

Evaluación del rendimiento máximo alcanzable de girasol y los factores de manejo condicionantes en América, Buenos Aires

Advanta Argentina - América Agroinnova

Campaña 2024-2025

1) Objetivos

El objetivo general del proyecto fue evaluar el rendimiento máximo alcanzable de girasol en secano y los factores de manejo condicionantes para alcanzar ese nivel de rendimiento en América, Buenos Aires.

Los objetivos particulares del proyecto fueron:

- (i) Estimar el rendimiento máximo alcanzable en secano (i.e. potencial limitado por agua) en un ambiente de alta productividad del Oeste Arenoso, típico de América.
- (ii) Evaluar los factores de manejo (densidad sembrada, profundidad de siembra, características de la cama de siembra, y fertilización nitrogenada) que condicionan el rendimiento alcanzable.
- (iii) Conocer si existe una relación entre el rendimiento y la densidad lograda, el coeficiente de logro, la variabilidad poblacional en la altura y en la fenología del cultivo.

2) Materiales y Métodos

2.1. Lugar de experimentación

Campo Experimental de América Agroinnova, América, Buenos Aires (35°25'45"S, 62°59'64"O). El experimento se ubicó sobre un lote de medialoma con un suelo clase Iles, con antecesor soja de primera y se condujo en secano.

2.2. Diseño experimental

El experimento comprendió un diseño para generar variabilidad en las condiciones que determinan la velocidad y uniformidad de emergencia del cultivo de girasol y registrar su posterior impacto sobre la fenología y variables ecofisiológicas claves que determinan el rendimiento. Se consideraron tratamientos que se ubicaran dentro de las prácticas comunes utilizadas en la región para la producción de girasol, es decir, la diferencia de niveles dentro de los factores ensayados no fue de magnitudes grandes, sino que de "ajuste preciso" para rápidamente lograr impacto de extensión. Los factores para modificar las condiciones ambientales fueron la densidad de siembra (2 niveles; 5 y 7 pl/m²), la profundidad de siembra (2 niveles; 3 cm y 6 cm), las características de la cama de siembra junto con el alistamiento de la sembradora (3 niveles; siembra directa sin barrerastrojo, siembra directa con barrerastrojo, con remoción de rastrojo para simular un suelo labrado) y la fertilización nitrogenada (2 niveles; sin fertilización nitrogenada y con 100 kg/ha de urea aplicados al voleo en V8). Se utilizó un diseño en parcelas divididas en el cual se sembraron tres repeticiones aleatorizadas

por tratamiento con las características de la cama de siembra y alistamiento de la sembradora como parcela principal, la combinación de densidad y profundidad de siembra como subparcela y la fertilización nitrogenada como sub-subparcela. En términos prácticos, cada nivel de cobertura de rastrojo o alistamiento de sembradora funcionó como un experimento individual. Adicionalmente, se generaron cuatro tratamientos de “controles conceptuales” en los que se removió el rastrojo del suelo para simular una labranza y se sembró de forma manual, con tres plantas por golpe y posterior raleo para asegurar casi 100% de coeficiente de logro: en el primer caso, la densidad fue de 7 pl/m² con todas las semillas sembradas en el mismo día; en el segundo caso, la densidad también fue de 7 pl/m², pero se sembraron las semillas en tandas del 33% cada tres días para generar un stand de emergencia desuniforme temporalmente; en el tercer caso, la densidad fue de 5 pl/m² con todas las semillas sembradas en el mismo día y en el cuarto caso, la densidad también fue de 5 pl/m², con las semillas sembradas en tandas del 33% cada tres días.

La unidad experimental fue la sub-subparcela sobre cuyas plantas se realizaron numerosas mediciones a lo largo del ciclo del cultivo. Cada parcela consistió en 4 surcos distanciados a 0,7 m, con 6 m de largo (16,8 m² por parcela). La siembra se realizó el 15 de octubre de 2024 con sembradora experimental con placa neumática de precisión a una velocidad normal para la siembra de girasol en la zona. En todas las parcelas se sembró el híbrido ADV 5310 CL y se fertilizó con 60 kg/ha de fosfato monoamónico (MAP; 11-52-0) a la siembra, junto con la semilla. Se tomaron las precauciones necesarias para minimizar la competencia de malezas y la incidencia de plagas y enfermedades.

2.3. Mediciones en el experimento que se consideraron para el informe

- Variables fenológicas (considerando cada una de 10 plantas en los surcos centrales de cada parcela): (i) Fenología en diferentes momentos del ciclo (estado V y R) (valores medios y desvío estándar).
- Rasgos arquitecturales, de generación del canopeo y captura de radiación (sobre 10 plantas en los surcos centrales de cada parcela): (i) Coeficiente de logro a cosecha del cultivo (plantas en pie a cosecha/semillas sembradas); (ii) Altura de la planta en diferentes momentos del ciclo (valores medios y desvío estándar); (iii) Índice verde (NDVI) en estadios vegetativos medios y eficiencia de intercepción de la radiación en plena floración (R5.5).
- Componentes numéricos del rendimiento (sobre 4,2 metros cuadrados en los surcos centrales de cada parcela): (i) Número de granos por metro cuadrado; (ii) Peso de mil granos; (iii) Rendimiento.

