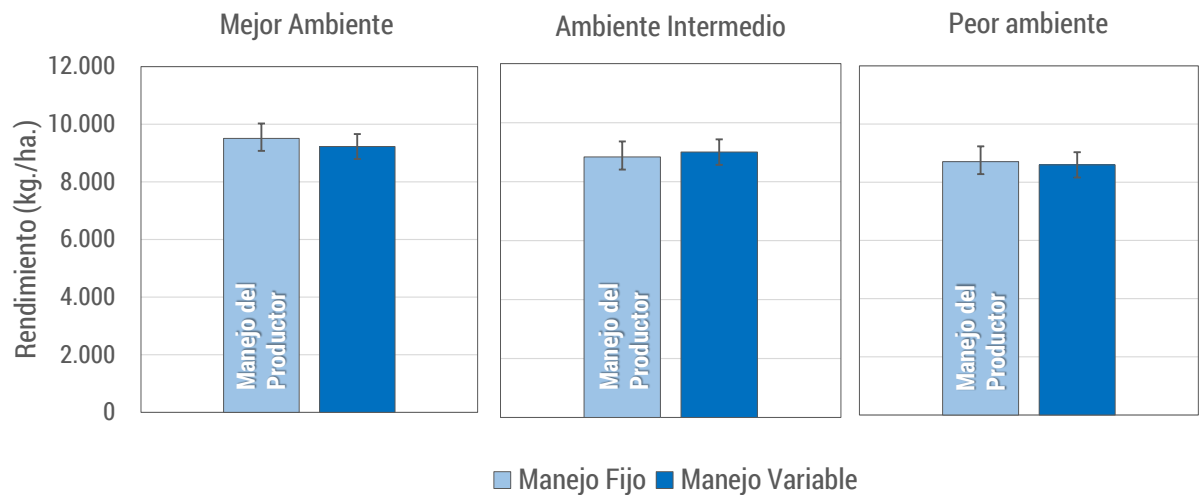


Gráfico 14. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, considerando la diferencia de rendimientos y el costo de las semillas y el nitrógeno, el manejo variable logró un mejor resultado que el manejo fijo en los ambientes intermedios y en los peores ambientes (Tabla 5).

Tabla 5. Módulo Córdoba Norte - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Ambientes intermedios	Peores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	6,4	6,3	6,1
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	7,0	7,0	7,0
Nitrógeno Manejo Variable (kg./ha.)	121	109	87
Nitrógeno Manejo Fijo del productor (kg./ha.)	104	104	104
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	9.229	9.003	8.599
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	9.507	8.840	8.711
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	-278	+163	-112
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230	230	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	-64	+37	-26
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	250	250	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,6	-0,7	-0,9
Precio Nitrógeno (USD/kg. N)	1,3	1,3	1,3
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	+17	+5	-17
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+3	-15	-50
Ingreso - costo marginal (USD/ha.)	-67	+53	+24

Posteriormente los resultados obtenidos se escalaron a nivel de lote. Para hacerlo se pondero la proporción del lote ocupada por cada tipo de ambiente. De esta manera, contemplando la proporción del lote ocupada con cada tipo de ambiente, se pudo contrastar el rendimiento del lote obtenido con manejo variable, contra el rendimiento del lote logrado con manejo fijo. Esta simplificación, permitió estimar que el nivel de rendimiento que el productor habría obtenido por gestionar la agricultura con manejo fijo hubiese sido de 9.038 kg./ha., unos **100 kg./ha.** por encima del rendimiento que habría logrado si hubiera realizado un manejo variable. Sin embargo, más allá de esta diferencia de rendimiento, el ahorro de semilla y fertilizante obtenido por realizar manejo variable, hubiera generado un beneficio económico marginal de 21 U\$S/ha. (Esquema 3).



	Manejo Fijo		
	Mejores Ambientes	Ambientes Intermedios	Peores Ambientes
Proporción del lote	46%	39%	16%

- Rendimiento Manejo Variable: 8,930 kg./ha.
- Rendimiento Manejo Fijo (Productor): 9,038 kg./ha.
- Ingreso Marginal – Costo Marginal: **21 USD/ha.**

Esquema 3. Módulo Córdoba Norte. Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

4.1.7 Oeste Arenoso – Maíz temprano

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Catriló, en el límite entre el Oeste de la pcia. de Buenos Aires y Este de La Pampa. Nuevamente, la variable que permitió observar las mayores diferencias ambientales, permitiendo identificar las zonas de mayor y menor productividad potencial fue la conductividad eléctrica, que a su vez se asoció con la altimetría del lote. Por tal motivo, la ambientación se realizó integrando el mapa de conductividad eléctrica de 0 a 30 cm. de profundidad con mapas de rendimiento de años anteriores. En la prescripción de densidad de siembra variable se utilizó una densidad mínima de 3,7 semillas/m² para los peores ambientes y una densidad máxima de 6,7 semillas/m² para los mejores ambientes. La prescripción de dosificación de Nitrógeno variable utilizó dosis que fueron desde 50 kg./ha. en los peores ambientes hasta 100 kg./ha. en los mejores. Adicionalmente, se instaló una franja de manejo fijo con una densidad de siembra de 5,2 semillas/m² y una dosis de Nitrógeno de 75 kg./ha., atravesando ambientes (Gráfico 15).

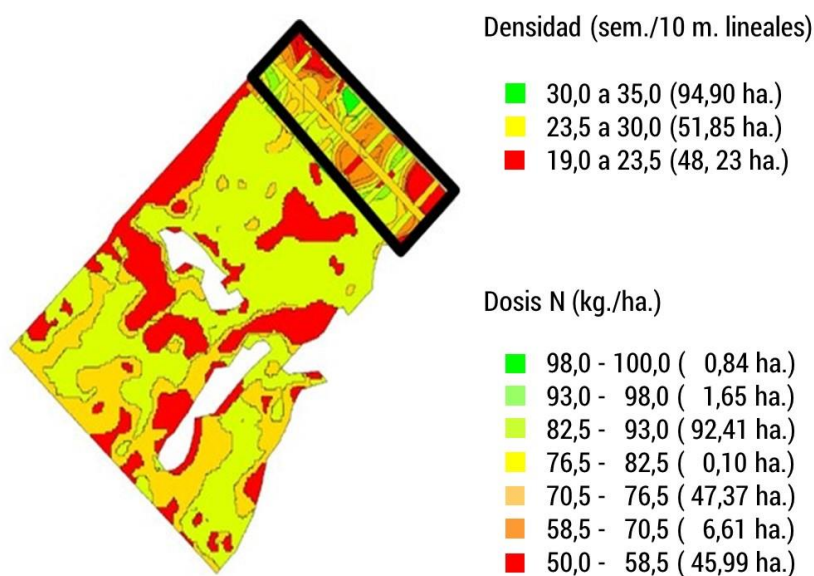


Gráfico 15. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 21/22. Prescripción de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno.

En cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio obtenido con manejo variable, contra el rendimiento logrado en la franja donde se realizó el manejo fijo que habría hecho el productor (Gráfico 16).

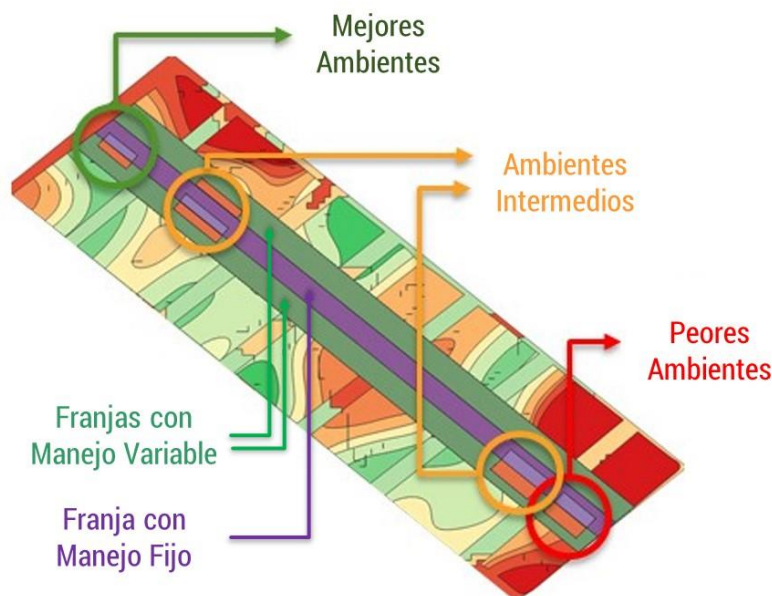


Gráfico 16. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 21/22. Ubicación de franjas de manejo fijo y variable y zonas seleccionadas por ambiente para realizar comparaciones entre tratamientos. Se indican las franjas de manejo fijo y variable y las zonas seleccionadas dentro de cada ambiente para realizar la comparación entre manejo fijo y variable.

Los resultados indicaron que el rendimiento obtenido con el manejo variable superó al obtenido con el manejo fijo en los tres tipos de ambientes considerados (Gráfico 17).

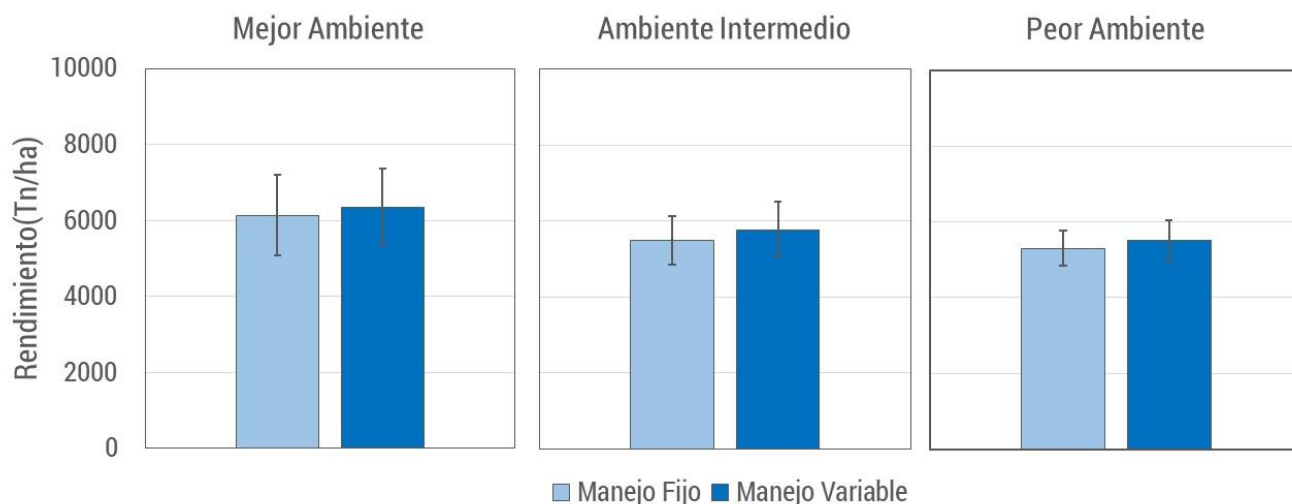


Gráfico 17. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.

Con el objetivo de realizar la comparación de rendimientos a mayor escala, se analizó el rendimiento de las franjas adyacentes a la franja de manejo fijo. En esta comparación, si bien se mantuvo la tendencia de mayores rendimientos cuando se realiza manejo variable, la magnitud de las diferencias fue menor que la observada en cada tipo de ambiente por separado (Gráfico 18 y Tabla 6).

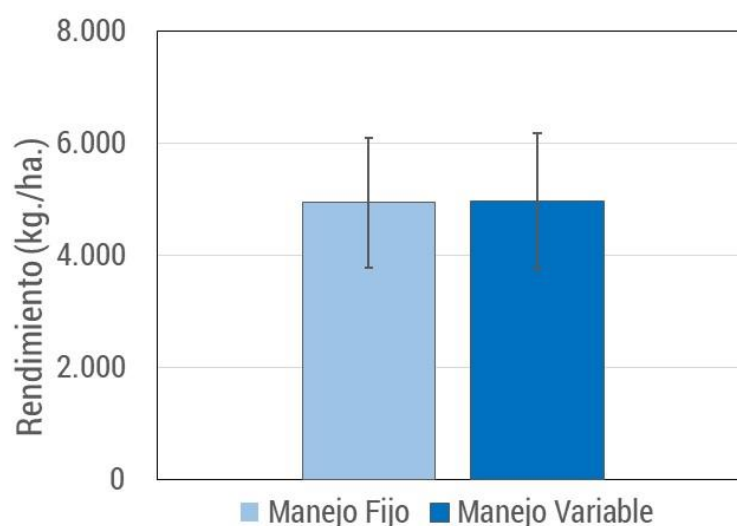


Gráfico 18. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos discriminados por tipo de manejo. Comparación de franjas con manejo fijo y variable cruzando ambientes.

El manejo variable generó ahorro de semillas, fertilizantes y una diferencia mínima de rendimiento (**+34 kg./ha.**). Esto reportó un beneficio económico marginal de 14 U\$S por hectárea (Tabla 6). Las menores diferencias entre manejos respecto a lo observado para cada tipo de ambiente podrían atribuirse a que, a lo largo de la franja, o a nivel de lote, podría haber condiciones particulares que no fueron exploradas en los ensayos de manejo fijo.

Tabla 6. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Valor
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	5,1
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	5,2
Nitrógeno Manejo Variable (kg./ha.)	73
Nitrógeno Manejo Fijo del productor (kg./ha.)	75
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	4.969
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	4.935
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+34
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+8
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,1
Precio Nitrógeno (USD/kg. N)	1,3
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-2
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-6
Ingreso - costo marginal (USD/ha.)	+14

4.1.8 Norte de Buenos Aires – Maíz temprano

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San Antonio de Areco (pcia. de Buenos Aires). Se realizó una ambientación integrando el mapa de conductividad eléctrica de 0 a 30 cm. de profundidad, y mapas de rendimiento histórico, que permitió identificar zonas de mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se generó una prescripción de densidad variable, utilizando desde un mínimo de 4,5 semillas/m² en los peores ambientes hasta un máximo de 8,5 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo de 4,5, 6, 7,5 (**Manejo de referencia del productor**) y 8,5 semillas/m² (Gráfico 19).

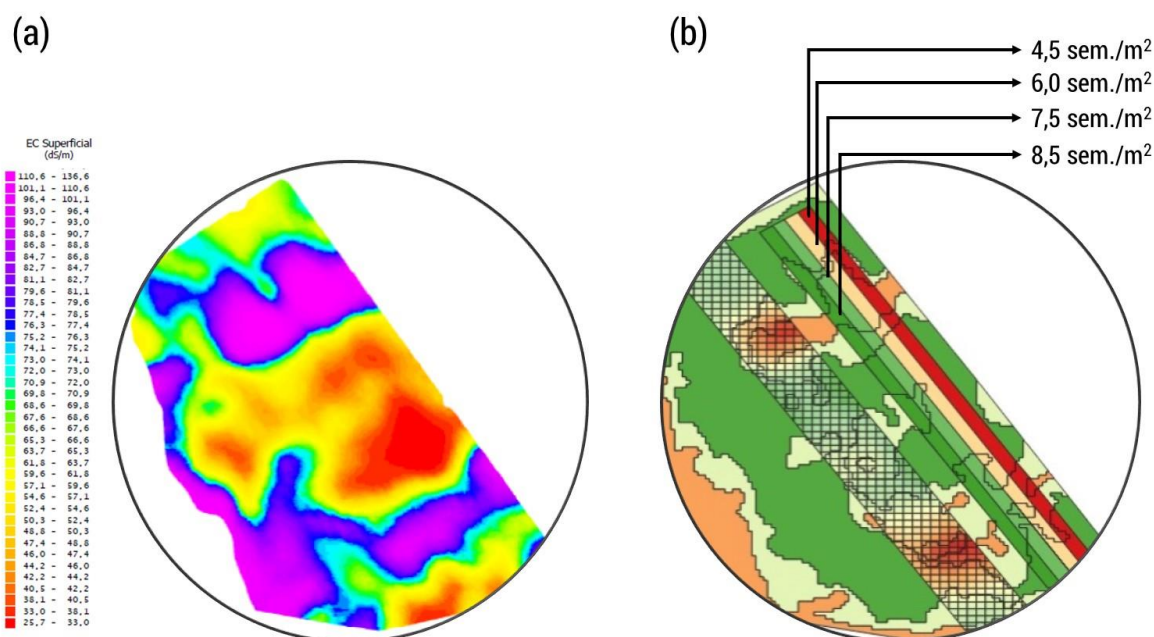


Gráfico 19. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 21/22. Variables consideradas para ambientar y prescripción. (a) Mapa de Conductividad eléctrica (0 a 30 cm.). (b) Prescripción de densidad de siembra.

Se comparó el rendimiento promedio en la zona de manejo variable adyacente a las franjas de manejo fijo, con el rendimiento logrado en la franja con el manejo fijo representativo del manejo del productor (7,5 semillas/m²). El rendimiento logrado con manejo variable superó al logrado con manejo fijo en **+762 kg./ha.** (Gráfico 20, Tabla 7). No se observaron diferencias marcadas de rendimiento entre los distintos niveles de densidad utilizados en las franjas de manejo fijo.

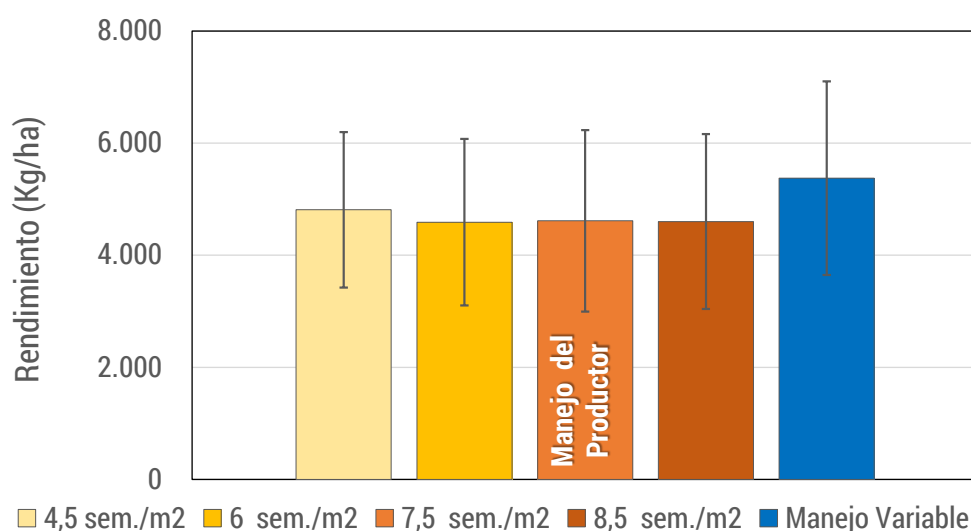


Gráfico 20. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintas densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/m²).

En términos económicos, considerando la diferencia de rendimiento y el ahorro en semillas, el manejo variable logró un beneficio económico marginal de 210 U\$S/ha. (Tabla 7).

Tabla 7. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m2)	6,4
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m2)	7,5
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	5.376
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	4.614
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+762
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+175
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m²)	-1,1
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-35
Ingreso - costo marginal (USD/ha.)	210

4.1.9 NOA – Maíz

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Las Cejas, provincia de Tucumán. Se realizó una ambientación que integro la conductividad eléctrica superficial y subsuperficial, la concentración de fósforo, zinc y boro, el porcentaje de materia orgánica y mapas de rendimiento histórico, que permitió identificar zonas del lote con mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad de siembra variable, utilizando desde un mínimo de 5 semillas/m² en los peores ambientes hasta un máximo de 6 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron parcelas de manejo fijo de 4, 5, 6 (**Manejo de**

referencia del productor) y 7 semillas/m², que se cruzaron por 3 niveles de Nitrógeno agregado: 0, 100 (Manejo de referencia del productor) y 200 kg./ha. (Gráfico 21).

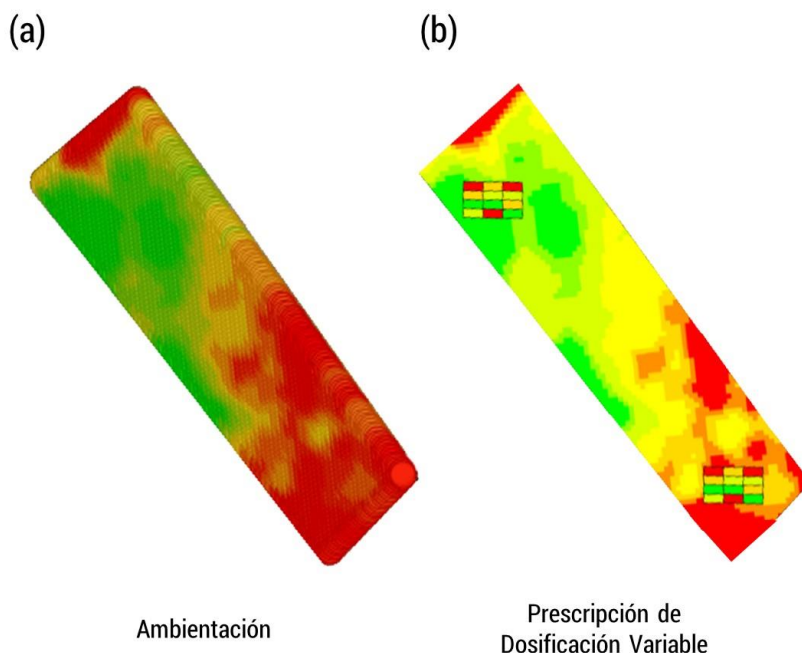


Gráfico 21. Módulo NOA. Campaña 21/22. Ambientación y prescripción. (a) Ambientación y (b) Prescripción de densidad de siembra.