2.4 Análisis de datos

Se realizaron pruebas estadísticas de análisis de la varianza considerando el efecto de los factores y sus interacciones para todas las variables, respetando el diseño experimental. Se mostraron únicamente los resultados considerados fundamentales incluyendo las comparaciones de medias de los tratamientos (prueba LSD de Fisher con un alfa de 0,05) o la descripción de las medidas sin sus comparaciones cuando fue adecuado. Además, se realizaron análisis de correlación y regresiones entre las variables evaluadas para buscar posibles variables causales de las diferencias de productividad entre tratamientos.

3) Resultados

3.1. Condiciones ambientales durante el ensayo

Previo a la siembra, el invierno había sido seco y la oportunidad de siembra ocurrió a partir de una lluvia a mediados de octubre. A la siembra, la humedad hasta el primer metro de profundidad era de 14%, siendo el agua útil aproximadamente de un 50% de la capacidad de campo y con una cama de siembra por debajo de las condiciones óptimas para la emergencia del cultivo. Durante el ciclo del cultivo (mediados de octubre – fines de febrero) las lluvias acumuladas fueron de 664 mm. Octubre fue relativamente seco, con 57 mm concentrados luego de la siembra del experimento. En noviembre las precipitaciones fueron superiores a las normales, con 154 mm. Los primeros días de diciembre ocurrieron precipitaciones que acumularon unos 76 mm, para luego atravesar un período de sequía estacional muy intensa que combinó nulas precipitaciones desde el 10 de diciembre hasta el 24 de enero y muchas semanas con temperaturas medias altas, máximas muy altas y baja humedad relativa. La última semana de enero retornaron las precipitaciones sumando 51 mm, para luego en febrero acumular 276 mm distribuidos en dos lluvias de más de 80 mm la primera semana seguidas de lluvias semanales moderadas.

3.2. Variables fenológicas

La fenología promedio del cultivo prácticamente no varió con los diferentes tratamientos, particularmente de interés fue la no variación con la cobertura de rastrojo o mecánica de siembra, como tampoco con la profundidad de siembra, evidenciado por el número de hojas expandidas al 3 de diciembre (Figuras 1, 2 y 3). Particularmente, pareció existir un leve retraso (de aprox. media hoja expandida) cuando se sembró a una profundidad leve de 3 cm con cobertura de rastrojo simple sin barrerastrojo en el cuerpo de siembra (Figura 3). Sí se pudo observar una tendencia general, aunque únicamente significativa (p menor a 0,05) para el caso de la siembra en rastrojo simple sin el uso de barrerastrojo en el cuerpo de siembra (Figura 3), de una mayor homogeneidad en la fenología de las diferentes plantas de la población cuando se sembró a 6 cm versus 3 cm, evidenciado en un menor desvío estándar del número de hojas expandidas.

Figura 1. Fenología (número de hojas expandidas; estado V) al 3 de diciembre en función de la profundidad de siembra (P3 = 3 cm; P6 = 6 cm) para el ensayo con rastrojo rastrillado sin barrerastrojo en el cuerpo de siembra. Izquierda = valor promedio; derecha = desvío estándar.

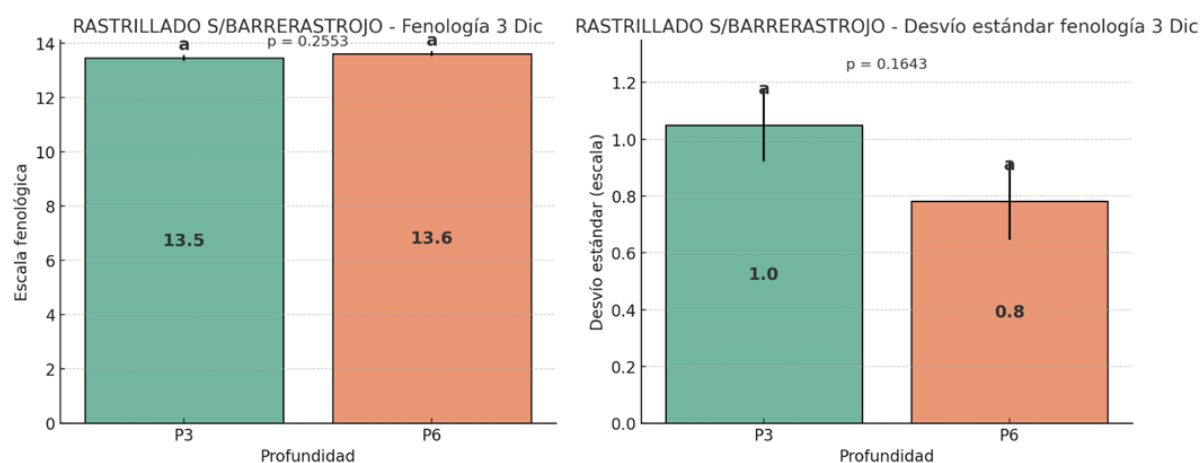


Figura 2. Fenología (número de hojas expandidas; estado V) al 3 de diciembre en función de la profundidad de siembra (P3 = 3 cm; P6 = 6 cm) para el ensayo con rastrojo simple con barrerastrojo en el cuerpo de siembra. Izquierda = valor promedio; derecha = desvío estándar.

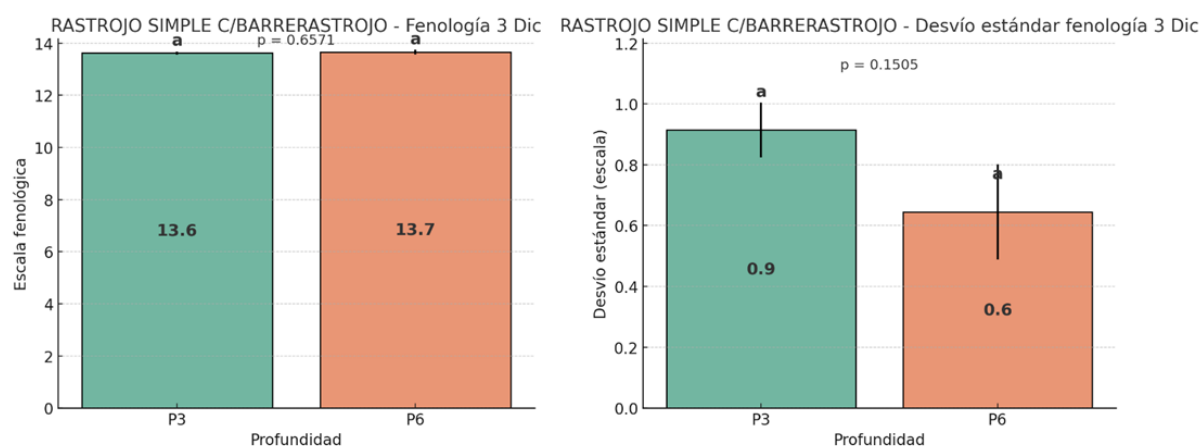
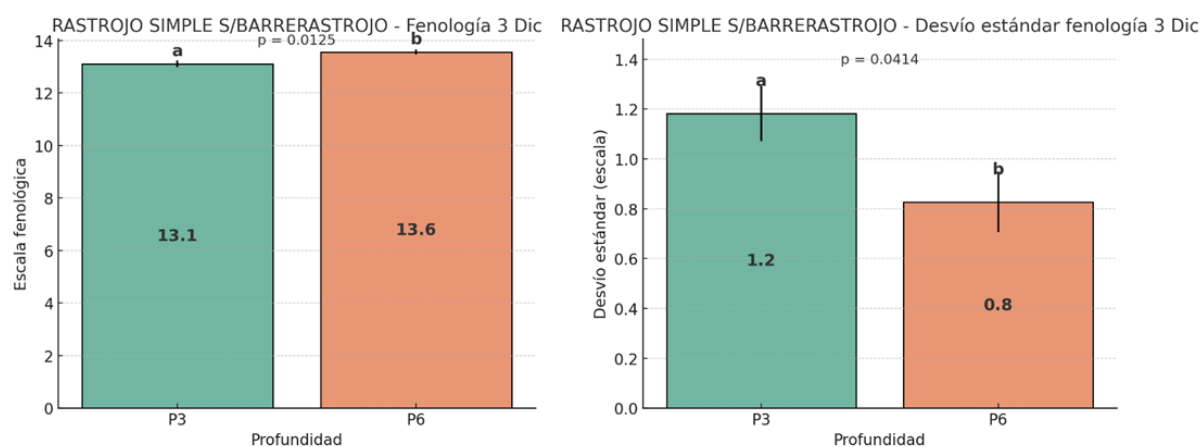


Figura 3. Fenología (número de hojas expandidas; estado V) al 3 de diciembre en función de la profundidad de siembra (P3 = 3 cm; P6 = 6 cm) para el ensayo con rastrojo simple sin barrerastrojo en el cuerpo de siembra. Izquierda = valor promedio; derecha = desvío estándar.



3.3. Variables arquitecturales

La altura hasta la última hoja expandida al 3 de diciembre (aprox. V13, ver Figuras 1, 2 y 3) tuvo únicamente variaciones en función de la densidad como factor principal, con la densidad de 7 pl/m² presentando levemente mayor altura (57 cm) que la densidad de 5 pl/m² (Figura 4). Sin embargo, la heterogeneidad de alturas del cultivo no varió con ningún factor, ni siquiera con la densidad (Figura 4). El índice verde (NDVI) al momento de V13 fue en promedio menor para el experimento con rastrojo rastrellado que con rastrojo simple (Figura 5). Los mayores valores de NDVI a través de los experimentos se asociaron con la profundidad de 6 cm, con variado efecto de la densidad, aunque en ningún caso las diferencias fueron significativas estadísticamente, considerando elevada variabilidad entre parcelas (Figura 5).

Figura 4. Altura al 3 de diciembre en función de la densidad (D5 = 5 pl/m²; D7 = 7 pl/m²) a través de todos los niveles de profundidad, dosis de nitrógeno y cobertura de rastrojo. Izquierda = valor promedio; derecha = desvío estándar.