En cada ambiente se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable con el rendimiento logrado en las parcelas con el manejo fijo que representaban el manejo realizado por el productor. A su vez, para cada tipo de manejo (variable y fijo) los rendimientos obtenidos en cada ambiente se ponderaron por la superficie ocupada por cada uno de esos ambientes y se estimaron rendimientos a escala de lote. El rendimiento logrado con manejo fijo fue superior al logrado con manejo variable en **744 kg./ha.** (Gráfico 22, Tabla 8).

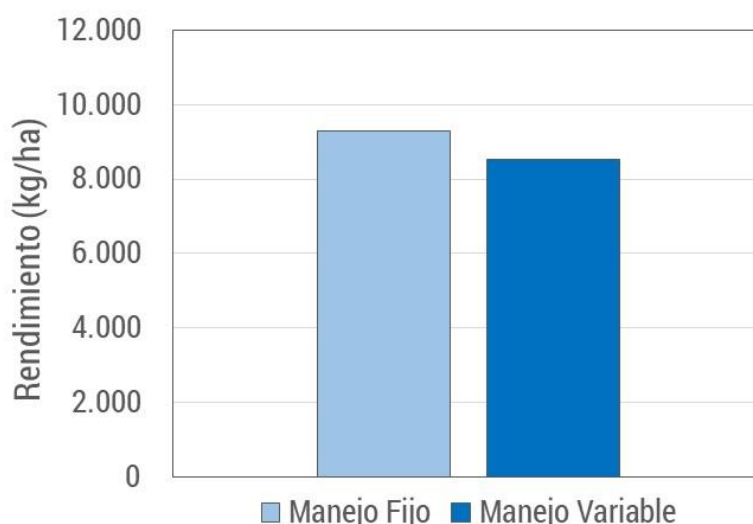


Gráfico 22. Módulo NOA. Campaña 21/22. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos discriminados por tipo de manejo.

Considerando la diferencia de rendimiento y el ahorro en semillas, el manejo variable no reportó un beneficio económico (Tabla 8).

Tabla 8. Módulo NOA - Campaña 21/22. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	5,6
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	6,0
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	8.537
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	9.281
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	-744
Precio de venta del maíz (USD/Tn.)	230
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	-171
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	250
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,4
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-13
Ingreso - costo marginal (USD/ha.)	-158

4.2 Resultados campaña 2022/2023

4.2.1 Mar y Sierras – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San Cayetano (pcia. de Buenos Aires). Se realizó una ambientación integrando los mapas de conductividad eléctrica, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y porcentaje de arena de 0 a 20 cm. de profundidad con mapas de rendimiento históricos. Se identificaron zonas de mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad variable, utilizando un mínimo de 2,5 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 5,5 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron cuadrículas de manejo fijo de 2,5, 3,5, 4,5 (Manejo de referencia del productor) y 5,5 semillas/m² en 2 zonas con distinta calidad de ambiente (Grafico 23).

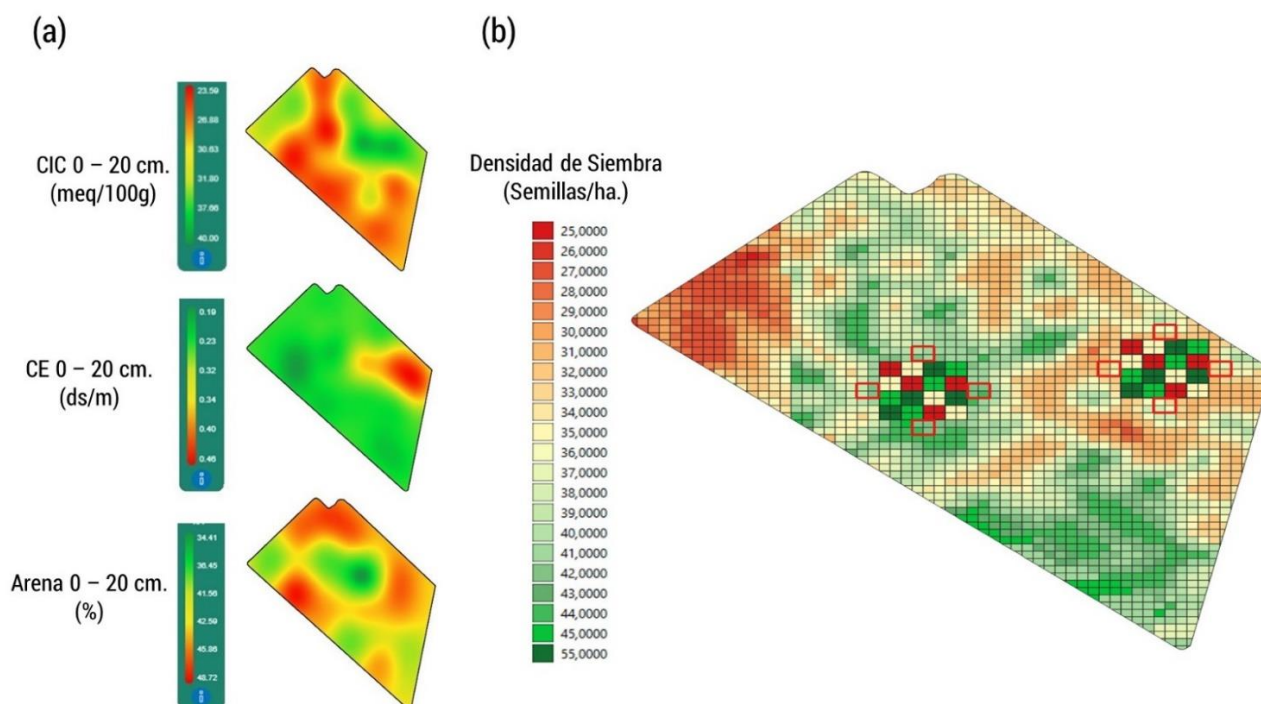


Gráfico 23. Módulo Mar y Sierras. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambiental y prescripción. (a) Mapas de Capacidad de Intercambio Catiónico (0 a 20 cm.), Conductividad eléctrica (0 a 20 cm.) y Porcentaje de Arena (0 a 20 cm.). (b) Prescripción de densidad de siembra.

En cada ambiente se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en la zona analizada con el nivel de manejo fijo que representaba el manejo del productor. La comparación se realizó en zonas lindantes, donde se exploraron condiciones ambientales similares. En todos los ambientes el rendimiento logrado con manejo variable fue apenas inferior al rendimiento logrado con manejo fijo; **186 kg./ha. y 170 kg./ha.** menor, respectivamente (Gráfico 24, Tabla 9).

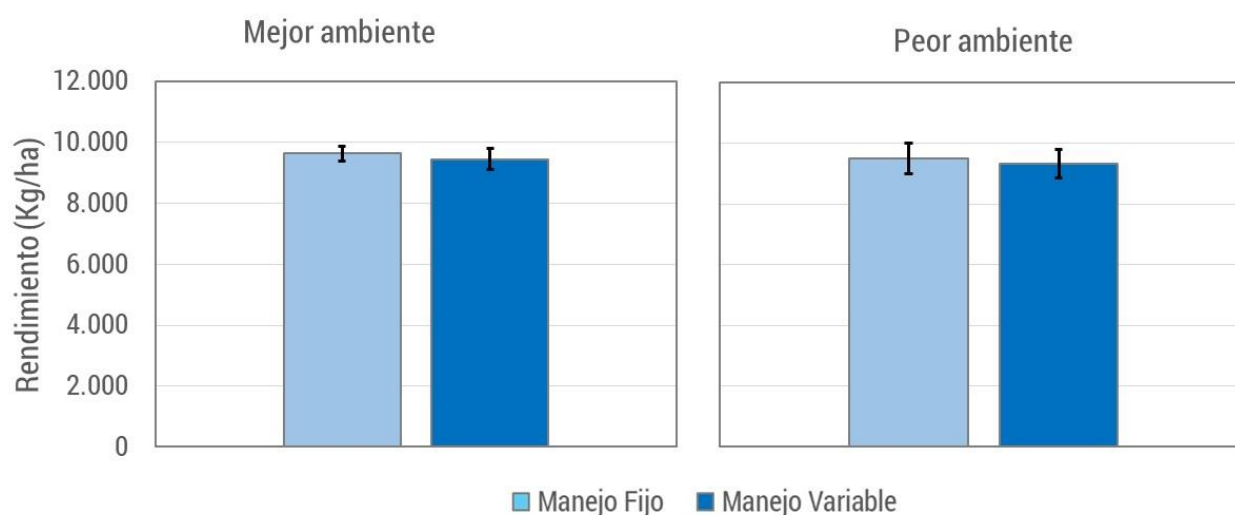


Gráfico 24. Módulo Mar y Sierras - Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, considerando la diferencia en el costo de las semillas, el manejo variable tuvo un resultado similar (-3 USD/ha.) que el manejo fijo en los ambientes de menor calidad, y peor resultado en los mejores ambientes (Tabla 9).

Tabla 9. Módulo Mar y Sierras - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad Manejo Variable -MV- (sem./m ²)	4,2	3,3
Densidad Manejo Fijo del productor -MF- (sem./m ²)	4,5	4,5
Rendimiento Manejo Variable (kg./ha.)	9.453	9.323
Rendimiento Manejo Fijo (kg./ha.)	9.639	9.493
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	-186	-170
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	-38	-35
Precio bolsa x 80 mil sem. (USD/bolsa)	215	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,3	-1,2
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-8	-32
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	-30	-3

En este caso, la ventaja de la adopción de manejo variable para las condiciones exploradas dependerá de la relación de precios insumo/producto.

En las condiciones analizadas, el rendimiento logrado fue máximo con la densidad de 4,5 semillas/m² en los mejores ambientes, y con la densidad de 3,5 semillas/m² en los ambientes de menor calidad (Gráfico 25).

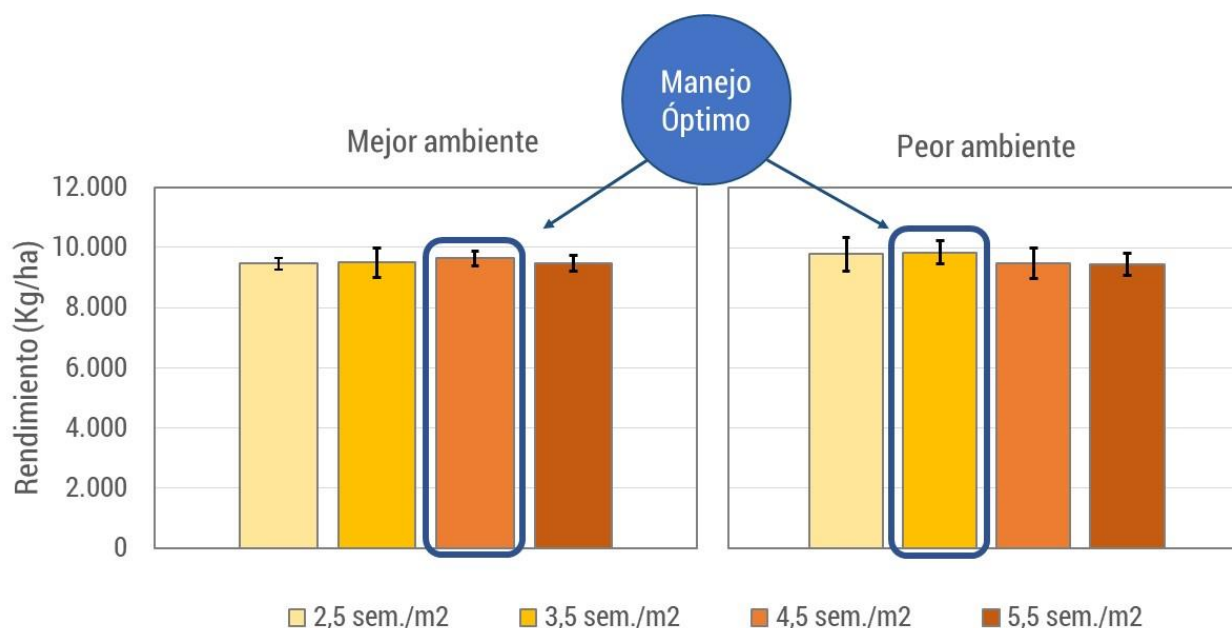


Gráfico 25. Módulo Mar y Sierras. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con diferentes densidades de siembra fijas (en semillas/m²) discriminados por tipos de ambientes.

4.2.2 Sudoeste – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Coronel Suárez (sudoeste de la pcia. de Buenos Aires). Se realizó una ambientación integrando el mapa la conductividad eléctrica con características texturales del lote (Gráfico 26a) Se identificaron zonas de mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad variable, utilizando un mínimo de 3 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 6 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron cuadrículas de manejo fijo de 3, 4, 5 (Manejo de referencia del productor) y 6 semillas/m² en 2 zonas de distinto potencial ambiental. En esas cuadrículas, se incorporaron tres niveles de fertilización con nitrógeno (32, 55 y 74 kg. de N/ha.) cruzados con los 4 niveles de densidad, mientras que el lote fue manejado con un nivel de nitrógeno fijo (Gráfico 26b).

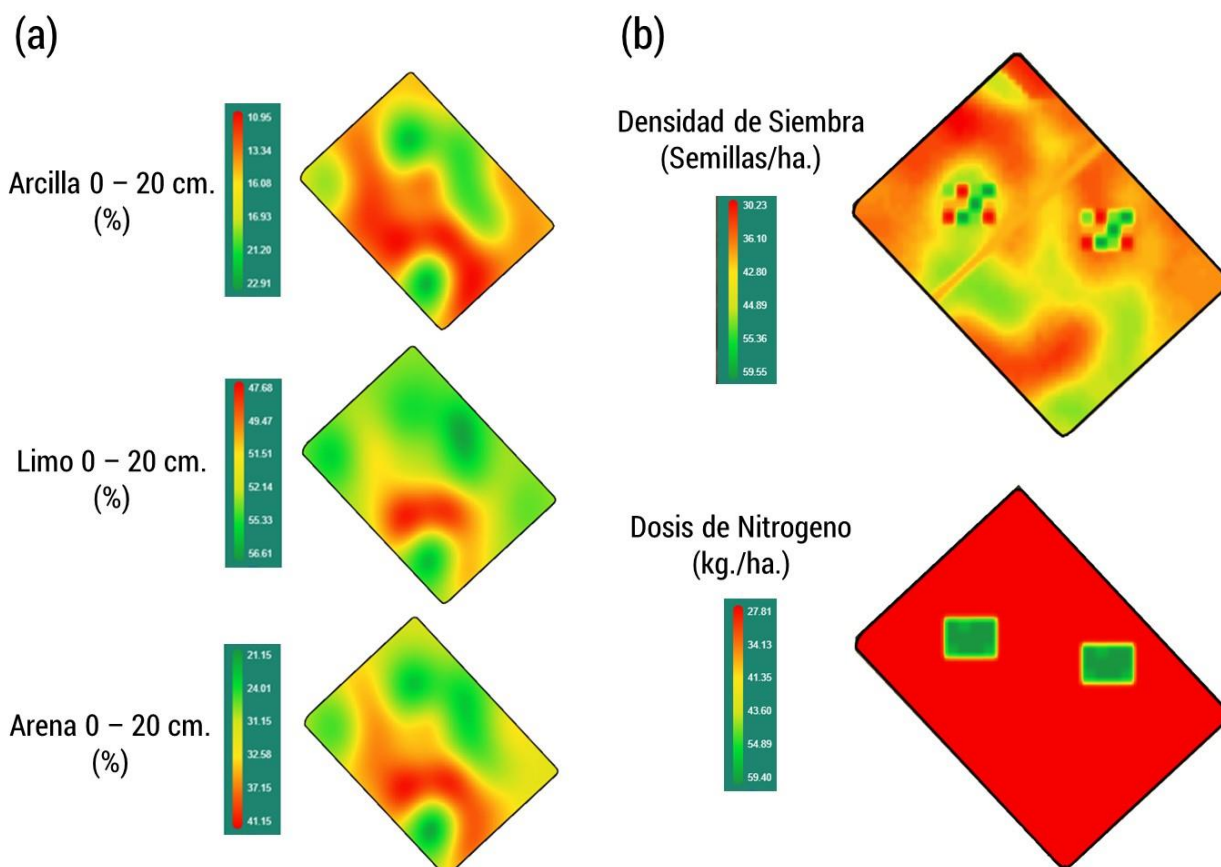


Gráfico 26. Módulo Sudoeste. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. (a) Mapas de Porcentaje de arcilla, limo y arena (0 a 20 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno.

Para analizar la contribución del manejo variable, se comparó el rendimiento logrado con una franja de manejo fijo en la que se sembraron 4 pl./m² y se aplicaron 61 kg. de N/ha., con el rendimiento logrado en la zona de manejo variable adyacentes a esa franja. El nivel de rendimiento logrado en la zona de manejo variable fue **190 kg./ha.** superior al rendimiento logrado en la zona de manejo fijo. No obstante, vale la pena aclarar que las dosis de insumos (semilla y fertilizantes) utilizadas en la franja fueron similares a las utilizadas en las franjas de manejo fijo.

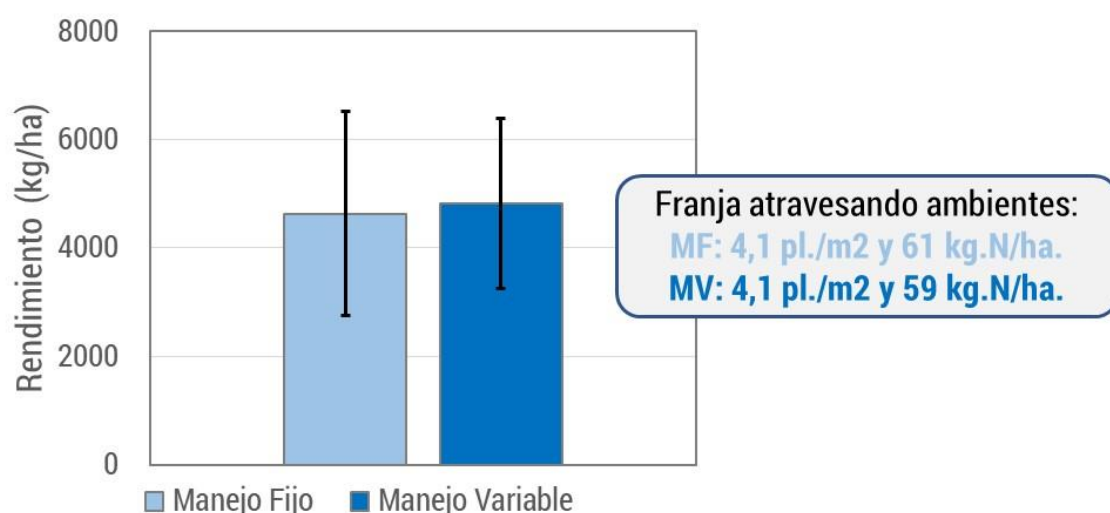


Gráfico 27. Módulo Sudoeste. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos.

En términos económicos, tanto por el ahorro de insumos (semilla) como por un mayor rendimiento del cultivo, la tecnología de dosificación variable de insumos generó mejor resultado (Tabla 10).

Tabla 10. Módulo Sudoeste - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem./m ²)	4,1
Densidad MF productor (sem./m ²)	4,1
N MV (kg./ha.)	59
N MF productor (kg./ha.)	61
Rendimiento MV (kg./ha.)	4.826
Rendimiento MF (kg./ha.)	4.636
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+190
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+39
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	0,0
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-2
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-3
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+42

La productividad lograda en los mejores ambientes fue superior a la lograda en los ambientes de peor calidad, lo cual refleja la consistencia de la ambientación realizada. Dentro de las alternativas exploradas, y para las condiciones del año, tanto en ambientes buenos como en ambientes de peor calidad, el rendimiento logrado fue máximo con la densidad de 3 semillas/m² y 55 kg. de N/ha. agregado (Gráfico 28).