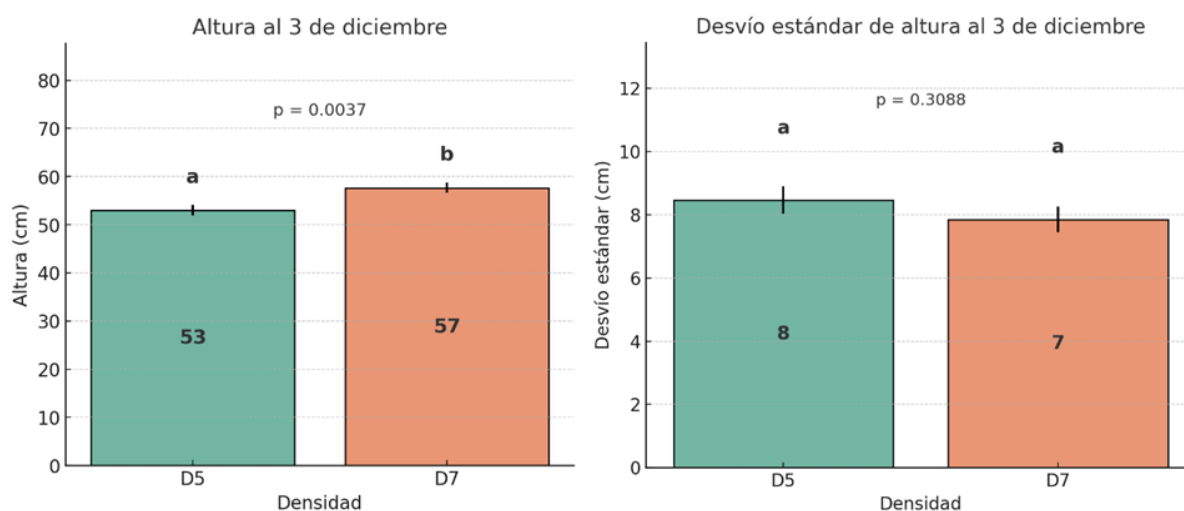
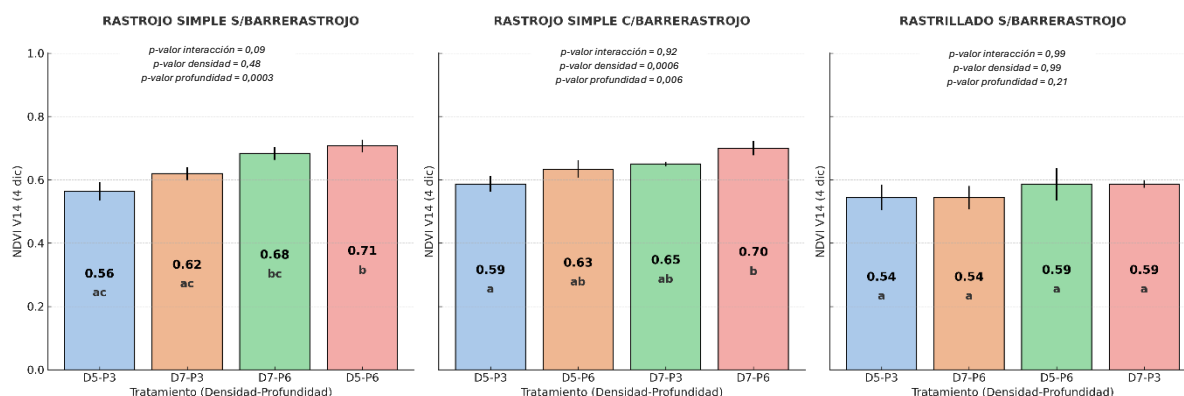


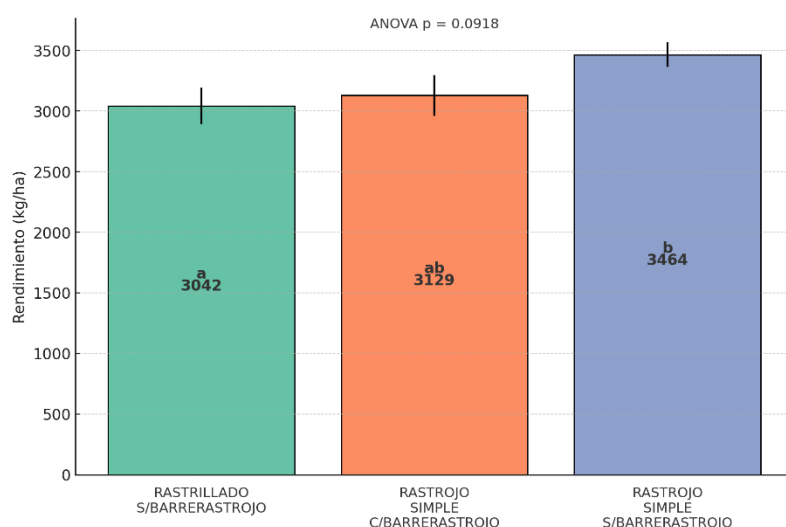
Figura 5. Índice verde (NDVI) al 3 de diciembre en función de la densidad (D5 = 5 pl/m²; D7 = 7 pl/m²) y la profundidad (P3 = 3 cm; P6 = 6 cm) a través de las dos dosis de nitrógeno, para cada experimento de cobertura de rastrojo y manejo de la mecánica de siembra.



3.4. Rendimiento y sus componentes

El rendimiento tuvo una tendencia leve a variar en función de la cobertura de rastrojo y el manejo de la mecánica de siembra (Figura 6). El mayor rendimiento tendió a alcanzarse con rastrojo simple y sin uso de barrerastrojo en el cuerpo de siembra (3464 kg/ha), intermedio en el caso del rastrojo simple y con uso de barrerastrojo (3129 kg/ha) y menor en el caso de rastrillado sin uso de barrerastrojo (3042 kg/ha).

Figura 6. Rendimiento en grano (kg/ha) promedio de todos los tratamientos de profundidad, densidad y nitrógeno aplicado, para cada experimento de cobertura de rastrojo y mecánica de siembra. Se asumió posible la comparación de medias entre experimentos y se muestra como letras diferentes aquellos experimentos con rendimientos promedios diferentes (considerando un alfa = 0,1).