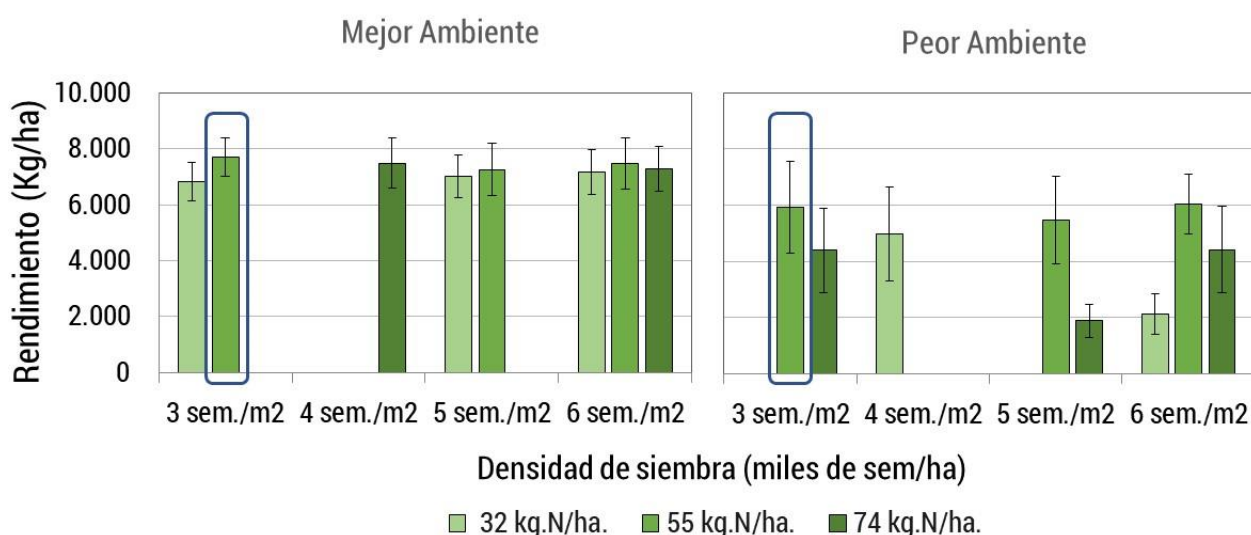


Gráfico 28. Módulo Sudoeste. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con diferentes combinaciones de densidades de siembra fijas (en semillas/m²) y niveles de Nitrógeno agregado (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.2.3 Oeste – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Berutti (pcia. de Buenos Aires). La conductividad eléctrica y el contenido de arena de 0 a 20 cm. de profundidad fueron las variables que marcaron mayores diferencias ambientales, permitiendo identificar zonas de mayor y menor productividad potencial. La ambientación también integró mapas de rendimiento de años anteriores. Se realizó una prescripción de densidad de siembra variable, utilizando un mínimo de 4 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 7 semillas/m² en los mejores ambientes. El nitrógeno también se manejó con dosis variable, con mínimos de 50 kg. de N/ha. y máximos de 150 kg. de N/ha. Adicionalmente, dentro de ambientes de alta y baja productividad potencial se realizaron cuadrículas de manejo fijo con 5, 6, 7 y 8 semillas/m² y 50 y 150 kg. de N/ha. (Gráfico 29).

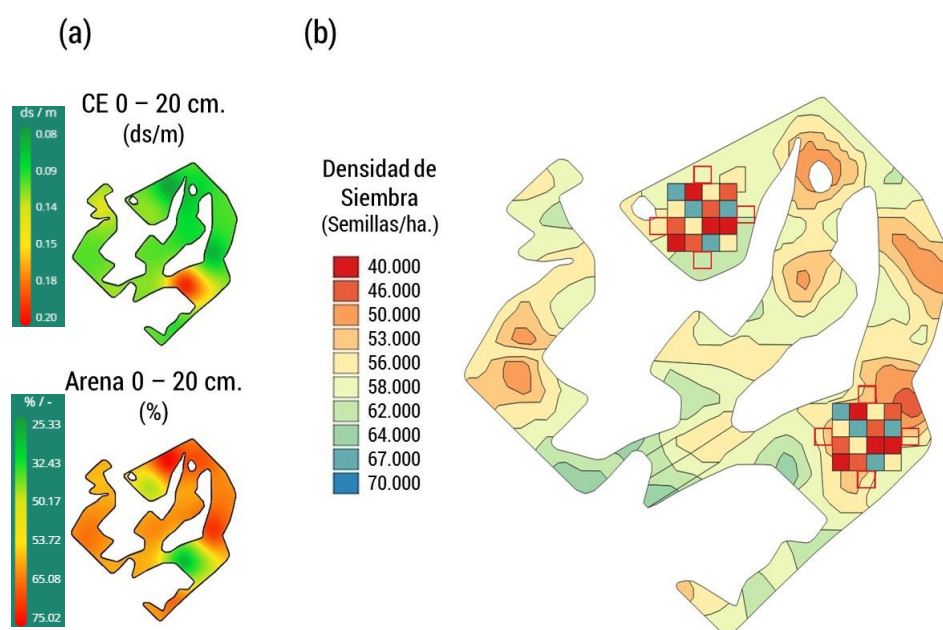


Gráfico 29. Módulo Oeste. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripción. (a) Mapas de Conductividad eléctrica (0 a 20 cm.) y porcentaje de arena (0 a 20 cm.). (b) Prescripción de densidad de siembra.

En cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en el sector del ensayo con manejo fijo que representaba el manejo que hubiera hecho el productor (los cuadros vacíos en el gráfico 29 indican la zona de manejo variable lindante a los tratamientos de manejo fijo, utilizados como referencia para la comparación MF vs MV). El rendimiento logrado con manejo variable fue inferior al logrado con manejo fijo en los ambientes de mayor productividad, y superior en los ambientes de menor productividad. En términos económicos, considerando la diferencia en el costo de semillas, el manejo variable generó un peor resultado en los mejores ambientes y un mejor resultado en los ambientes de peor calidad (Tabla 11).

Tabla 11. Módulo Oeste - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad MV (sem./m ²)	6,0	5,4
Densidad MF productor (sem./m ²)	5,6	5,6
N MV (kg./ha.)	105	90
N MF productor (kg./ha.)	150	150
Rendimiento MV (kg./ha.)	3.601	8.248
Rendimiento MF (kg./ha.)	5.050	3.782
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	-1.449	+4.466
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	-297	+916
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+0,4	-0,2
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-45	-60
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-57	-95
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	-240	1011

En las condiciones analizadas, los mayores rendimientos se obtuvieron con una densidad de 4 semillas/m² y 150 kg. de N/ha. en el mejor ambiente, y de 5,6 semillas/m² y 150 kg. de N/ha. en el peor ambiente (Gráfico 30).

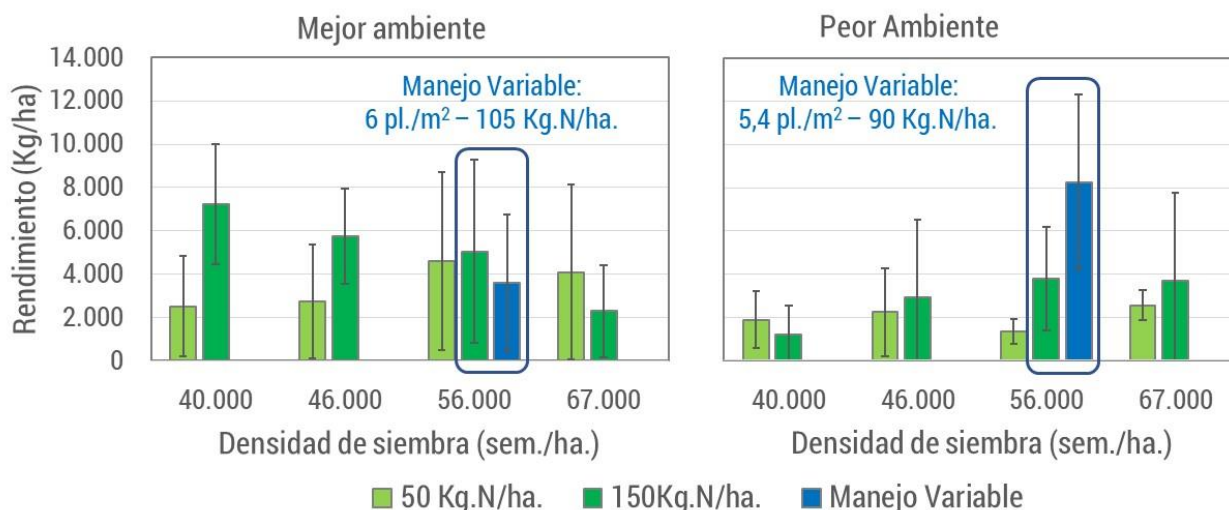


Gráfico 30. Módulo Oeste. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/m²) con niveles de Nitrógeno agregado (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

Nota: Es importante aclarar que, en este módulo, más allá de los valores medios, la variabilidad de rendimientos fue muy elevada. Dicha variabilidad se debió en buena parte a las condiciones de sequía extrema que se exploraron durante la campaña y que tuvo mayor impacto en algunos sectores del lote. Es esperable que en condiciones normales o de sequía moderada, los resultados sean diferentes. Los valores medios obtenidos en este módulo pueden no representar de manera adecuada la productividad de cada tipo de ambiente. Por lo tanto, estos resultados no deberían ser concluyentes.

4.2.4 Oeste Arenoso – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Catriló (pcia. de La Pampa). El contenido de arena y la conductividad eléctrica de 0 a 20 cm. de profundidad fueron las variables de mayor peso al momento de ambientar el lote. No obstante, la ambientación también integró mapas de rendimiento de años anteriores. Se realizó una prescripción de densidad de siembra y Nitrógeno, utilizando un mínimo de 3,5 semillas/m² y 35 kg. de N/ha. en los peores ambientes y un máximo de 6,5 semillas/m² y 40 kg. de N/ha. en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron ensayos de manejo fijo de densidad de siembra y Nitrógeno en cuadrículas distribuidas en zonas del lote con mayor y menor productividad presunta (Gráfico 31).

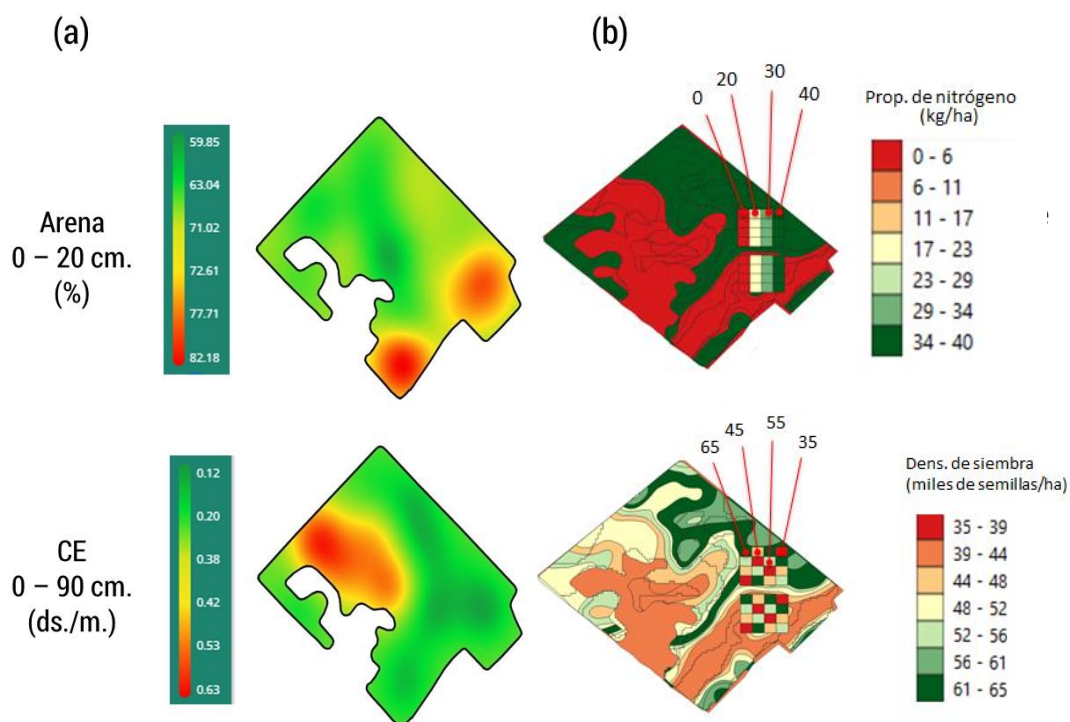


Gráfico 31. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambiental y prescripciones. (a) Mapas de porcentaje de arena (0 a 20 cm.) y Conductividad eléctrica (0 a 20 cm.). (b) Prescripción de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno.

Dentro de cada ambiente, se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable con el rendimiento logrado en el sector de manejo fijo representativo del manejo del productor. El rendimiento logrado con manejo variable fue, en los ambientes de mayor productividad, **1.653 kg./ha.** más alto que el logrado con manejo fijo, y **339 kg./ha.** inferior en los ambientes de menor calidad. En cuanto a la identificación de óptimos de manejo, la combinación de 6,5 semillas/m² con dosis de 20 kg. N/ha. fue el tratamiento de mayor rendimiento, tanto en los mejores como en los peores ambientes (Gráfico 32).

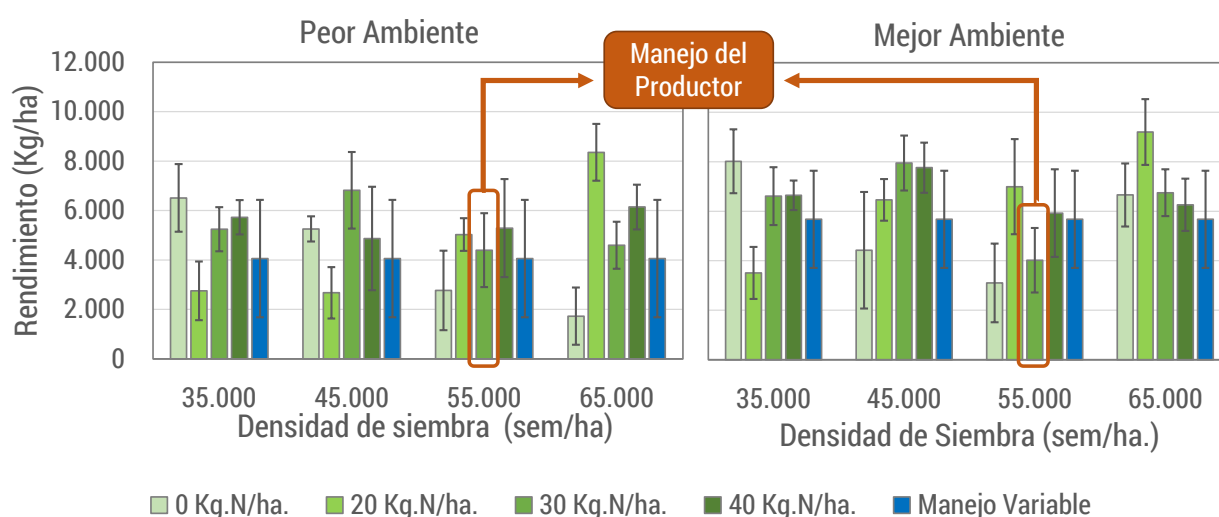


Gráfico 32. Módulo Oeste Arenoso. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/m²) con niveles de Nitrógeno agregado (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, considerando la diferencia en el costo de semillas y Nitrógeno, y la diferencia de rendimiento lograda, el manejo variable logró un mejor resultado en ambientes de mayor productividad, mientras que el manejo fijo tuvo mejor resultado en los ambientes de peor calidad (Tabla 12). A nivel de lote, si consideramos el diferencial de rendimiento obtenido con manejo variable en los ambientes más productivos, y la proporción de este tipo de ambiente (55% de la superficie), el manejo variable tuvo mejor respuesta económica. Simplificando:

Resultado a nivel de lote = Resultado en mejores ambientes (+357 USD/ha.) x proporción ambiente (55%) + Resultado en peores ambientes (-41 USD/ha.) x proporción ambiente (45%) = 179 USD/ha.
--

Tabla 12. Módulo Oeste Arenoso - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad MV (sem./m ²)	5,1	4,9
Densidad MF productor (sem./m ²)	5,5	5,5
N MV (kg./ha.)	25	22
N MF productor (kg./ha.)	30	30
Rendimiento MV (kg./ha.)	5.673	4.057
Rendimiento MF (kg./ha.)	4.020	4.396
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+1.653	-339
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+339	-69
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,4	-0,6
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-5	-8
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-18	-28
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+357	-41

4.2.5 Norte de Buenos Aires – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San Antonio de Areco (pcia. de Buenos Aires). La conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad fue la variable que mejor permitió segregar las zonas de mayor y menor productividad potencial. La ambientación se realizó integrando mapas de rendimiento de años anteriores y el mapa de conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad. Luego se generó una prescripción de densidad de siembra variable, utilizando un mínimo de 3,5 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 7 semillas/m² en los mejores ambientes. Adicionalmente, se realizaron franjas de manejo fijo de densidad de siembra atravesando ambientes con 3,5; 5,5 y 7 semillas/m² (Gráfico 33).

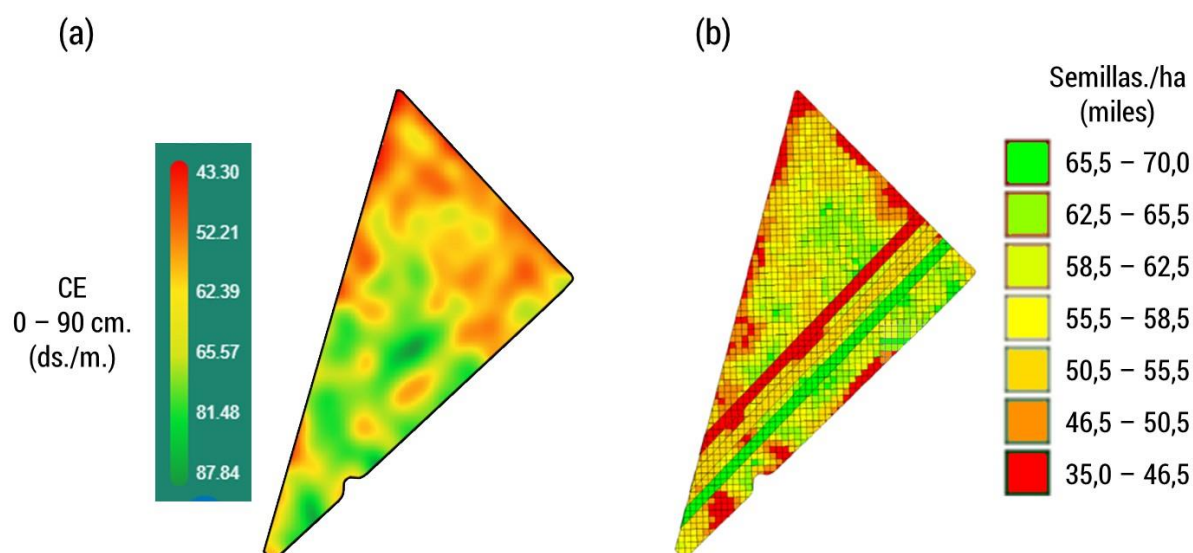


Gráfico 33. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambiental y prescripción. (a) Mapa de Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.). (b) Prescripción de densidad de siembra.

Se comparó el rendimiento promedio obtenido en la zona de manejo variable lindante con las franjas de manejo fijo, con el rendimiento logrado en la franja de manejo fijo representativo del manejo del productor (5,5 semillas/m²). El rendimiento logrado con manejo variable superó por **248 kg./ha.** al logrado con manejo fijo. En cuanto al planteo óptimo, durante la campaña se exploró una condición de sequía extrema que generó fuerte variabilidad en los resultados, y una respuesta negativa a la densidad, por lo que el mayor rendimiento se logró con 3,5 semillas/m², la menor densidad explorada en el módulo (Gráfico 34).

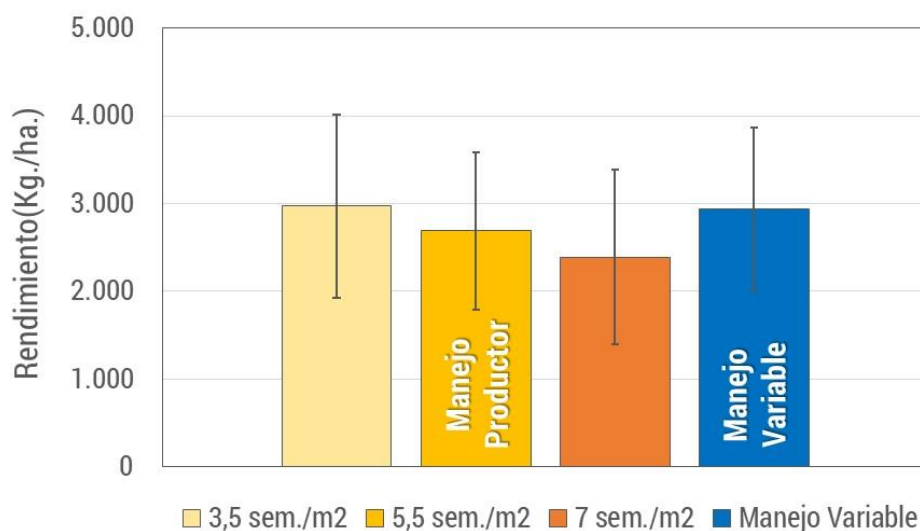


Gráfico 34. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con diferentes densidades de siembra fijas y manejo variable.

En términos económicos, considerando las diferencias de rendimiento y el costo de las semillas, el manejo variable permitió obtener un mejor resultado (Tabla 13).