No obstante, dentro de cada caso de manejo del rastrojo y mecánica de siembra, las diferencias en general fueron no significativas, aunque con cierta magnitud que cabe mencionar. El rendimiento prácticamente no varió con la profundidad de siembra, aunque eso tendió a depender de la cobertura de rastrojo (Figura 7). En el rastrillado sin barrerastrojo el rendimiento tendió a ser 200 kg/ha mayor con profundidad de 3 cm que de 6 cm, mientras que con rastrojo simple con barrerastrojo la profundidad de 6 cm rindió 60 kg/ha más que la de 3 cm y con rastrojo simple sin barrerastrojo la diferencia a favor de la profundidad de 6 cm versus 3 cm fue de aprox. 100 kg/ha (Figura 7). La densidad también tendió a tener un efecto leve sobre el rendimiento, con diferencias entre las coberturas de rastrojo y mecánica de siembra (Figura 8). Con rastrojo rastrillado y con rastrojo simple con uso de barrerastrojo la densidad de 5 pl/m² rindió entre 200 y 300 kg/ha más que la de 7 pl/m², mientras que con rastrojo simple sin barrerastrojo el rendimiento fue el mismo (Figura 8). La aplicación de nitrógeno tendió a tener un efecto levemente positivo en todos los casos, con aproximadamente 150 kg/ha más a través de coberturas de rastrojo y mecánicas de siembra (Figura 9).

Figura 7. Rendimiento en función de la profundidad (promediando los tratamientos de densidad y nitrógeno aplicado) dentro de cada experimento de cobertura de rastrojo y mecánica de siembra. Se muestra el valor promedio del rendimiento y el resultado de la comparación de medias (alfa = 0,05).

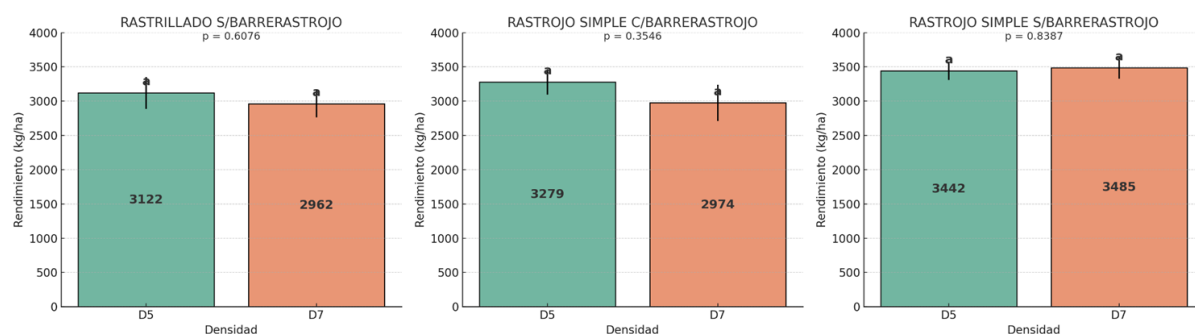


Figura 8. Rendimiento en función de la densidad (promediando los tratamientos de profundidad y nitrógeno aplicado) dentro de cada experimento de cobertura de rastrojo y mecánica de siembra. Se muestra el valor promedio del rendimiento y el resultado de la comparación de medias (alfa = 0,05).

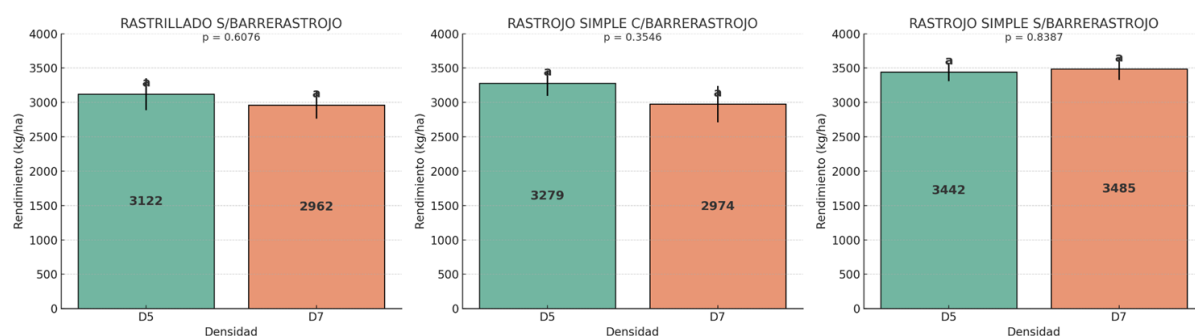
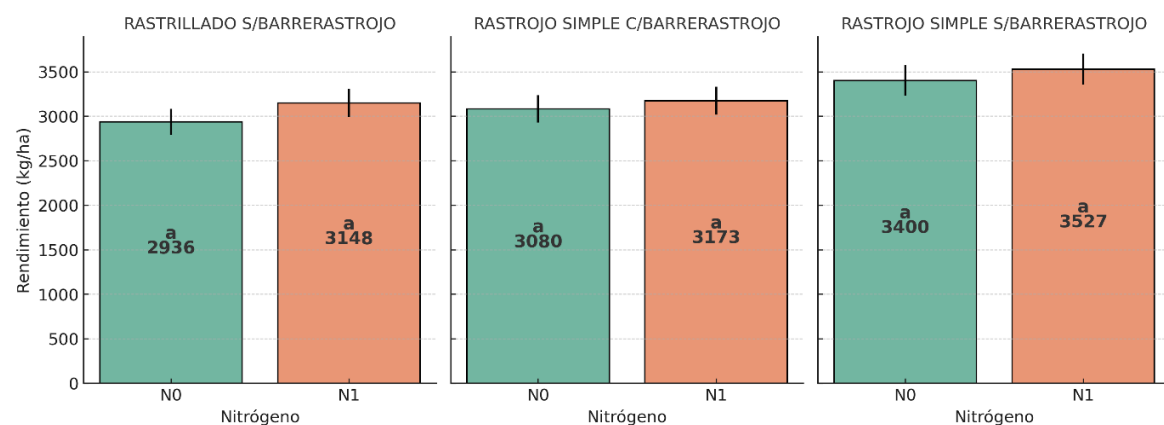