Tabla 13. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem./m ²)	5,6
Densidad MF productor (sem./m ²)	5,5
Rendimiento MV (kg./ha.)	2.935
Rendimiento MF (kg./ha.)	2.687
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+248
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+51
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+0,1
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-3
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+48

4.2.6 Centro – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Río Cuarto, en el sudoeste de la pcia. de Córdoba. Las variables que mostraron mayor variabilidad fueron la altimetría y la conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad. Utilizando estas variables y mapas históricos de rendimiento, se identificaron zonas de mayor y menor productividad potencial. Se elaboró una prescripción de manejo variable de densidad de siembra y Nitrógeno. Se dosificó un mínimo de 5 semillas/m² en los peores ambientes y un máximo de 8 semillas/m² en los mejores ambientes, mientras que la dosis de Nitrógeno varió desde los 70 kg./ha. en las zonas de menor productividad hasta los 150 kg./ha. en las zonas de mayor potencial productivo. Adicionalmente, se realizaron ensayos con dosificaciones fijas en 2 ambientes contrastantes (bajo y alto potencial). Se ensayaron 4 niveles de disponibilidad de Nitrógeno (70, 125, 150 y 180 kg. N/ha.) y 4 niveles de densidad de siembra (5, 6, 7 y 8 semillas/m²) para identificar el manejo óptimo en la campaña (Gráfico 35).

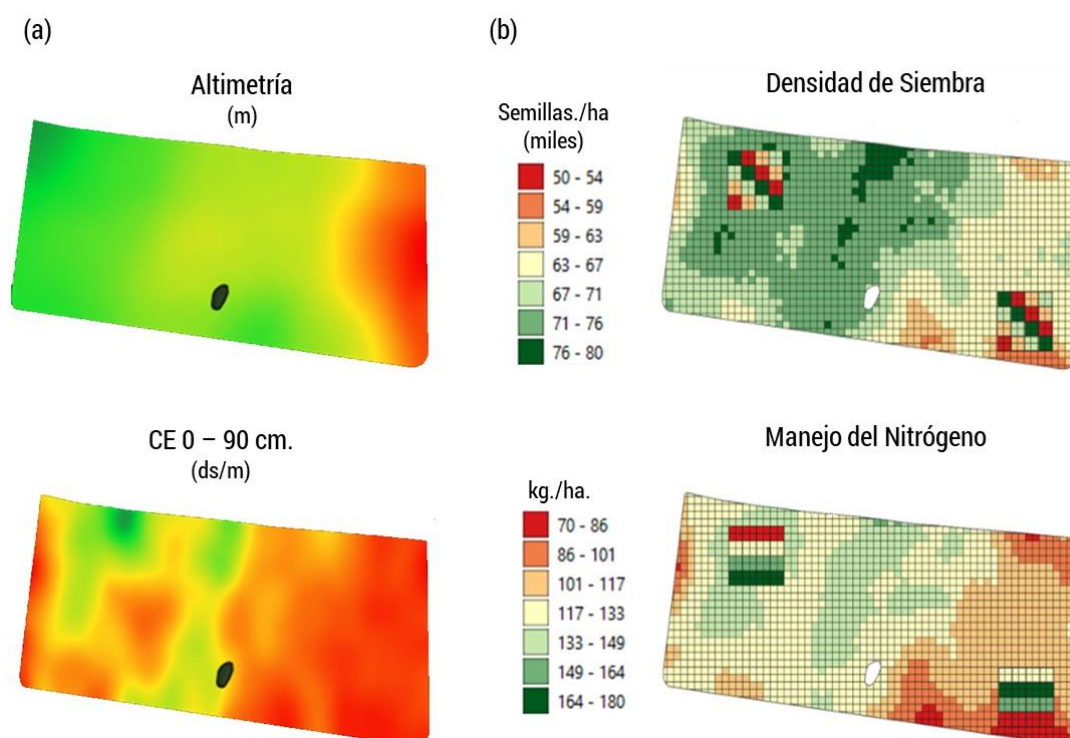


Gráfico 35. Módulo Centro. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambiental y prescripción. (a) Mapas de altimetría y Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno.

En cada ambiente se comparó el rendimiento promedio obtenido en varios polígonos de la zona de manejo variable, con el rendimiento logrado en la parcela de manejo fijo donde se dosificaron 125 kg. N/ha. y 6 semillas/m², que representó el manejo realizado por el productor (Gráfico 36).

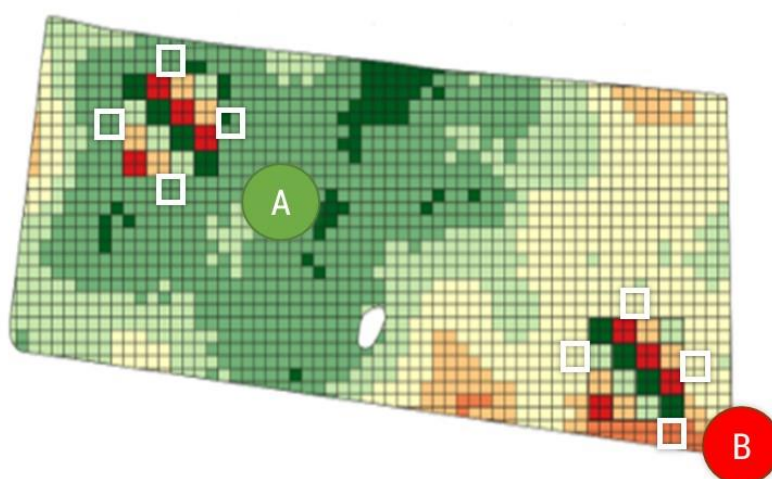


Gráfico 36. Ubicación de los ensayos de manejo fijo. Los cuadros vacíos (marcados en blanco) indican la ubicación de las zonas de manejo variable utilizadas para realizar la comparación contra el manejo fijo que realiza productor. A = Mejor ambiente y B= Peor Ambiente

En los mejores ambientes el rendimiento logrado con manejo variable superó por **414 kg./ha.** al logrado con manejo fijo, mientras que fue **395 kg./ha.** inferior en los peores ambientes (Gráfico 37).

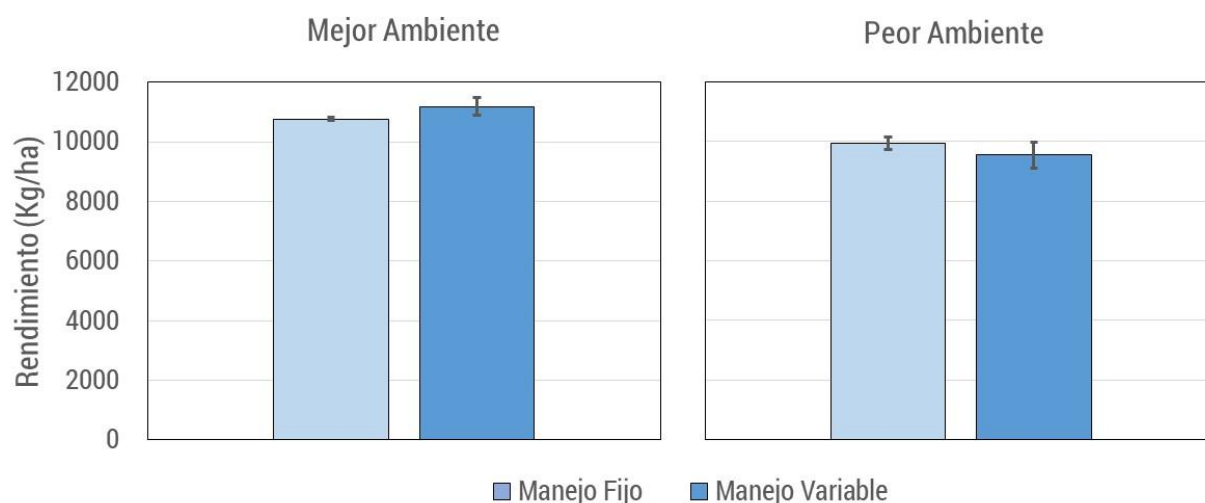


Gráfico 37. Módulo Centro. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.

En términos económicos, considerando la diferencia de rendimiento y los costos de las semillas y el Nitrógeno, el manejo variable logró un mejor resultado económico que el manejo fijo en los mejores ambientes, pero peor en los ambientes de menor potencial productivo (Tabla 14).

Tabla 14. Módulo Centro - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Peores ambientes
Densidad MV (sem./m ²)	7,4	6,3
Densidad MF productor (sem./m ²)	6,0	6,0
N MV (kg./ha.)	137	99
N MF productor (kg./ha.)	125	125
Rendimiento MV (kg./ha.)	11.184	9.544
Rendimiento MF (kg./ha.)	10.770	9.939
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+414	-395
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+85	-81
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+1,4	+0,3
Precio histórico N (USD/kg N)	1,5	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	+12	-26
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+56	-31
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+29	-50

A partir de los ensayos por ambiente, se identificaron óptimos de manejo de 8 semillas/m² y 180 kg. de N/ha. en los mejores ambientes, y 7 semillas/m² y 125 kg. de N/ha. en los peores ambientes (Gráfico 38).

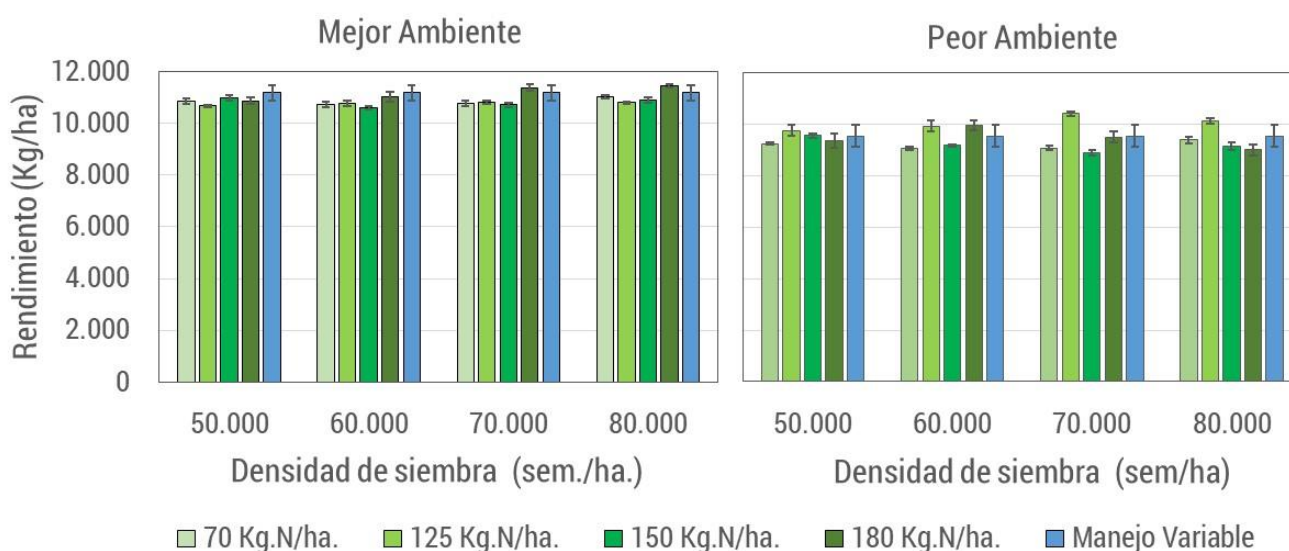


Gráfico 38. Módulo Centro. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/ha.) con niveles de Nitrógeno disponible (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.2.7 NOA – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Burruyacú, en el noreste de la pcia. de Tucumán. Las variables que permitieron caracterizar diferencias ambientales, permitiendo identificar zonas de mayor y menor productividad potencial, fueron la conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad y la altimetría del lote. La ambientación se realizó integrando mapas de rendimiento de años anteriores a las variables previamente mencionadas (Gráfico 39).

En la prescripción de densidad de siembra variable se utilizó una densidad de siembra mínima de 4,5 semillas/m² para los peores ambientes y una densidad de siembra máxima de 7,5 semillas/m² para los mejores ambientes. La prescripción de dosificación de Nitrógeno utilizó dosis urea que fueron desde 0 kg./ha. en los peores ambientes hasta 300 kg./ha. en los mejores. Adicionalmente, se instalaron franjas de manejo fijo con densidades de siembra de 5,5 y 6,5 semillas/m² y una dosis de urea de 300 kg./ha., atravesando los ambientes del lote. También se instalaron ensayos de manejo fijo en cuadrículas (2 por ambiente), con 4 niveles de densidad (4,5, 5,5, 6,5 y 7,5 semillas/m²) y 4 niveles de nitrógeno (0, 100, 200 y 300 kg. de urea/ha.) para encontrar el manejo óptimo por ambiente. Para cuantificar la contribución de la tecnología de dosificación variable de insumos, se comparó el rendimiento obtenido en la parcela de manejo fijo representativa del manejo del productor, con el rendimiento obtenido en la zona de las franjas adyacentes a los ensayos dentro de la zona de manejo variable (Gráfico 39).

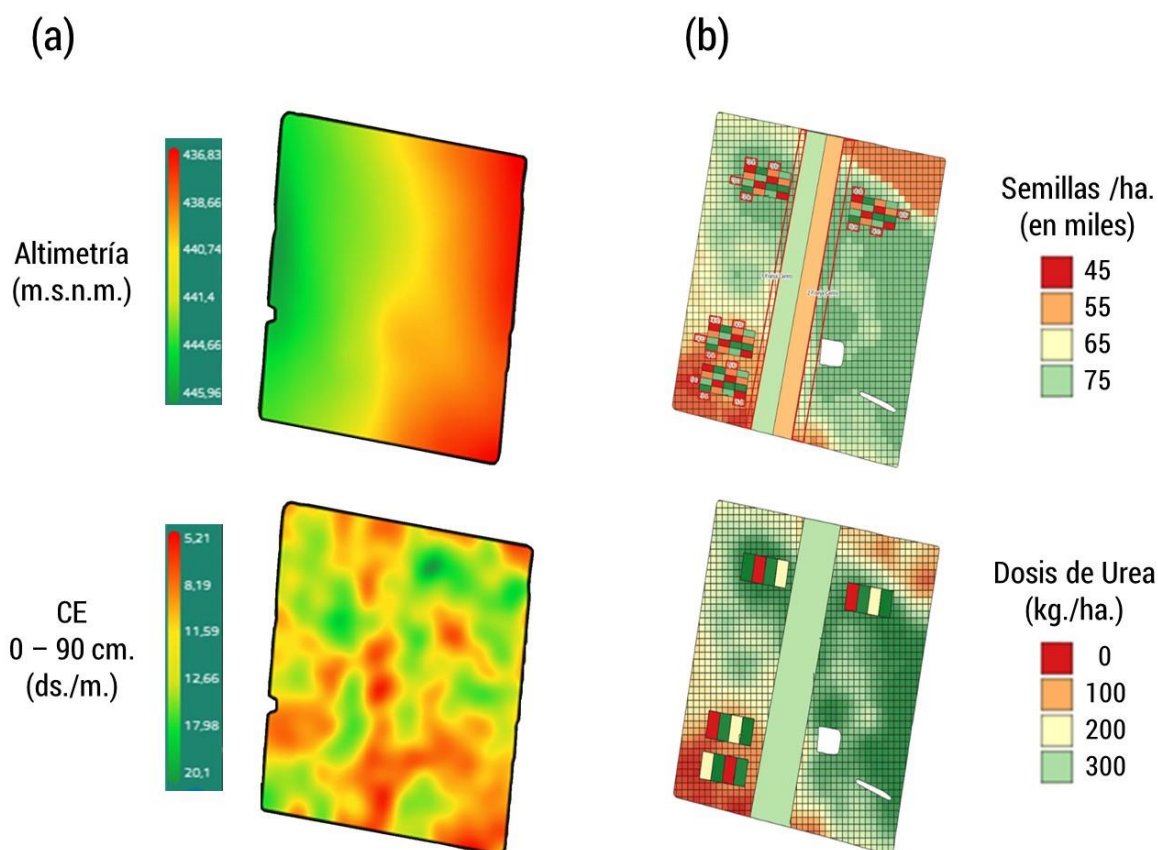


Gráfico 39. Módulo NOA. Campaña 22/23. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. (a) Mapas de Altimetría y Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de urea. En líneas rojas se indican las franjas adyacentes a las franjas de manejo fijo para realizar las cuantificaciones de rendimiento en la zona de dosificación variable.

El rendimiento logrado con manejo variable generó un rendimiento **402 kg./ha.** mayor que el rendimiento alcanzado con el manejo fijo del productor (5,6 semillas/m² y 100 kg. de urea/ha.).

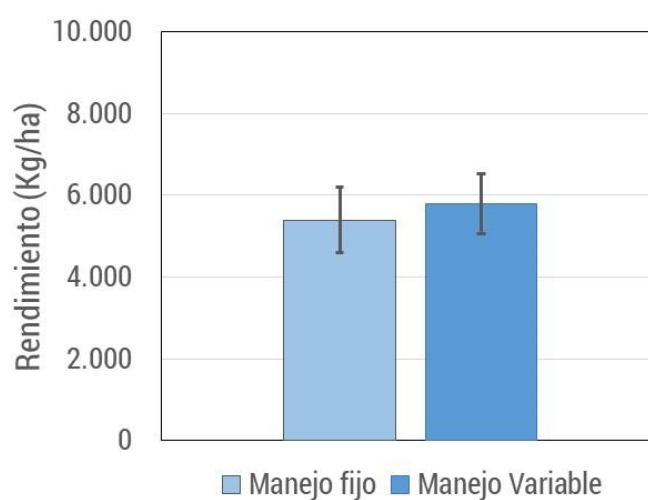


Gráfico 40. Módulo NOA. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos.

Si bien el manejo variable determino que se utilizara una mayor cantidad total de insumos, reportó un beneficio económico marginal de 64 USD por hectárea (Tabla 15).

Tabla 15. Módulo NOA - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem./m ²)	6,1
Densidad MF productor (sem./m ²)	5,6
N MV (kg./ha.)	49
N MF productor (kg./ha.)	46
Rendimiento MV (kg./ha.)	5.802
Rendimiento MF (kg./ha.)	5.400
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+402
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+82
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	+0,5
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	+3
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	+18
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+64

En cuando a la identificación de óptimos de manejo para cada ambiente, tanto en ambientes de alta como de baja productividad, el nivel de 100 kg. de N/ha. fue el que permitió optimizar el rendimiento. Sin embargo, los valores de densidad para llegar al rendimiento optimo difirió entre ambientes, siendo de 5,5 semillas/m² para el mejor ambiente y 6,5 semillas/m² para el ambiente de peor calidad (Gráfico 41).

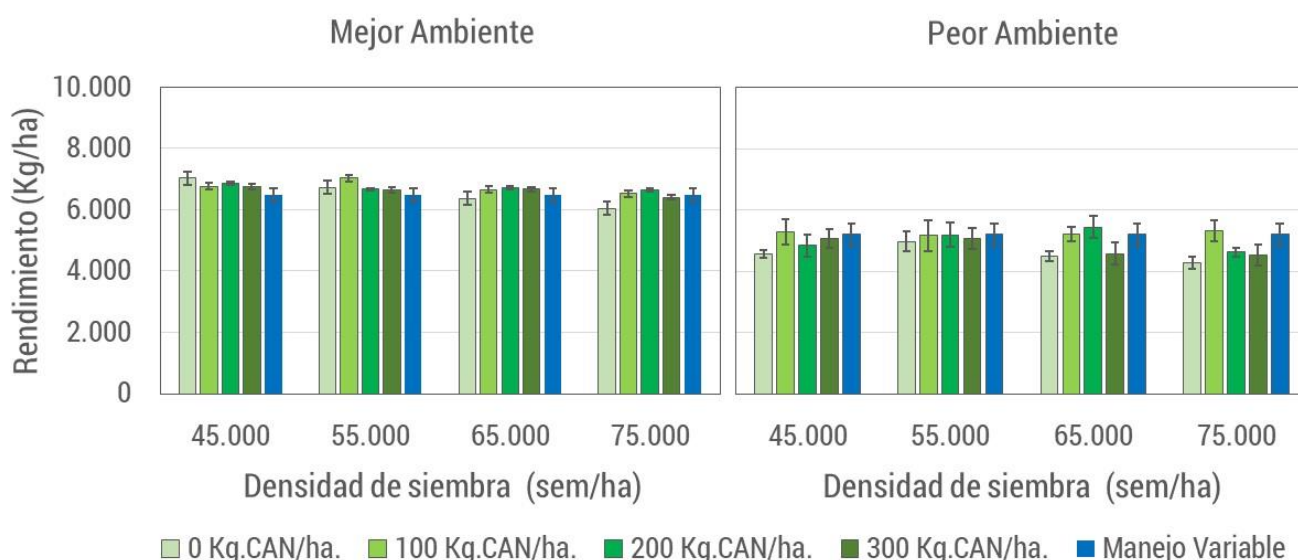


Gráfico 41. Módulo NOA. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/ha.) con dosis de CAN (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.2.8 Córdoba Norte – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Lozada, en el norte de la pcia. de Córdoba. Las variables que sirvieron para caracterizar los ambientes, permitiendo identificar las zonas de mayor y menor productividad potencial, fueron la conductividad eléctrica de 0 a 30 cm. de profundidad, la altimetría y los rendimientos históricos de los distintos sectores del lote. A partir de la ambientación realizada, se elaboró una prescripción de densidad de siembra y dosis de nitrógeno variable. Se utilizó una densidad mínima de 4 semillas/m² para los peores ambientes y una densidad máxima de 8,5 semillas/m² para los mejores ambientes. La prescripción de dosificación de nitrógeno variable utilizó dosis de fertilizante (CAN) que fueron desde 0 kg./ha. en los peores ambientes hasta 450 kg./ha. en los mejores. Adicionalmente, en ambientes de productividad baja, media y alta se instalaron cuadrículas de manejo fijo con densidades de siembra de 4, 5,5, 7 y 8,5 semillas/m² y dosis de CAN de 0, 150, 300 y 450 kg./ha. (Gráfico 42).

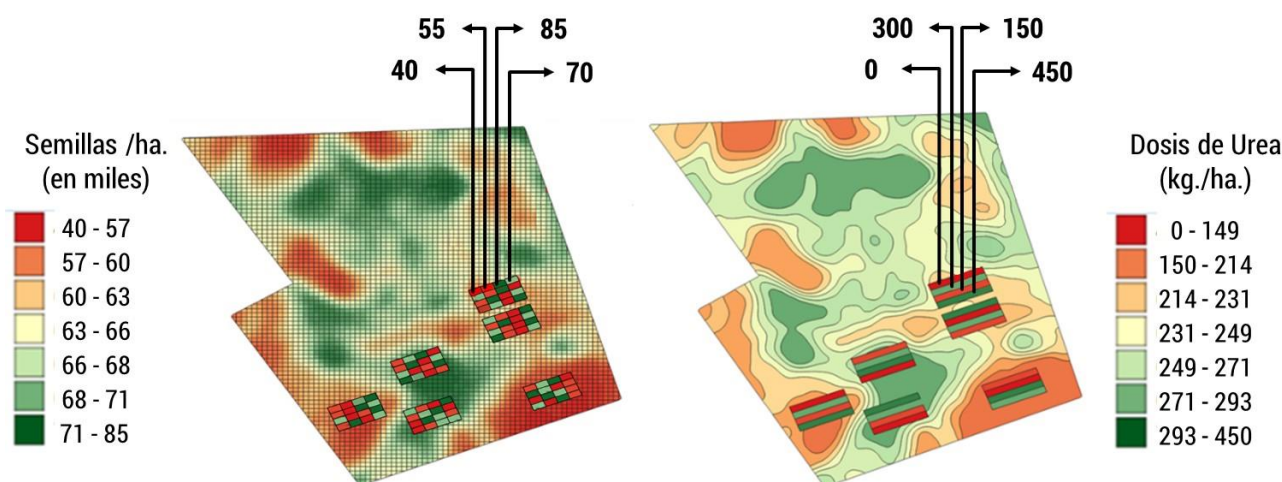


Gráfico 42. Módulo Córdoba Norte. Campaña 22/23. Prescripciones. Prescripciones de densidad de siembra y dosis de urea.

Para cuantificar la contribución de la tecnología de dosificación variable de insumos, en cada uno de los tres tipos de ambiente, se comparó el rendimiento obtenido en sectores con dosificación variable adyacentes a las cuadrículas de manejo fijo, con el rendimiento obtenido en el tratamiento representativo del manejo del productor (300 kg. de CAN = 81 kg. N/ha. y 7 semillas/m²).

En los mejores ambientes y en ambientes intermedios los rendimientos logrados con manejo variable fueron **662 kg./ha. y 100 kg./ha.** menores que los rendimientos logrados con el manejo fijo del productor, respectivamente. En los ambientes de menor calidad, el rendimiento logrado con manejo variable fue **560 kg./ha.** mayor que el que se obtuvo con manejo fijo (Gráfico 43).

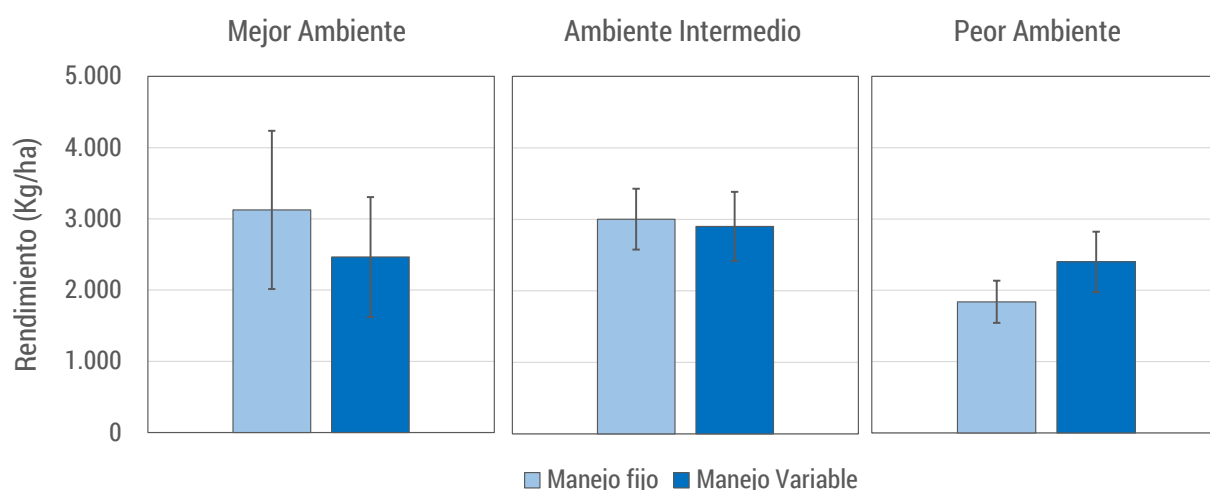


Gráfico 43. Módulo Córdoba Norte. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos discriminados por tipo de ambiente.

En los mejores ambientes el manejo fijo generó un mejor resultado económico que el manejo variable. En ambientes de calidad intermedia y baja calidad, el mejor resultado económico se logró con la tecnología de dosificación variable. En los ambientes de calidad intermedia el resultado se explica por los ahorros de insumos que generó el uso de los sistemas de dosificación variable. Mientras que, en ambientes de baja calidad, se explica por la reducción en el uso de insumos y los incrementos de rendimiento obtenidos con el manejo variable (Tabla 16). Es importante aclarar que el módulo estuvo expuesto a una fuerte sequía, que afectó fuertemente los niveles de productividad, por lo que los resultados generados en este caso no deberían considerarse concluyentes.

Tabla 16. Módulo Córdoba Norte - Campaña 22/23. Resultado económico marginal del manejo variable discriminado por tipo de ambiente.

	Mejores ambientes	Ambiente intermedio	Peores ambientes
Densidad MV (sem./m ²)	7,0	6,1	5,5
Densidad MF productor (sem./m ²)	7,0	7,0	7,0
N MV (kg./ha.)	80	61	56
N MF productor (kg./ha.)	81	81	81
Rendimiento MV (kg./ha.)	2.464	2.902	2.398
Rendimiento MF (kg./ha.)	3.126	3.002	1.838
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	-662	-100	560
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205	205	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	-136	-21	115
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215	215	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	0,0	-0,9	-1,5
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5	1,5	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-1	-20	-25
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-2	-54	-78
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	-134	+34	+193

En cuanto a la identificación de óptimos de manejo, en todos los ambientes el mayor rendimiento se logró con la densidad de siembra más baja, probablemente asociado a los muy bajos niveles de productividad explorados. En cuanto al manejo del Nitrógeno, en el mejor ambiente el máximo rendimiento se logró con 300 kg./ha. de CAN (81 kg. de N/ha.), mientras que, en los ambientes de calidad intermedia o baja, el mayor rendimiento se obtuvo en los tratamientos sin Nitrógeno agregado (Gráfico 44). El agregado de Nitrógeno en las condiciones exploradas en la campaña podría haber generado el mayor consumo de recursos muy escasos, como el agua, durante las etapas iniciales del cultivo, impactando de forma negativa sobre su rendimiento (Gráfico 44).

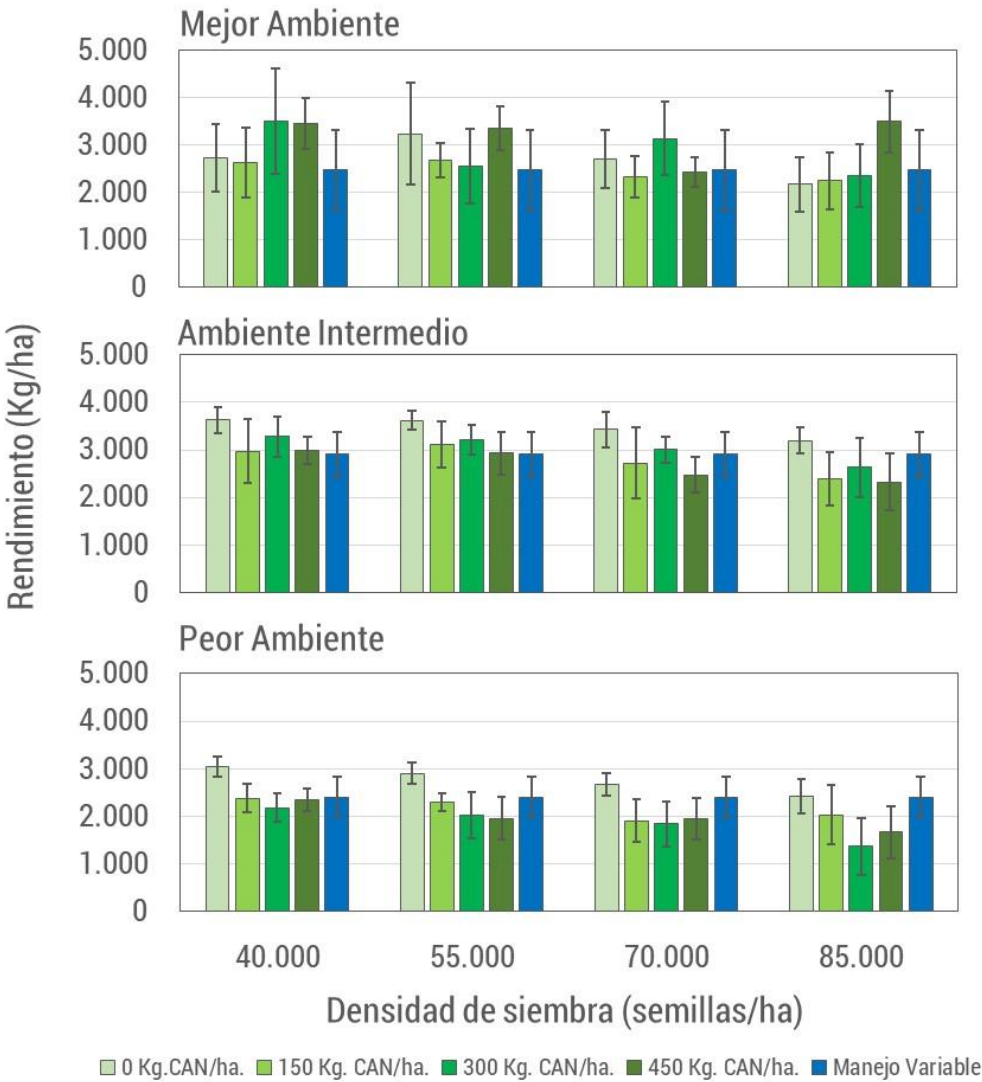


Gráfico 44. Módulo Córdoba Norte. Campaña 22/23. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas y manejo variable (en semillas/ha.) con dosis de CAN (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.3 Resultados campaña 2023/2024

En la campaña 2023/2024, si bien hubo algunas regiones afectadas por condiciones de sequía, en términos generales, las condiciones climáticas fueron mejores a las que se exploraron durante la campaña 2022/2023.

4.3.1 Norte de Buenos Aires – Maíz temprano

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San Antonio de Areco (pcia. de Buenos Aires). Se realizó una ambientación que permitió segregar zonas de mayor y menor productividad potencial integrando el mapa de conductividad eléctrica de 0 a 90 cm. de profundidad y mapas de rendimiento históricos. En base a esa ambientación, se generó una prescripción de densidad de siembra variable, utilizando desde un mínimo de 4,5 semillas/m² en los peores ambientes hasta un máximo de 9 semillas/m² en los mejores. Se instaló una franja de densidad de siembra con manejo fijo (7 semillas/m²) como referencia del manejo del productor que se utilizó para analizar el impacto de la dosificación variable de semillas. Adicionalmente, con el objetivo de identificar óptimos de manejo para cada ambiente, se instalaron ensayos de manejo fijo en zonas del lote con mayor y menor productividad. Los ensayos se realizaron en cuadrículas y exploraron 4 niveles de nitrógeno (0, 46, 92 y 138 kg. de N/ha.) y densidades de 4,5, 6, 7,5 y 9 semillas/m² (Gráfico 45).

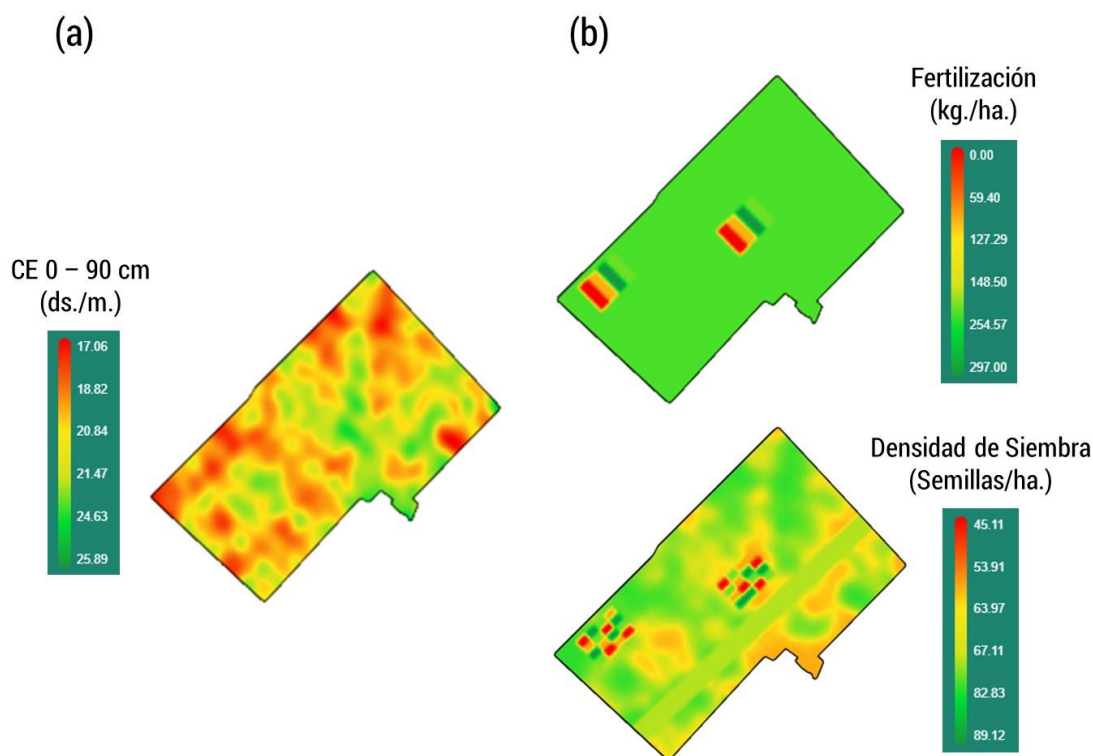


Gráfico 45. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. (a) Mapa de Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y fertilización.

Se comparó el rendimiento promedio en la zona de manejo variable adyacente al ensayo de manejo fijo, con el rendimiento logrado en la parcela con manejo fijo representativa del manejo del productor (7 semillas/m²). El rendimiento logrado con manejo variable fue **70 kg./ha.** superior al logrado con manejo fijo (Gráfico 46).

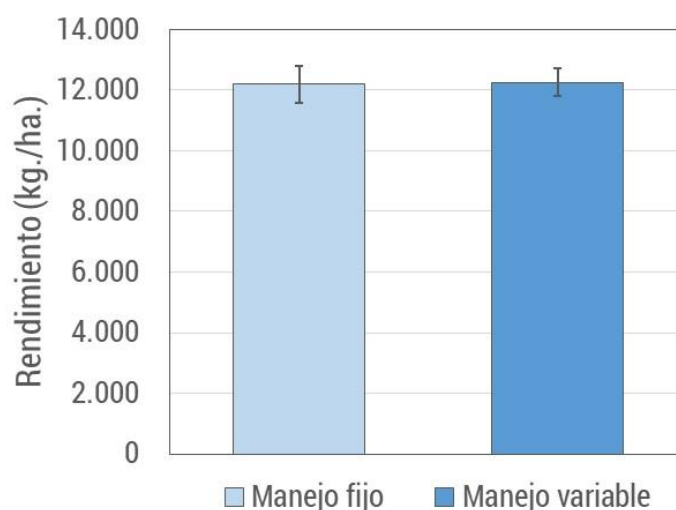


Gráfico 46. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos.

En términos económicos, considerando la diferencia de rendimiento y el ahorro en semillas, el manejo variable logró un beneficio económico marginal de 20 USD/ha. (Tabla 17).

Tabla 17. Módulo Norte de Buenos Aires - Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem/m ²)	6,8
Densidad MF productor(sem/m ²)	7,0
Rendimiento MV (kg./ha.)	12.254
Rendimiento MF (kg./ha.)	12.184
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+70
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+14
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,2
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-5
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+20

En cuanto a la identificación de óptimos de manejo, en base a los resultados obtenidos en los ensayos realizados en cada tipo de ambiente, se observó que, tanto en ambientes de mayor como de menor calidad, los mayores niveles de rendimiento se alcanzaron con 8 semillas/m² y 92 kg. de Nitrógeno agregado con el fertilizante (Gráfico 47). Posiblemente, debido a características del lote y a las condiciones exploradas durante la campaña, la variabilidad de rendimientos fue similar a través de los ambientes explorados.

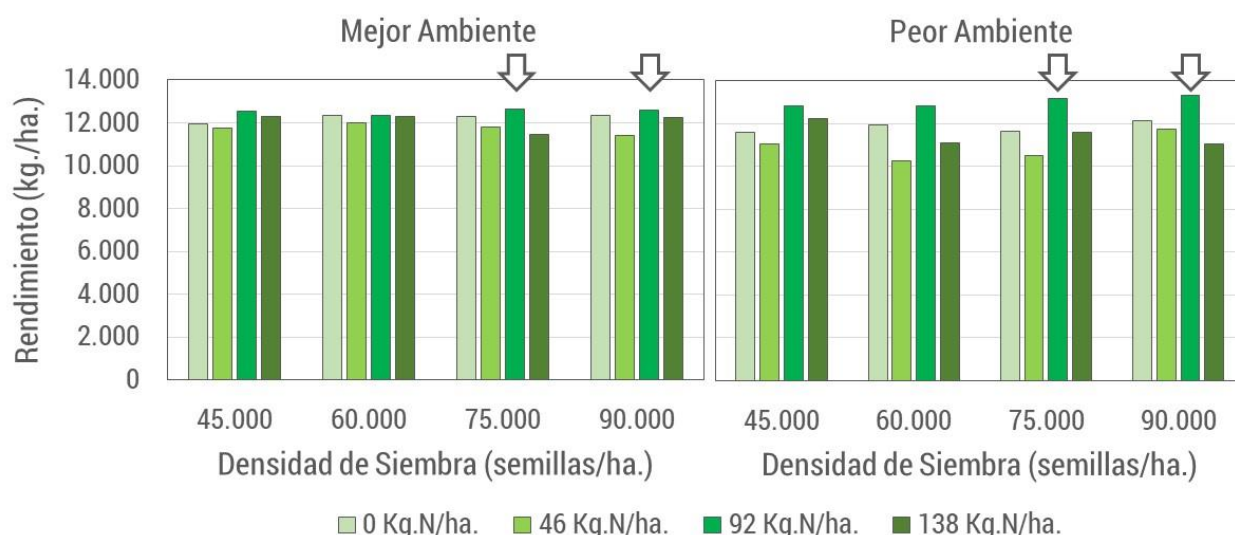


Gráfico 47. Módulo Norte de Buenos Aires. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas (en semillas/ha.) con niveles de Nitrógeno agregado (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.3.2 Centro – Maíz temprano

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Río Cuarto, provincia de Córdoba. Se realizó una ambientación que integro conductividad eléctrica superficial y subsuperficial, altimetría, porcentaje de materia orgánica y mapas de rendimiento histórico. La integración de esas variables permitió identificar zonas del lote con mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno variable. Se utilizaron densidades de siembra desde un mínimo de 5,8 semillas/m² en los peores ambientes hasta un máximo de 8,4 semillas/m² en los mejores ambientes. Los niveles de Nitrógeno variaron entre 150 y 250 kg./ha. de urea (Gráfico 48b). Adicionalmente, se realizaron parcelas de manejo fijo de 4,5, 6, 7,5 y 9 semillas/m², que se cruzaron con 4 niveles de urea: 0, 100, 200 y 350 kg./ha. Como referencia para analizar el efecto de la dosificación variable de semillas y fertilizante, se agregó una franja de manejo fijo con 7,5 semillas/m² y 189 kg./ha. de urea (**manejo del productor**) atravesando los distintos ambientes del lote (Gráfico 48).