Figura 9. Rendimiento en función del nitrógeno aplicado (promediando los tratamientos de profundidad y densidad) dentro de cada experimento de cobertura de rastrojo y mecánica de siembra. Se muestra el valor promedio del rendimiento y el resultado de la comparación de medias (alfa = 0,05).



A través de todos los tratamientos en los diferentes experimentos, quedó en evidencia que con el rastrojo rastrillado los máximos (3326 kg/ha con 5 pl/m², 6 cm de profundidad y con nitrógeno aplicado) y los mínimos fueron los menores (2536 kg/ha con 7 pl/m², 6 cm de profundidad y sin nitrógeno aplicado) (Figura 10). Con rastrojo simple y uso de barrerastrojo, aumentó el máximo rendimiento en casi 500 kg/ha (3722 kg/ha también con 5 pl/m², 6 cm de profundidad y con nitrógeno aplicado) y también el mínimo, pero solo en 300 kg/ha (2911 kg/ha también con 7 pl/m², 6 cm de profundidad y sin nitrógeno aplicado) (Figura 11). Finalmente, cabe destacar que con rastrojo simple y sin uso de barrerastrojo, ningún tratamiento mostró un rendimiento promedio menor a 3000 kg/ha, con un máximo similar al del experimento mencionado antes (3759 kg/ha con 7 pl/m², 6 cm de profundidad y con aplicación de nitrógeno), pero un mínimo considerablemente más alto (3240 kg/ha con 5 pl/m², 3 cm de profundidad y sin nitrógeno aplicado) (Figura 12).

Figura 10. Rendimiento para cada combinación de profundidad, densidad y nitrógeno aplicado dentro del experimento con rastrojo rastrillado y sin barrerastrojo en el cuerpo de siembra. Se muestra la media y el error estándar para cada tratamiento.

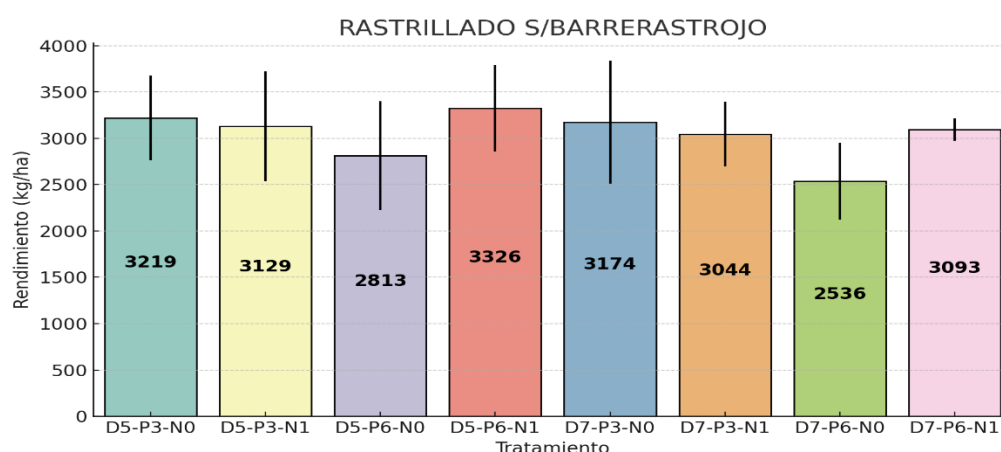


Figura 11. Rendimiento para cada combinación de profundidad, densidad y nitrógeno aplicado dentro del experimento con rastrojo simple con barrerastrojo en el cuerpo de siembra. Se muestra la media y el error estándar para cada tratamiento.