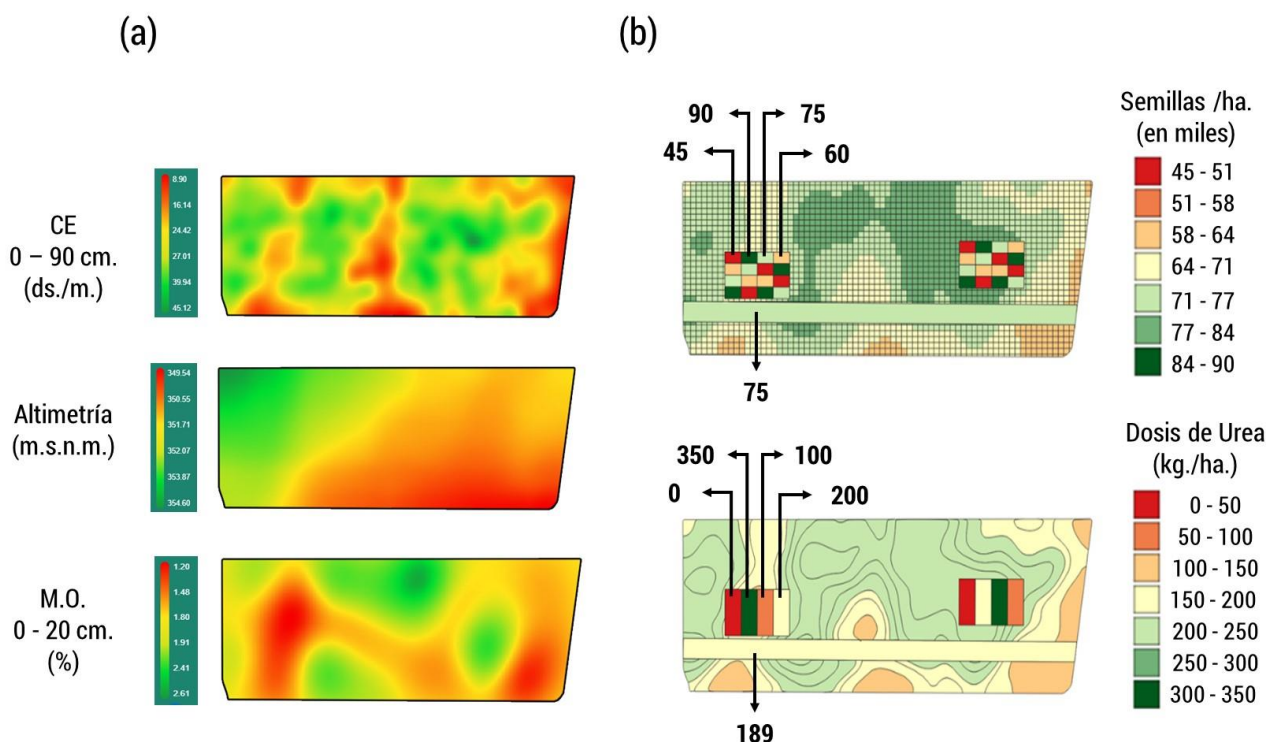


Gráfico 48. Módulo Centro. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambiental y prescripciones. (a) Mapas de Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.), Altimetría y Materia orgánica (0 a 20 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de urea.

Se comparó el rendimiento promedio de la zona de manejo variable lindante a la franja de manejo fijo con el rendimiento logrado en la franja con manejo fijo, representativa del manejo realizado por el productor. El rendimiento logrado con manejo variable fue de 11.973 kg./ha., mientras que el rendimiento logrado con manejo fijo fue de 11.967 kg./ha. (Gráfico 49).

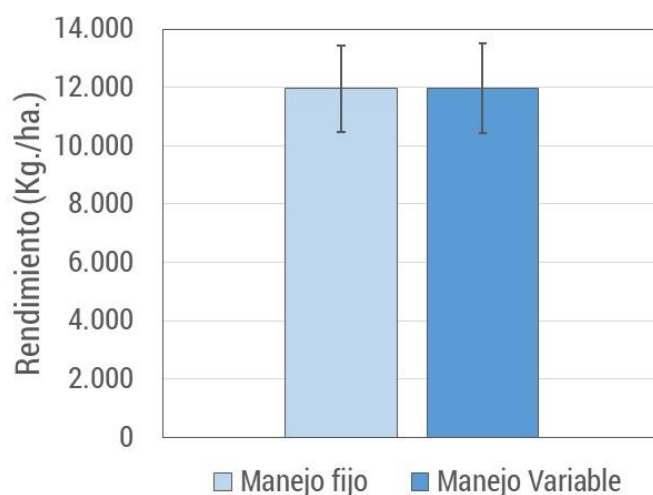


Gráfico 49. Módulo Centro. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos.

Considerando la diferencia de rendimiento y el ahorro en insumos, el manejo variable reportó un beneficio económico de 28 USD/ha. (Tabla 18).

Tabla 18. Módulo Centro. Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem./m ²)	6,9
Densidad MF productor (sem./m ²)	7,5
N MV (kg./ha.)	80
N MF productor (kg./ha.)	87
Rendimiento MV (kg./ha.)	11.973
Rendimiento MF (kg./ha.)	11.967
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+6
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+1
Precio bolsa x 80 mil sem (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,6
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-7
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-27
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+28

En cuanto a la identificación de óptimos de manejo, considerando los resultados obtenidos en los ensayos realizados en cada tipo de ambiente, se observó que, en los mejores ambientes, el rendimiento se maximizó con la mayor densidad y dosis de fertilizante (90 mil semillas/ha. y 350 kg./ha. de urea), mientras que, en los peores ambientes, ocurrió cuando se dosificaron 75 mil semillas/ha. y 200 kg./ha. de urea (Gráfico 50). De manera similar a lo observado en el módulo de la zona Norte de Buenos Aires, y posiblemente a causa de las características del lote y las condiciones exploradas durante la campaña, la variabilidad ambiental fue muy baja, generando niveles de productividad similares en los distintos ambientes.

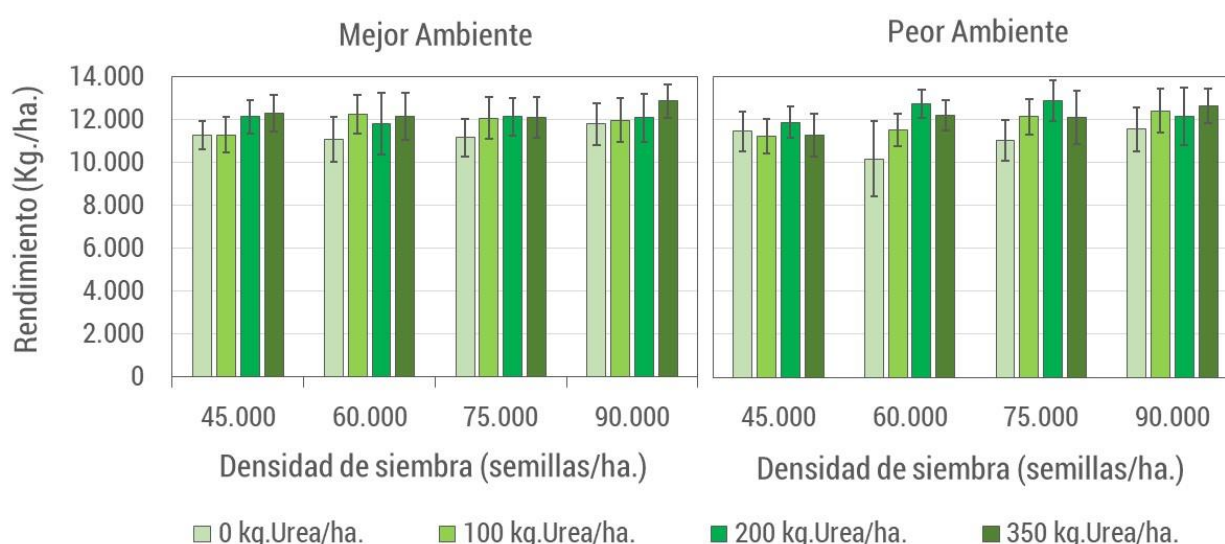


Gráfico 50. Módulo Centro. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas (en semillas/ha.) con dosis de Urea (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.3.3 NOA – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Burruyacú, en el noreste de la provincia de Tucumán. Se realizó una ambientación que integro conductividad eléctrica superficial y subsuperficial, altimetría y mapas de rendimiento históricos. La integración de estas variables permitió identificar zonas del lote con mayor y menor productividad potencial. En este módulo, no se realizó manejo variable de insumos en toda la superficie del lote. Solo instalaron dos ensayos en cuadrículas con parcelas con distintas dosis de densidad y nitrógeno en cada tipo de ambiente. Estos ensayos se utilizaron para caracterizar la variabilidad ambiental del lote e identificar óptimos de manejo en los ambientes de alta y baja productividad potencial (Gráfico 51).

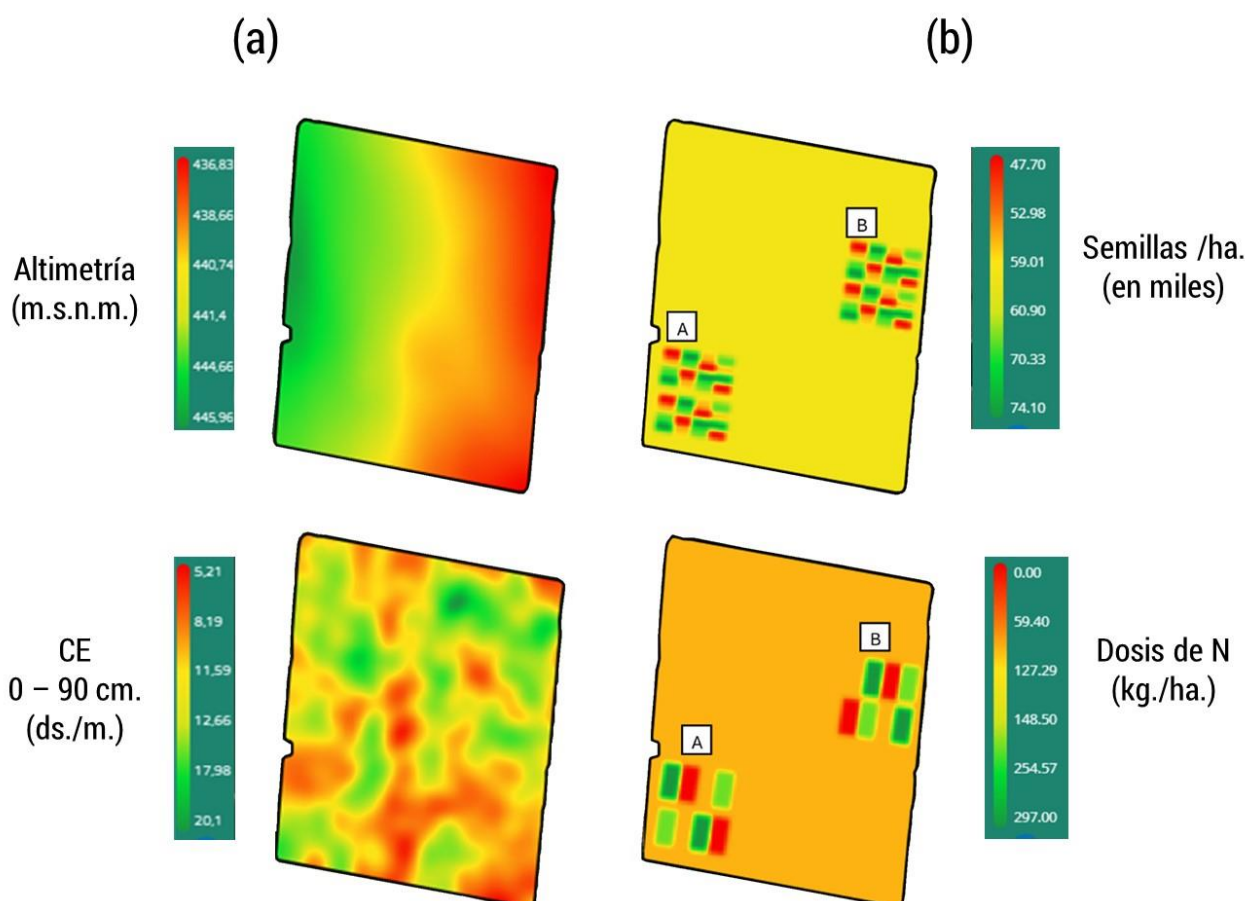


Gráfico 51. Módulo NOA. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. (a) Mapas de altimetría y Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno. Las letras A y B en las prescripciones de siembra y fertilización indican las zonas en las que se ubicaron los ensayos (A = mejores ambientes y B = peores ambientes).

En cada ensayo hubo 16 tratamientos, generados por la combinación de 4 niveles de densidad de siembra (4,5, 5,5, 6,5 y 7,5 semillas/m²) y 4 niveles de nitrógeno agregado con Nitrodoble como fuente de fertilizante (0, 100, 200 y 300 kg./ha. de Nitrodoble). En los dos ambientes, para cada nivel de densidad, se observó una respuesta creciente al agregado de nitrógeno. En todos los casos los mayores rendimientos se observaron con la mayor dosis de Nitrodoble (300 kg./ha.). Dentro de los tratamientos con 300 kg./ha. de Nitrodoble, solo el tratamiento de menor densidad (4,5 semillas/m²) mostró rendimientos menores, mientras que no se observaron diferencias marcadas de rendimiento entre densidades de siembra de 5,5, 6,5 y 7,5 semillas/m². En los dos tipos de ambientes el manejo óptimo se logró con la aplicación de 80 kg. de N/ha. (300 kg./ha. de Nitrodoble) y al menos 5,5 semillas/m².

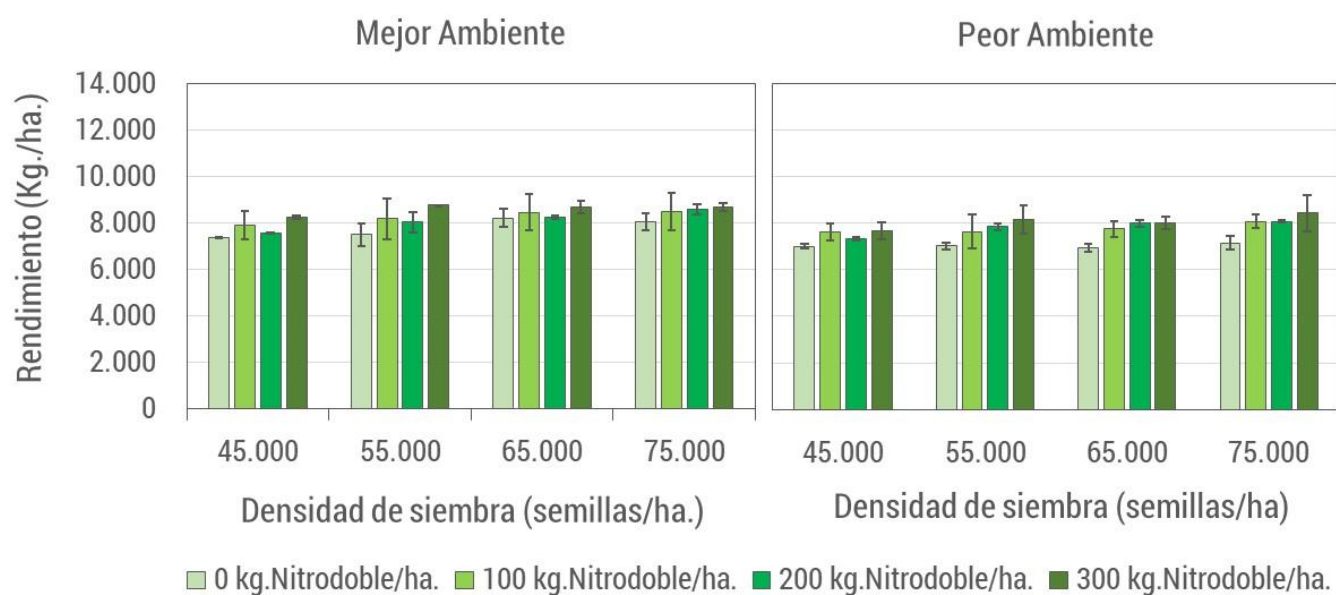


Gráfico 52. Módulo NOA. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas (en semillas/ha.) con dosis de Nitrodoble (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.3.4 Córdoba Norte – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de Rincón, al norte de la provincia de Córdoba. Se realizó una ambientación integrando conductividad eléctrica superficial y subsuperficial, altimetría, porcentaje de materia orgánica y mapas de rendimiento históricos. La integración de estas variables permitió definir zonas del lote con mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno variable. Se utilizaron densidades de siembra desde un mínimo de 4,7 semillas/m² en los peores ambientes hasta un máximo de 8,3 semillas/m² en los mejores ambientes, y niveles de Nitrógeno que variaron entre 150 y 300 kg./ha. de urea. Adicionalmente, se realizaron parcelas de manejo fijo de 4, 5, 5, 7 y 9 semillas/m², que se cruzaron con 4 niveles de nitrógeno agregado: 0, 100, 200 y 300 kg./ha. de urea. Para analizar el efecto de la dosificación variable de semillas y fertilizante, se agregó una franja de manejo fijo con 6,2 semillas/m² y 190 kg./ha. de urea (**representativa del manejo del productor**) atravesando los distintos ambientes del lote (Gráfico 53).

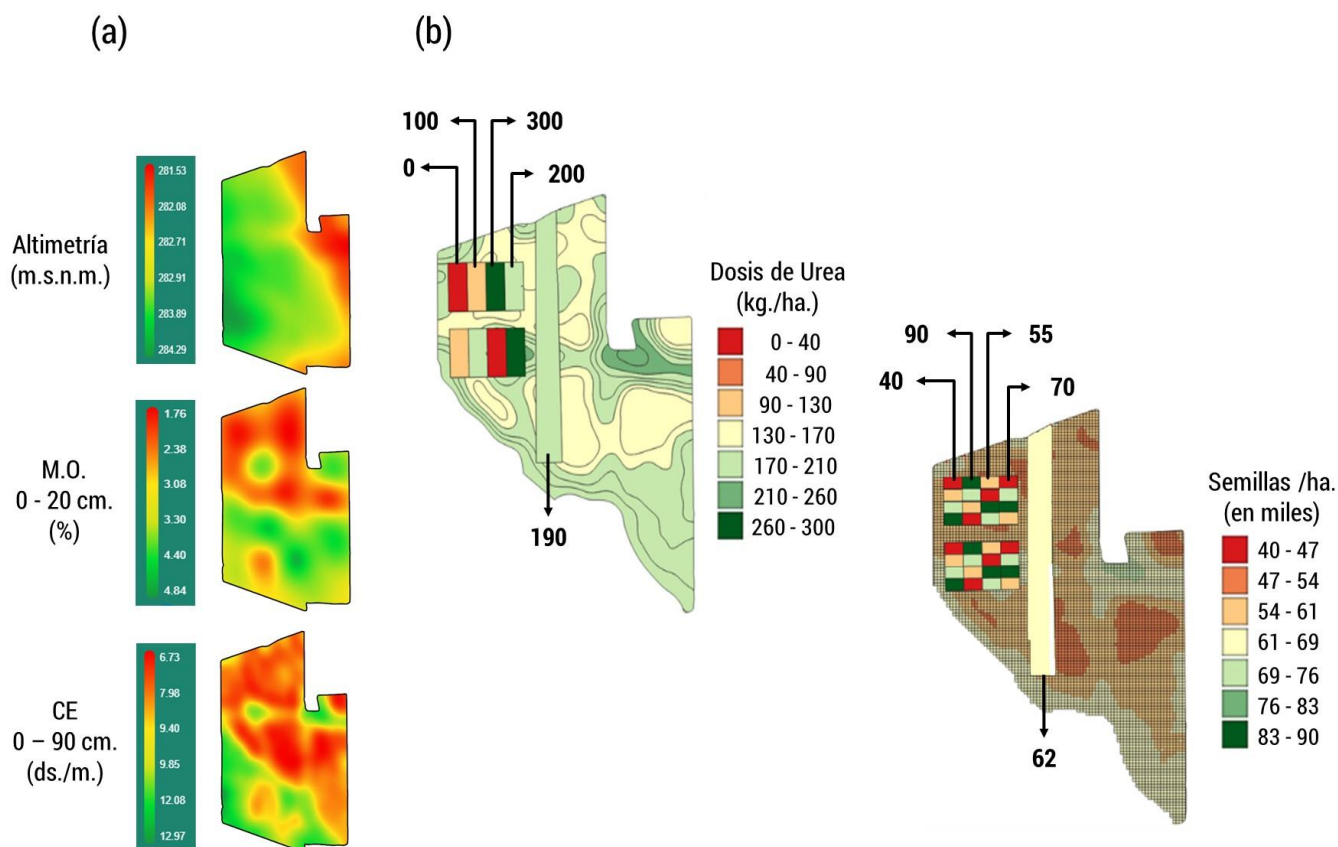


Gráfico 53. Módulo NOA. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. (a) Mapas de Altimetría, Materia orgánica (0 a 20 cm.) y Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.). (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de urea.

Se comparó el rendimiento logrado en la franja con manejo fijo del productor con el rendimiento promedio de la zona de manejo variable lindante a dicha franja. El rendimiento logrado con manejo variable fue **281 kg./ha.** superior al logrado con manejo fijo (Gráfico 54).

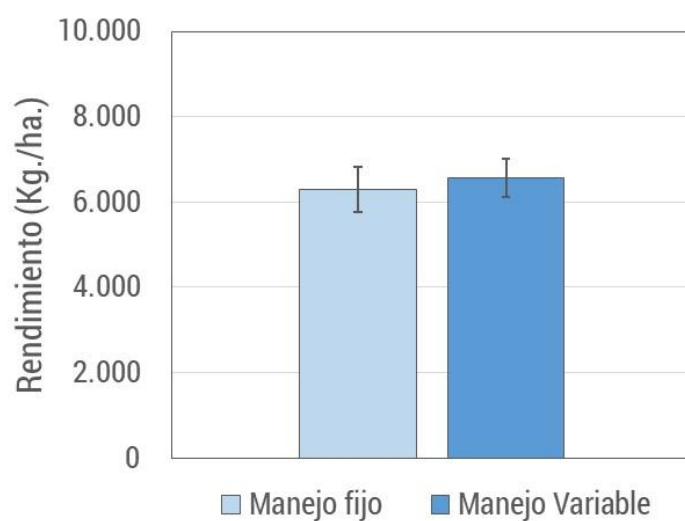


Gráfico 54. Módulo NOA. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos.

Considerando la diferencia de rendimiento y el ahorro en insumos, el manejo variable reportó un beneficio económico de 92 USD/ha. (Tabla 19).

Tabla 19. Módulo NOA. Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem./m ²)	5,6
Densidad MF productor (sem./m ²)	6,2
N MV (kg./ha.)	76
N MF productor (kg./ha.)	88
Rendimiento MV (kg./ha.)	6.573
Rendimiento MF (kg./ha.)	6.292
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+281
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+58
Precio bolsa x 80 mil sem. (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,6
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-12
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-34
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+92

En cuanto a la identificación de óptimos de manejo, en base a los resultados obtenidos en los ensayos tipo cuadrícula realizados en cada tipo de ambiente, se observó que, tanto en los mejores como en los peores ambientes, la densidad de siembra donde se maximizó el rendimiento fue de 70 mil semillas/ha. En cuanto a la respuesta a Nitrógeno, en términos generales, los máximos rendimientos se lograron con las dosis de 200 a 300 kg. de N/ha. De todos modos, las diferencias de rendimiento entre tratamientos no fueron muy marcadas. Solo se observaron rendimientos consistentemente menores en los tratamientos con la menor densidad y los niveles más bajos de nitrógeno (sin agregado de fertilizante) independientemente de la densidad de siembra (Gráfico 55).

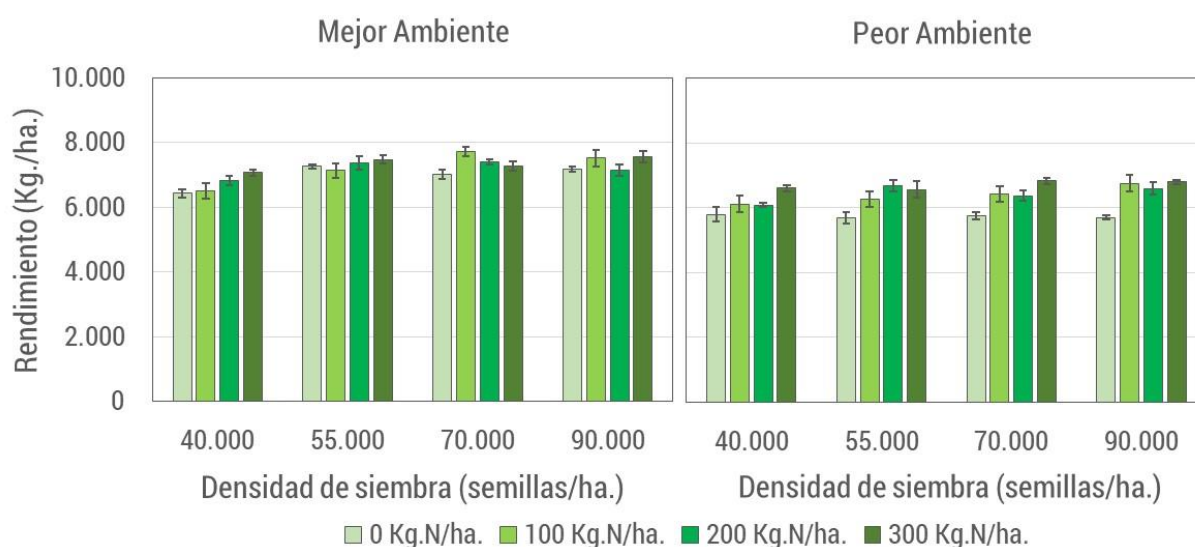


Gráfico 55. Módulo NOA. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas (en semillas/ha.) con niveles de Nitrógeno disponible (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

4.3.5 Córdoba Norte – Maíz tardío

El módulo se instaló en un campo cercano a la localidad de San José de la Dormida, al norte de la provincia de Córdoba. Se realizó una ambientación que integro conductividad eléctrica superficial y subsuperficial, altimetría, y mapas de rendimiento históricos. La integración de estas variables permitió identificar zonas del lote con mayor y menor productividad potencial. En base a esa ambientación, se realizó una prescripción de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno variable. Se utilizaron densidades desde un mínimo de 4 semillas/m² en los peores ambientes hasta un máximo de 7,2 semillas/m² en los mejores ambientes, y niveles de Nitrógeno que variaron entre 60 y 150 kg./ha. de urea. Adicionalmente, se realizaron parcelas de manejo fijo de 4, 5,5, 7 y 8,5 semillas/m², que se cruzaron por 4 niveles de nitrógeno agregado: 0, 50, 100 y 150 kg./ha. de urea. Como referencia para analizar el efecto de la dosificación variable de semillas y fertilizante, se agregó una franja de manejo fijo con 5,7 semillas/m² y 100 kg./ha. de urea, representativa del manejo del productor, que atravesó los distintos ambientes del lote (Gráfico 56b).

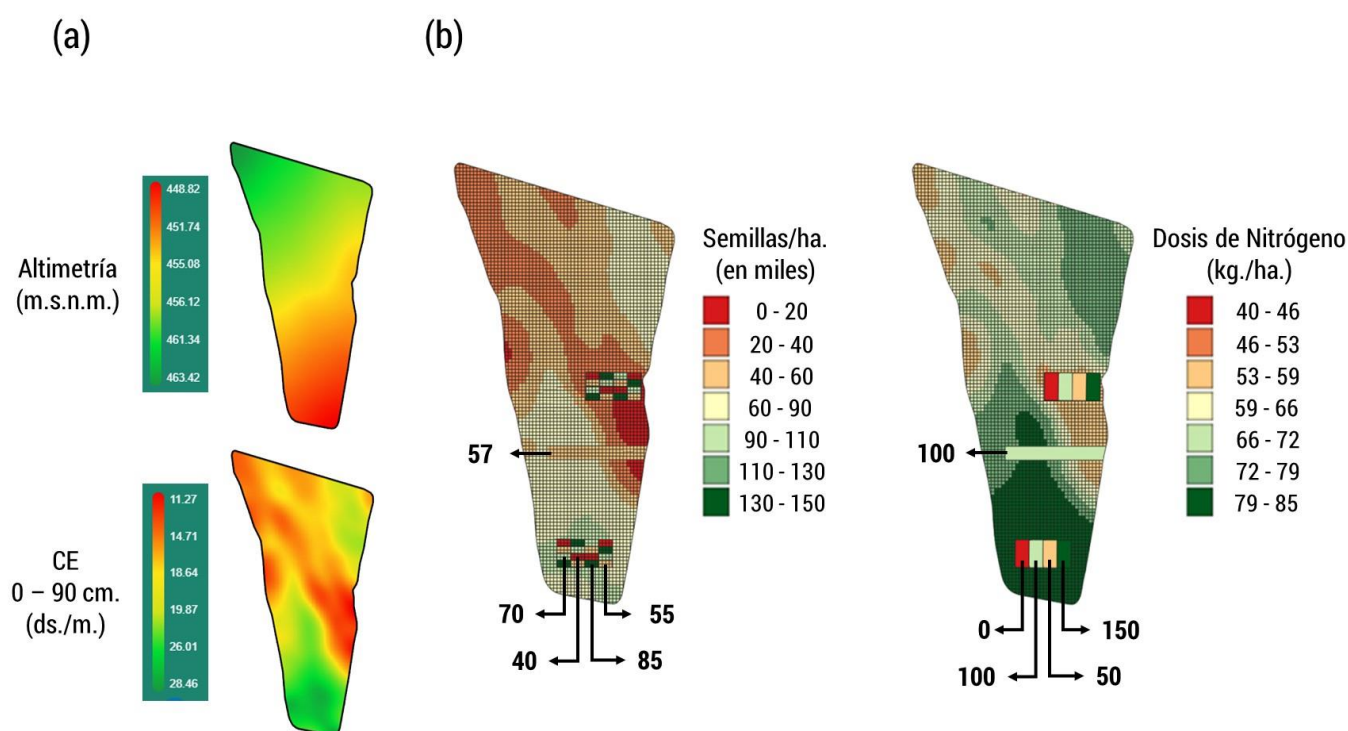


Gráfico 56. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Variables consideradas para ambientar y prescripciones. (a) Mapas de altimetría y Conductividad eléctrica (0 a 90 cm.) (b) Prescripciones de densidad de siembra y dosis de Nitrógeno.

Se comparó el rendimiento logrado en la franja con manejo fijo, representativa del manejo que realiza el productor, con el rendimiento promedio de la zona de manejo variable lindante a dicha franja. El rendimiento logrado con manejo variable fue **272 kg./ha.** superior al logrado con manejo fijo (Gráfico 57).

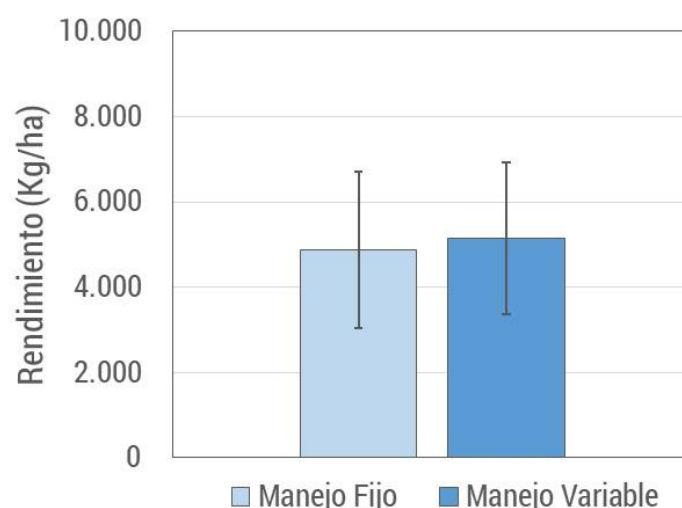


Gráfico 57. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos con distintos manejos.

Considerando la diferencia de rendimiento y el ahorro en insumos, el manejo variable reportó un beneficio económico de 60 USD/ha. (Tabla 20).

Tabla 20. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Resultado económico marginal del manejo variable.

	Valores
Densidad MV (sem/m ²)	5,6
Densidad MF productor (sem/m ²)	5,7
N MV (kg./ha.)	45
N MF productor (kg./ha.)	46
Rendimiento MV (kg./ha.)	5.157
Rendimiento MF (kg./ha.)	4.885
Rendimiento MV – Rendimiento MF (kg./ha.)	+272
Precio histórico de venta del maíz (USD/Tn.)	205
Ingreso marginal: Ingreso MV – Ingreso MF (USD/ha.)	+56
Precio bolsa x 80 mil sem. (USD/bolsa)	215
Densidad MV – Densidad MF (sem./m ²)	-0,1
Precio histórico N (USD/kg. N)	1,5
Nitrógeno MV – Nitrógeno MF (kg./ha.)	-1
Costo marginal: Costo MV – Costo MF (USD/ha.)	-4
Ingreso marginal - costo marginal (USD/ha.)	+60

En cuanto a la identificación de óptimos de manejo, en base a los resultados obtenidos en los ensayos tipo cuadrícula realizados en cada tipo de ambiente, se observó que, tanto en los mejores como en los peores ambientes, la densidad donde se maximizó el rendimiento fue de 85 mil semillas/ha. En cuanto a la respuesta a Nitrógeno, se observó que el agregado de Nitrógeno tuvo un impacto negativo sobre la productividad de los cultivos en los ambientes de mayor potencial. Considerando las condiciones exploradas durante la campaña, podría haber ocurrido que el agregado de Nitrógeno hubiera generado un mayor crecimiento en etapas iniciales del cultivo con un mayor consumo de recursos escasos como el agua. A raíz de ellos, pudo haber afectado la disponibilidad del recurso hídrico para las etapas más críticas para la definición del rendimiento (alrededor de

floración). En los ambientes de menor calidad, este efecto se visualizó cuando la dosis de N paso de 100 kg./ha. a 150 kg./ha. Mientras que cuando la dosis de Nitrógeno paso de 0 kg./ha. a 50 kg./ha. y a 100 kg./ha., se observó una respuesta positiva (Gráfico 58).

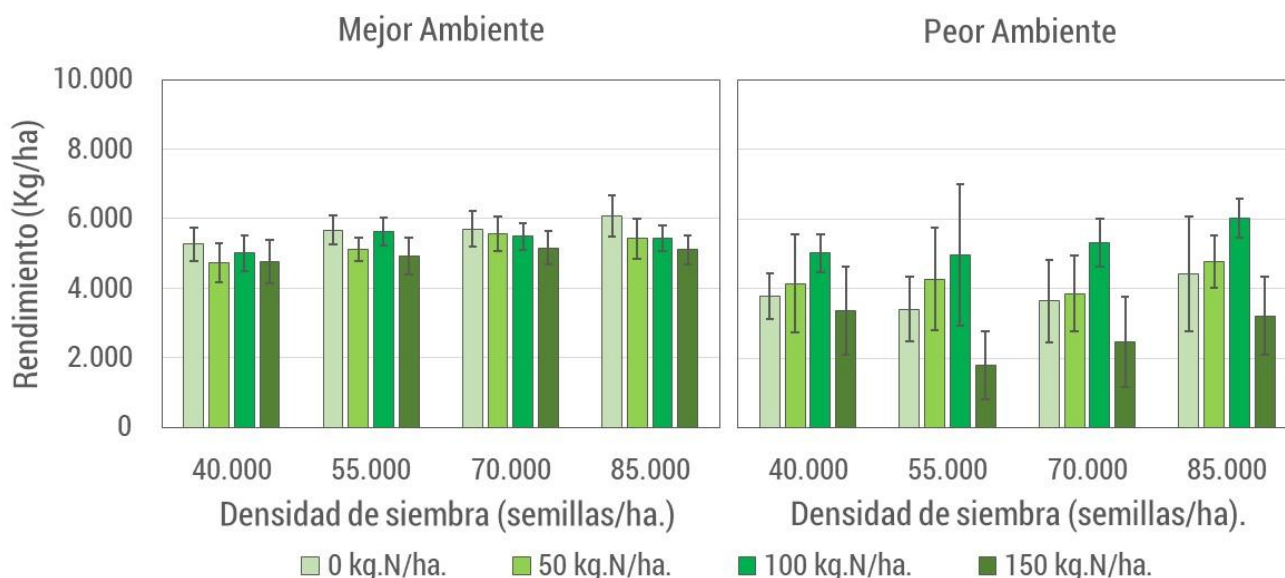


Gráfico 58. Módulo Córdoba Norte. Campaña 23/24. Rendimientos (en kg./ha.) obtenidos para distintas combinaciones de densidades de siembra fijas (en semillas/ha.) con niveles de Nitrógeno agregado (en kg./ha.) discriminados por tipo de ambiente.

Cómo se ha observado en otros módulos, la identificación de óptimos de manejo en condiciones de mayor nivel de estrés, es más compleja, debido a la variabilidad de rendimientos que normalmente se da en estas condiciones.

4.3.6 Otros módulos

Debido al impacto que la incidencia de tormentas severas tuvo sobre el módulo instalado en la zona Oeste, el mismo fue descartado para el análisis.

4.4 Integración resultados maíz

Los resultados obtenidos el primer año del proyecto (*Agricultura por ambientes - Dosificación variable de insumos - Convenio CREA – AGD – Año 1*), mostraban que al analizar de manera conjunta los resultados de los 7 módulos experimentales que tuvieron cultivos de maíz, la utilización de la dosificación variable de insumos mejoraba el rendimiento del cultivo en un **4,4 % (+339 kg./ha.)**, y que el beneficio era mayor en los ambientes de menor productividad (Gráfico 59).

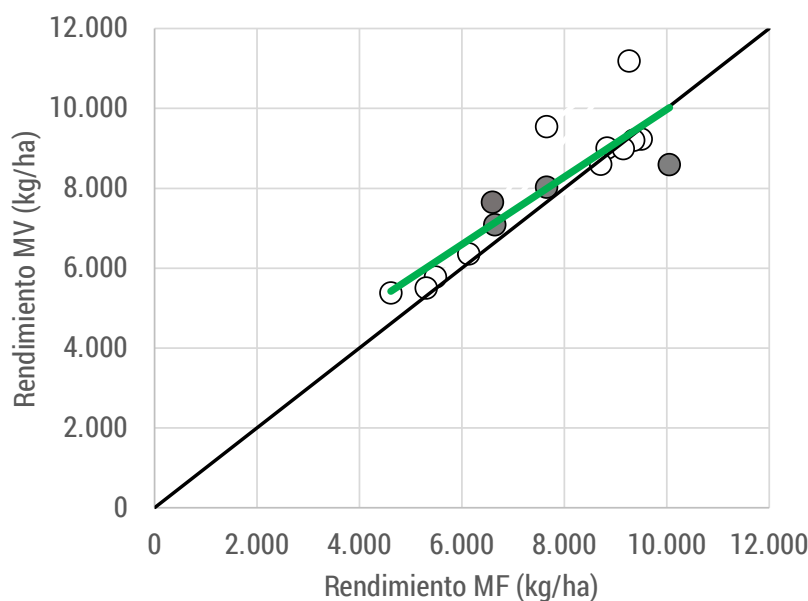


Gráfico 59. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 7 módulos experimentales sembrados con maíz conducidos durante la campaña 21/22. Círculos llenos = Módulos con Maíz temprano; círculos vacíos = Módulos con Maíz tardío.

Al repetir el análisis con los módulos conducidos en el segundo y tercer año del proyecto, se observó que la utilización de la dosificación variable de insumos mejoró el rendimiento del cultivo en un **8,9 % (+436 kg./ha.)** en el segundo año (Gráfico 60), y un **1,8 % (+157 kg./ha.)** en el tercer año (Gráfico 61). En el segundo año del proyecto, al igual que en el primero, se mantuvo la tendencia de observar mayor impacto de la tecnología en los ambientes de menor productividad (Gráfico 60).

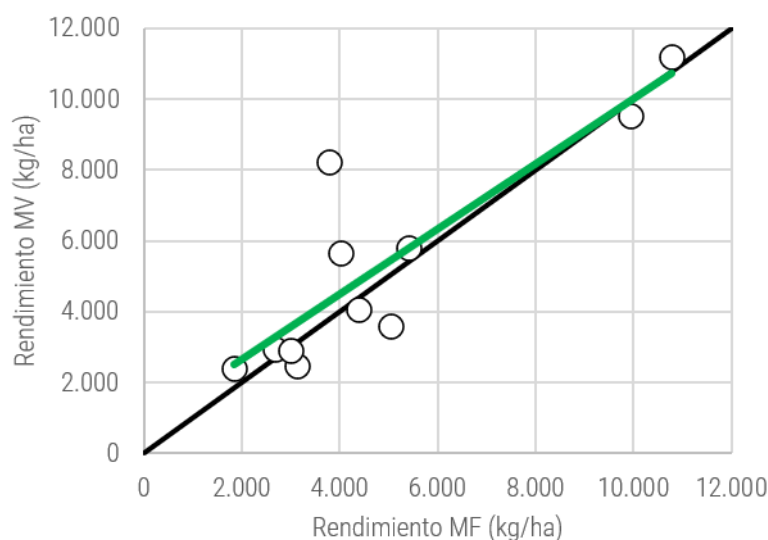


Gráfico 60. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 8 módulos experimentales sembrados con maíz durante la campaña 22/23. En esta campaña todos los módulos fueron sembrados con Maíz tardío (círculos vacíos).