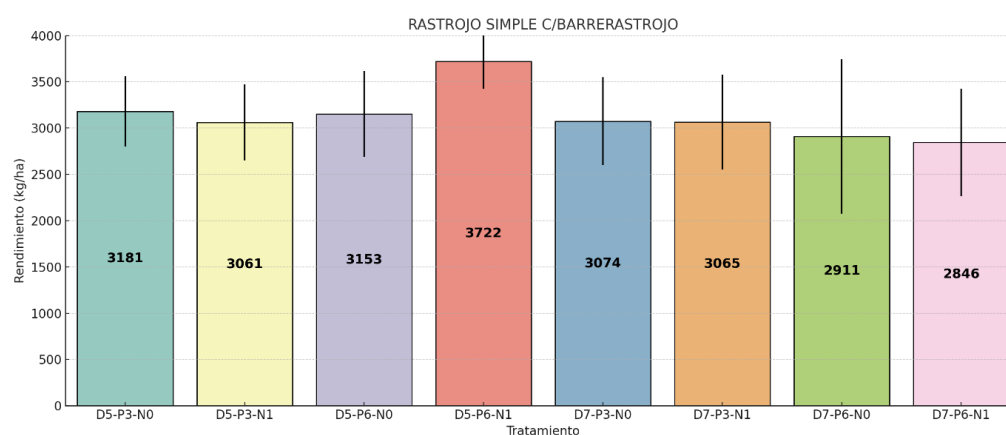
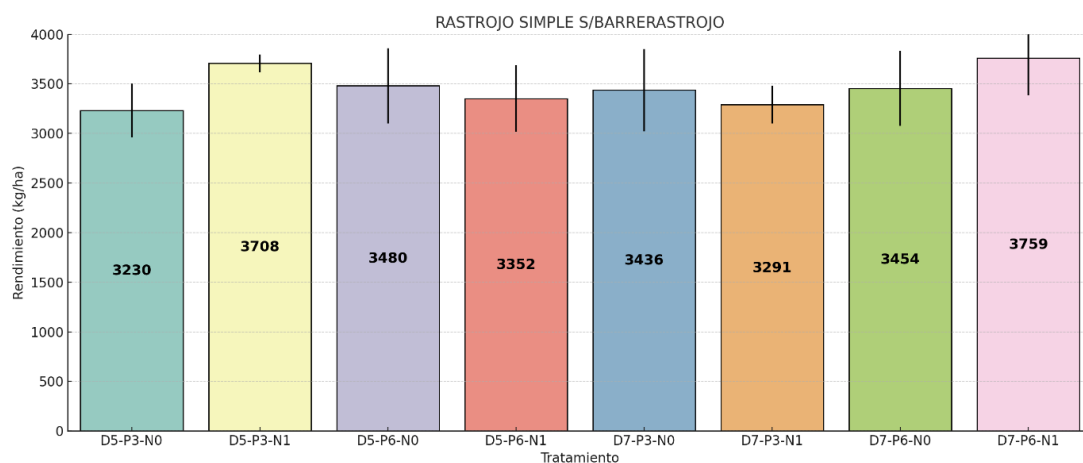
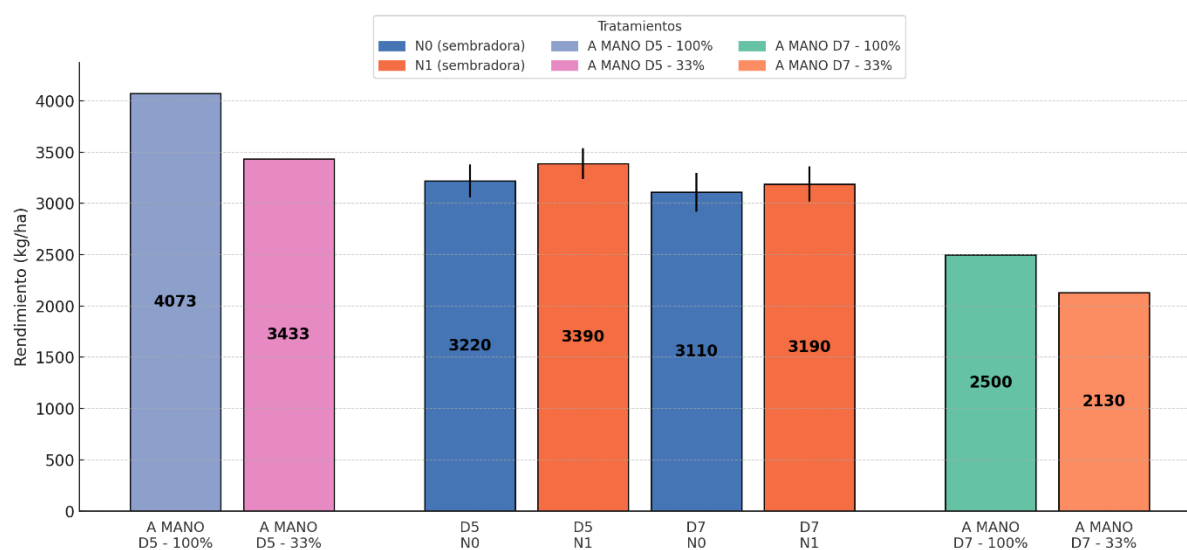


Figura 12. Rendimiento para cada combinación de profundidad, densidad y nitrógeno aplicado dentro del experimento con rastrojo simple sin barrerastrojo en el cuerpo de siembra. Se muestra la media y el error estándar para cada tratamiento.



La última mención por destacar en lo que respecta al rendimiento es que el tratamiento de densidad y fertilización que más tendió a rendir a través de las profundidades de siembra y coberturas de rastrojo ensayadas fue el de 5 pl/m² con aplicación de nitrógeno (3390 kg/ha promedio), con por ejemplo 280 kg/ha más de promedio (aprox. un 9% más) que el de 7 pl/m² sin aplicación de nitrógeno (Figura 13). Asimismo, la parcela de siembra manual de 5 pl/m² con el 100% de la población sembrada el mismo día rindió aprox. 4000 kg/ha, mostrando el rendimiento alcanzable en el ambiente del ensayo, siendo mayor que aquel con 33% de la población sembrada cada 3 días (3433 kg/ha, similar al resto de los tratamientos sembrados a máquina), mientras que los tratamientos manuales de 7 pl/m² mostraron rendimientos considerablemente menores (i.e. menos de 3000 kg/ha) (Figura 13).