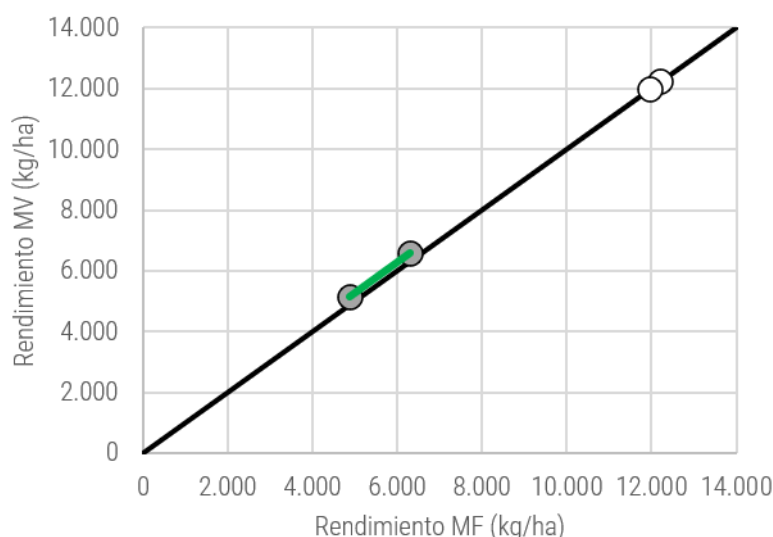


Gráfico 61. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 4 módulos experimentales sembrados con maíz conducidos durante la campaña 23/24. Círculos llenos = Módulos con Maíz temprano; círculos vacíos = Módulos con Maíz tardío.

Al analizar los 3 años de manera conjunta, se observó que la contribución de la dosificación variable de insumos al rendimiento del cultivo de maíz fue cercana a los 300 kg./ha., es decir, un 4,3% de incremento de rendimientos (Gráfico 62). El análisis integrado de los 3 años de ensayos a campo, también confirma que la mayor contribución de la tecnología tiende a observarse en ambientes de menor productividad.

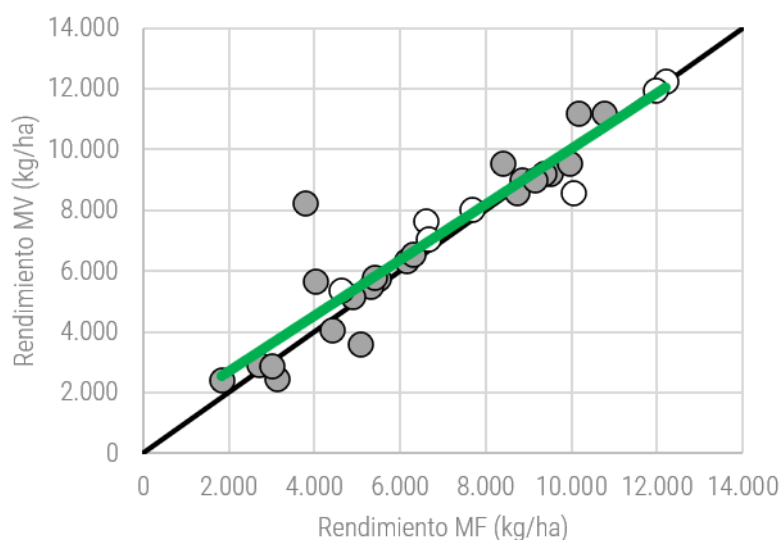


Gráfico 62. Rendimientos logrados con manejo variable (MV) y manejo fijo (MF) en 19 módulos experimentales sembrados con maíz durante 3 campañas (21/22, 22/23 y 23/24). Círculos llenos = Módulos con Maíz temprano; círculos vacíos = Módulos con Maíz tardío.

En términos económicos, considerando precios históricos de semillas de 215 U\$S/bolsa, de nitrógeno de 1,5 U\$S/kg. de nutriente y un precio histórico del grano de maíz de 205 U\$S/tonelada, el beneficio económico marginal

promedio fue, en promedio, de 66 U\$S /ha. para la campaña 21/22, de 43 U\$S /ha. para la campaña 22/23, y de 51 U\$S /ha. para la campaña 23/24 (Gráfico 63).

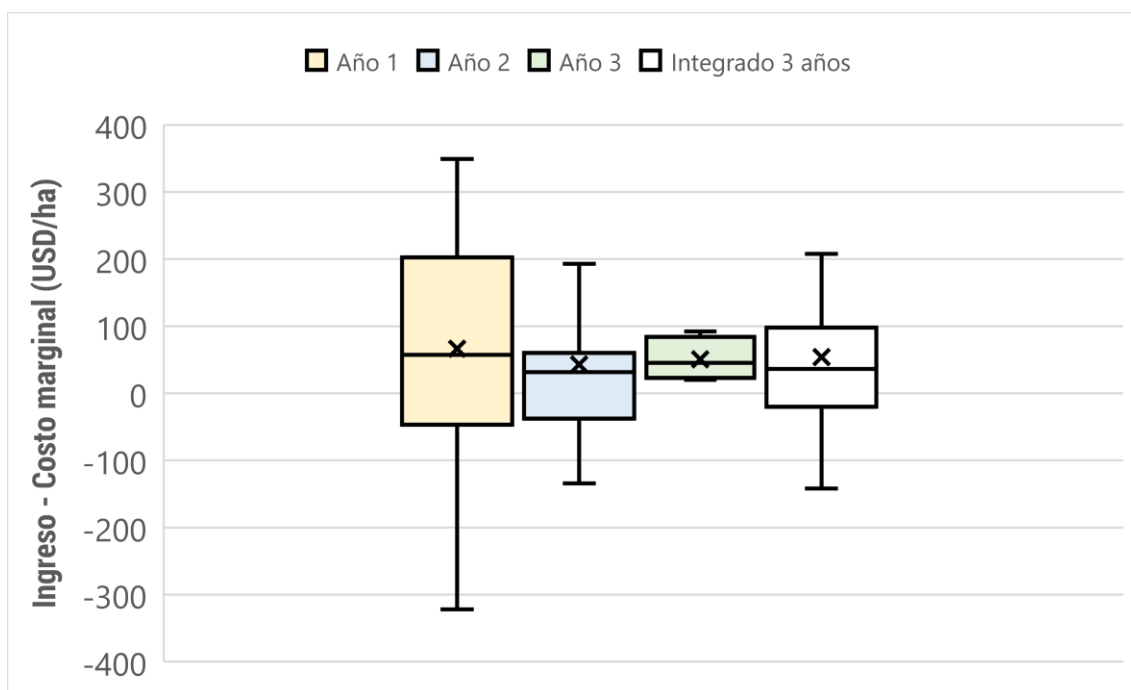


Gráfico 63. Distribución de ingresos menos costos marginales discriminados por campaña e integrado de las 3 campañas.

En el promedio de las 3 campañas, el beneficio económico fue de 54 U\$S/ha. En el 75 % de las comparaciones (Manejo Fijo vs. Manejo Variable en el mismo ambiente dentro de cada módulo), la utilización del manejo variable reportó beneficio económico, en general tanto por un mayor rendimiento, cómo por un mayor ahorro de insumos. En algunos casos, donde no se observaron diferencias importantes de rendimiento, o incluso el rendimiento con manejo variable fue menor, el beneficio lo explico el ahorro de insumos.

Analizando los resultados de los tres años de ensayo, observamos una alta variabilidad tanto en los resultados físicos (rendimientos) como en los económicos. Por este motivo, resulta clave evaluar cuidadosamente la viabilidad de adopción de este tipo de tecnologías. Esto es especialmente relevante porque las situaciones productivas con mayor probabilidad de respuesta suelen estar asociadas a una marcada heterogeneidad ambiental, lo que explica la variabilidad observada.

4.5 Comentarios finales

Las 3 campañas analizadas permitieron explorar un amplio rango de condiciones ambientales, aspecto particularmente relevante a la hora de analizar la importancia relativa y la consistencia de la contribución que pueden realizar este tipo de tecnologías.

En promedio, la dosificación variable de insumos, en términos de rendimiento reportó un beneficio del orden de los 300 kg./ha. Para el set de datos analizados, equivale a un incremento de 4,3% del rendimiento del cultivo de maíz. Mientras que, en términos económicos, el beneficio promedio fue de 54 U\$S /ha., con resultados positivos en el 75% de las situaciones.

Dentro de ciertos límites (situaciones de estrés moderado), la contribución de la dosificación variable de insumos al rendimiento fue mayor en ambientes de menor calidad.

Otro aspecto a considerar es que los módulos se ubicaron en campos de productores CREA, quienes normalmente invierten más en tecnologías, e incorporan tecnologías de procesos y conocimiento de forma más intensiva que el promedio de los productores. En consecuencia, podría ocurrir que el impacto de la adopción de la dosificación variable de insumos para el promedio de los productores de Argentina sea mayor al presentado en este trabajo, asumiendo que el margen de optimización del manejo es mayor.

Consideramos que, a partir de los resultados presentados en el presente informe, logramos generar información y conocimiento de utilidad para productores que ya incorporaron esta tecnología en sus lotes, o que están en etapa de análisis para llevar a cabo su implementación. Por supuesto, consideramos que seguir generando información y conocimiento, robustecerán el proceso de aprendizaje y darán más sustento técnico objetivo para optimizar el uso de este tipo de tecnologías.

Finalmente, incluimos un Anexo (Anexo 1) que brinda, de manera somera, posibles pasos o aspectos que deberían ser considerados al momento de analizar la adopción e implementación de este tipo de tecnologías en las empresas.

Anexo A

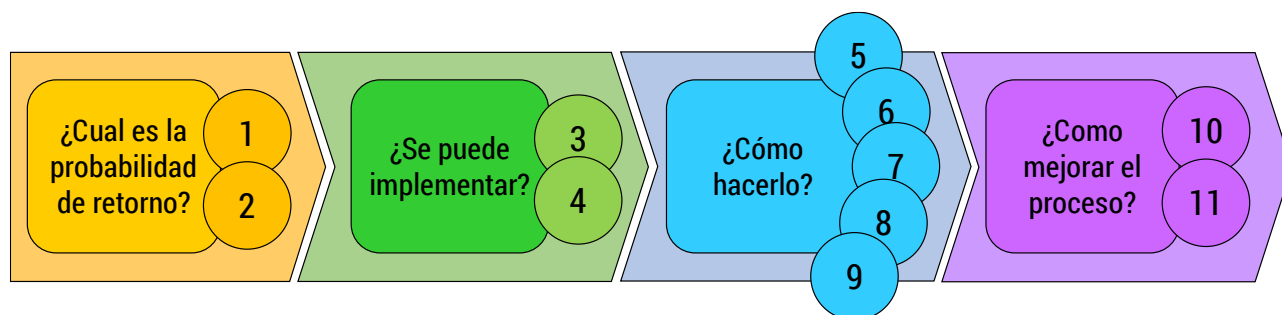
Etapas para la adopción del manejo por ambientes

A partir de las experiencias e intercambios realizados durante el transcurso del proyecto, el grado de interés de los productores y técnicos CREA en la implementación de tecnologías para la dosificación variable de insumos se ha incrementado. No obstante, también han surgido diversos interrogantes sobre las formas en las que este tipo de tecnologías debieran implementarse en las empresas.

En este punto vale la pena aclarar que las tecnologías que se adoptan y generan resultados exitosos son aquellas que efectivamente resuelven problemas o permiten abordar desafíos de forma correcta. Sin embargo, una tecnología adecuada para resolver un problema o abordar un desafío particular no siempre genera un caso de adopción exitoso. El resultado de la adopción de cualquier tecnología siempre está condicionado por el contexto que se configura en la empresa que pretende adoptarla. El objetivo, la cultura y la situación particular que atraviesa esa empresa en un momento dado, y las aptitudes y actitudes de sus colaboradores son algunos de los elementos clave que terminan configurando ese contexto.

Una empresa agrícola que pretende reducir su costo de producción, pero no quiere utilizar productos agroquímicos, quizá nunca adopte sensores que permiten realizar aplicaciones variables de herbicidas. El equipo de colaboradores de una empresa ganadera en la que la gestión de la producción ganadera se realiza de forma tradicional seguramente se mostrara menos predispuesto a adoptar soluciones basadas en nuevas tecnologías digitales. Y en empresas que atraviesan coyunturas económicas complejas la posibilidad de impulsar procesos de adopción de nuevas tecnologías encuentra muchos más obstáculos que los que normalmente encuentra en otros momentos.

No obstante, más allá de los comentarios realizados en los dos párrafos previos, hemos elaborado un esquema muy simple que resume las etapas que deberían transitar las empresas interesadas en implementar este tipo de tecnologías (Esquema A.1).



Esquema A.1. Proceso de implementación de tecnologías para realizar la gestión variable de insumos.

El esquema contiene una serie de preguntas que los empresarios deberían responderse antes de avanzar en la adopción de este tipo de tecnologías en sus empresas.

Pregunta 1: ¿Cuál es la probabilidad de obtener retorno por implementar tecnologías que permiten realizar el manejo variable de insumos?

En esta primera pregunta se encuadran las dos primeras etapas del proceso, que se enfocan en la caracterización de la variabilidad ambiental dentro del lote de producción. La Etapa 1 se enfoca en la cuantificación de la variabilidad del rendimiento dentro del lote de producción, y la Etapa 2 en la determinación de la distribución espacial de esa variabilidad. En ambas etapas se proponen indicadores objetivos para llevar a cabo las cuantificaciones y, en función de los resultados hallados, definir el tipo de manejo a realizar (manejo fijo, dosificación homogénea por macro ambientes o dosificación variable continua). Este punto del proceso resulta clave ya que permite cuantificar y analizar la probabilidad del retorno que reportaría la implementación de este tipo de tecnologías en la empresa (Tabla A.1).

Tabla A.1. Proceso de implementación de tecnologías para realizar la gestión variable de insumos. Etapas 1 y 2. Objetivos, criterios diagnósticos y Herramientas y acciones a ejecutar.

Etapa	1	2
Objetivo	Cuantificar la heterogeneidad de la potencialidad productiva del lote.	Determinar el grado de variabilidad espacial de la potencialidad productiva del lote.
Criterios Diagnósticos y Herramientas	Diferencias entre rendimientos máximos y mínimos dentro del lote.	Tamaño promedio del parche con comportamiento homogéneo.
	Coeficiente de variación de rendimiento (%).	Coeficiente de variación del tamaño del parche con comportamiento homogéneo.
Acción a ejecutar	Definir si conviene continuar realizando manejo fijo o es recomendable comenzar a realizar manejo a escala de macroambientes (2 o 3 unidades de manejo con dosificación homogénea) o microambientes (dosificación variable continua).	

Pregunta 2 ¿Es factible implementar estas tecnologías en mi empresa?

Esta pregunta contiene las Etapas 3 y 4 del proceso. En la Etapa 3 se evalúa la disponibilidad de maquinaria, propia o contratada, debidamente equipada para realizar la gestión variable de insumos. Si no hubiera disponibilidad de maquinarias debidamente equipadas para realizar la gestión variable de insumos, podría realizarse un análisis de inversión para evaluar su compra (para desarrollar un parque de maquinarias propio o bien para equipar contratistas y acceder a los servicios que se necesitan). En la Etapa 4 se analizan las capacidades con las que cuenta la empresa para gestionar correctamente estas tecnologías. En caso de no contar con personal debidamente capacitado para gestionar estas tecnologías de forma adecuada resulta clave y primordial tomar acciones que permitan desarrollar esas capacidades (Tabla A.2).

Tabla A.2. Proceso de implementación de tecnologías para realizar la gestión variable de insumos. Etapas 3 y 4. Objetivos, criterios diagnósticos y Herramientas y acciones a ejecutar.

Etapas	3	4
Objetivo	Evaluar disponibilidad de maquinaria equipada con las tecnologías requeridas para realizar dosificación variable de insumos.	Evaluar las capacidades de los colaboradores de la empresa para gestionar correctamente las tecnologías requeridas para realizar dosificación variable de insumos.
Criterios Diagnósticos y Herramientas	Dotación de maquinarias y tecnologías propias para realizar la gestión variable de los insumos que se pretende manejar de forma variable.	Capacidades de los colaboradores de la empresa para gestionar tecnologías para realizar gestión variable de insumos.
	Disponibilidad local de contratistas con maquinarias equipadas con tecnologías para realizar la gestión variable de los insumos que se pretende manejar de forma variable.	Capacidades de los contratistas de maquinaria agrícola para gestionar tecnologías para realizar gestión variable de insumos.
Acción	Si se diagnostica la conveniencia de implementar dosificación variable de insumos, pero no se cuenta con las maquinarias y/o las tecnologías para poder hacerlo, se deberá trabajar para adquirirlas/contratarlas.	Si se diagnostica la conveniencia de implementar dosificación variable de insumos, pero no se cuenta con las capacidades para gestionar las tecnologías requeridas, se deberá trabajar para poder desarrollarlas.

Pregunta 3: ¿Cómo implementar estas tecnologías en mi empresa?

Esta pregunta contiene las Etapas 5 a 9. En esas etapas se abordan todos los aspectos vinculados con el proceso de implementación de estas tecnologías. Aquí se analizan las cuestiones que deben considerarse para generar información de base (relevamientos a campo y análisis de información histórica), ambientar los lotes, definir la forma en la que se manejarán esos ambientes, armar las prescripciones para llevar a cabo el manejo previamente definido y seguir la evolución del cultivo hasta el momento en el que se cosecha (Tabla A.3).

En la Etapa 5, que se enfoca en la generación de información de base, se proponen distintos tipos de herramientas para relevar parámetros físicos, químicos y/o biológicos que resulten claves para identificar y segregar ambientes (análisis de suelos, rastra Veris, Soiloptix, Georradars, Altimetría, etc.). La Etapa 6, de ambientación, aborda el uso de herramientas y plataformas para facilitar la elaboración del mapa de ambientes y las prescripciones de manejo. La Etapa 7 se enfoca en la interpretación de la información generada y la integración del expertise profesional para optimizar la definición de ambientes y las prescripciones de manejo. Luego, en la Etapa 8 entran en juego las capacidades requeridas para lograr la correcta implementación de las recomendaciones elaboradas. Finalmente, la Etapa 9, comprende el despliegue de las herramientas y procedimientos que se utilizan para realizar el seguimiento de las prescripciones implementadas y la captura de aprendizajes (Tabla A.3).

Tabla A.3. Proceso de implementación de tecnologías para realizar la gestión variable de insumos. Etapas 5 a 9. Objetivos, criterios diagnósticos y Herramientas y acciones a ejecutar.

Etapa	5	6	7	8	9
Objetivo	Generar información de base.	Ambientar.	Definir factores a variar. Recomendar el manejo para cada unidad definida.	Implementar recomendaciones.	Monitorear la evolución y el resultado del cultivo.
Criterios Diagnósticos y Herramientas	Realización de análisis físicos y químicos de suelos.	Integración de la información generada a partir de análisis de suelos y distintos tipos de sensores utilizados para relevar información base.	Análisis e integración de información de ensayos, conocimiento histórico local, efectos de las condiciones iniciales de la campaña y pronósticos.	Verificación de la correcta implementación de prescripciones (chequeos in-situ y registros digitales).	Seguimiento de Índices de Vegetación para identificar anomalías de crecimiento de la vegetación.
	Relevamiento de lotes mediante distintos tipos de sensores (Cond. Eléctrica -Veris-, Radiación Gamma -Soiloptix-, Ondas electro magnéticas -Georradars-, Altimetría -GPS-, etc.)	Análisis de la Heterogeneidad y la Variabilidad de la información relevada.	Identificación de rangos de niveles óptimos de manejo para cada factor.		Determinación de parámetros clave y realización de chequeos a campo durante el ciclo del cultivo.
					Cosecha con monitor de rendimiento y balanza calibrada.
Acción	Analizar e interpretar resultados.	Definir N° de Ambientes gestionables por la empresa. (Importante: Considerar la capacidad de interpretar resultados e iterar el proceso).	Elaborar prescripciones integrando conocimiento agronómico y las condiciones de la campaña (los ambientes varían según el clima de la campaña). Es recomendable agregar ensayos de manejo fijo para identificar óptimos de manejo.	Aplicar las prescripciones. haciendo buen uso de las herramientas disponibles (clave la capacitación).	Recolectar y sistematizar la información recopilada durante el seguimiento de los cultivos para mejorar el análisis de los resultados logrados.

Pregunta 4: ¿Cómo realizar la mejora continua de este proceso?

La utilización de tecnologías que permiten realizar el manejo por ambientes es un proceso dinámico de aprendizaje con posibilidades de mejora continua. Entre otros aspectos, es importante entender que los ambientes no son estáticos. Sus límites son dinámicos y dependen de las condiciones climáticas que exploran cada campaña. Por ejemplo, un ambiente bajo puede ser la zona más productiva o la menos productiva del lote dependiendo del régimen de precipitaciones y el efecto positivo o negativo generado por la acumulación de agua en esa posición del paisaje.

Una vez finalizada la campaña resulta clave analizar los resultados para entenderlos en el contexto de las características de esa campaña particular. Es a partir de este análisis, que podrá validarse la prescripción realizada, mejorar las futuras prescripciones o diseñar ensayos para generar información útil para identificar óptimos de manejo en cada ambiente (Tabla A.4).

Tabla A.4. Proceso de implementación de tecnologías para realizar la gestión variable de insumos. Etapas 10 y 11. Objetivos, criterios diagnósticos y Herramientas y acciones a ejecutar.

Etapas	10	11
Objetivo	Analizar los resultados obtenidos.	Ajustar Recomendaciones.
Criterios Diagnósticos y Herramientas	Análisis de los datos de cosecha integrando la información obtenida durante el seguimiento de los cultivos para mejorar el análisis.	Análisis e integración de resultados de la implementación de la gestión variable de insumos en el lote, más información de ensayos, conocimiento histórico local, efectos de las condiciones iniciales y pronósticos para el sitio.
Acción	Validación y ajuste del proceso.	Generación de nuevas prescripciones. Definición de nuevos ensayos.