Figura 13. Las cuatro barras del centro muestran los rendimientos de los mejores tratamientos de combinación de densidad y nitrógeno aplicado promediando todas las profundidades y manejo del rastreo y mecánica de siembra (se muestra el rendimiento promedio y las barras de error el error estándar). Las dos columnas de la izquierda del gráfico muestran el rendimiento de las parcelas con densidad de 5 pl/m² sembradas a mano, ya sea con el 100% de la población sembrada el mismo día o con tres grupos de 33% de la población sembrados cada tres días. Las dos columnas de la derecha del gráfico muestran el rendimiento de las parcelas con densidad de 7 pl/m² sembradas a mano, ya sea con el 100% de la población sembrada el mismo día o con tres grupos de 33% de la población sembrados cada tres días.



3.4. Relaciones entre variables

Se observaron diferentes correlaciones, tanto positivas como negativas, dependiendo de las variables que se tuvieron en cuenta (Figura 14). Para una mayor facilidad de comprensión del funcionamiento del cultivo en el ensayo que derivó en la generación de rendimiento, las variables se pueden agrupar entre las de misma naturaleza (fenología, arquitectura, rendimiento y componentes), para luego encontrar relaciones entre las de naturaleza diferente.

Respecto a la fenología, existió una correlación positiva consistente entre el estado fenológico alcanzado por un cultivo en una fecha dada y aquel alcanzado en una fecha posterior (correlaciones positivas cruzadas entre "FENOLOGIA" 13NOV, 20NOV, 3DIC y 10DIC). Sin embargo, en términos de fenología, la correlación de lo que sucedió temprano en el ciclo del cultivo (13NOV) fue mucho mayor con los valores de las mediciones cercanas (por ejemplo, 20NOV; $r = 0,76$), respecto de aquella con las más tardías, ya en períodos reproductivos (10DIC; $r = 0,50$), perdiendo fuerza. Asimismo, las parcelas con la fenología más adelantada en promedio también tendieron a ser aquellas con mayor homogeneidad fenológica entre individuos del cultivo. Esto se evidencia por las correlaciones negativas entre la fenología promedio y el desvío estándar de la fenología, aunque esa tendencia fue mayor

en etapas tempranas (por ejemplo, para el 13NOV la correlación fue de -0,76 mientras que para el 10DIC fue de -0,29).

Respecto a las variables arquitecturales, también existió autocorrelación en el tiempo entre alturas (es decir, las parcelas con mayor altura en etapas tempranas tuvieron mayor altura en etapas más tardías, $r = 0,91$). No obstante, a diferencia de la fenología, los cultivos con mayor altura no tuvieron menor variabilidad poblacional de alturas. La correlación que sí fue positiva fue aquella entre la altura alrededor de V13 (3DIC) y el valor de NDVI para ese mismo estadio (NDVI_4DIC) ($r = 0,62$), pero la fuerza de esa correlación disminuyó considerablemente cuando se la relacionó con la eficiencia de interceptación de la radiación a floración ($r = 0,19$, no significativa). La relación positiva, pero débil entre el NDVI en V13 y la eficiencia de interceptación en floración ($r = 0,27$) sostiene esa pérdida de asociación entre variables tempranas respecto de aquellas más tardías.

La relación positiva observada entre variables fenológicas (número de hojas expandidas) y arquitecturales (altura y NDVI) durante etapas vegetativas sugiere que aquellos cultivos que emergieron antes también lo hicieron de manera más sincrónica y generaron mayor cobertura temprana. Sin embargo, la pérdida de fuerza de las correlaciones a través del ciclo puede haberse debido a compensaciones vegetativas evidenciadas también en los atributos reproductivos. Esto último se observa a partir de la nula correlación entre las variables de fenología y el rendimiento y la positiva pero muy baja entre las arquitecturales (NDVI_4DIC) y el rendimiento o el número de granos por metro cuadrado (Figura 15), así como negativa con el peso de mil granos ($r = -0,35$).

El rendimiento se asoció fuertemente con el número de granos por metro cuadrado ($r = 0,79$; $R^2 = 0,62$) y débilmente con el peso de mil granos ($r = 0,24$; $R^2 = 0,06$) (Figura 16). Cabe destacar que los dos componentes del rendimiento tuvieron una compensación negativa ($r = -0,29$), sugiriendo falta de fuente durante el llenado de los granos. Finalmente, se observó una relación entre el rendimiento y el diámetro medio del capítulo ($r = 0,49$; $R^2 = 0,21$), así como el logro a cosecha ($r = 0,26$; $R^2 = 0,05$) (Figura 17), que asimismo tuvieron relación positiva con el número de granos por metro cuadrado, pero no tuvieron mucha relación con las variables de fenología y arquitectura del cultivo durante etapas vegetativas. Esto sugiere finalmente que las condiciones posteriores a la floración, durante el cuaje y llenado de los granos y no únicamente la estructura del cultivo lograda a partir de las prácticas de manejo cercanas a la siembra fueron las que determinaron en gran medida el éxito reproductivo del cultivo.

Figura 14. Matriz de correlaciones de Pearson (r) de todas las variables medidas en el experimento. Las celdas en verde indican correlaciones positivas y significativas, las celdas en rojo indican correlaciones negativas y significativas, las celdas en gris indican correlaciones no significativas.

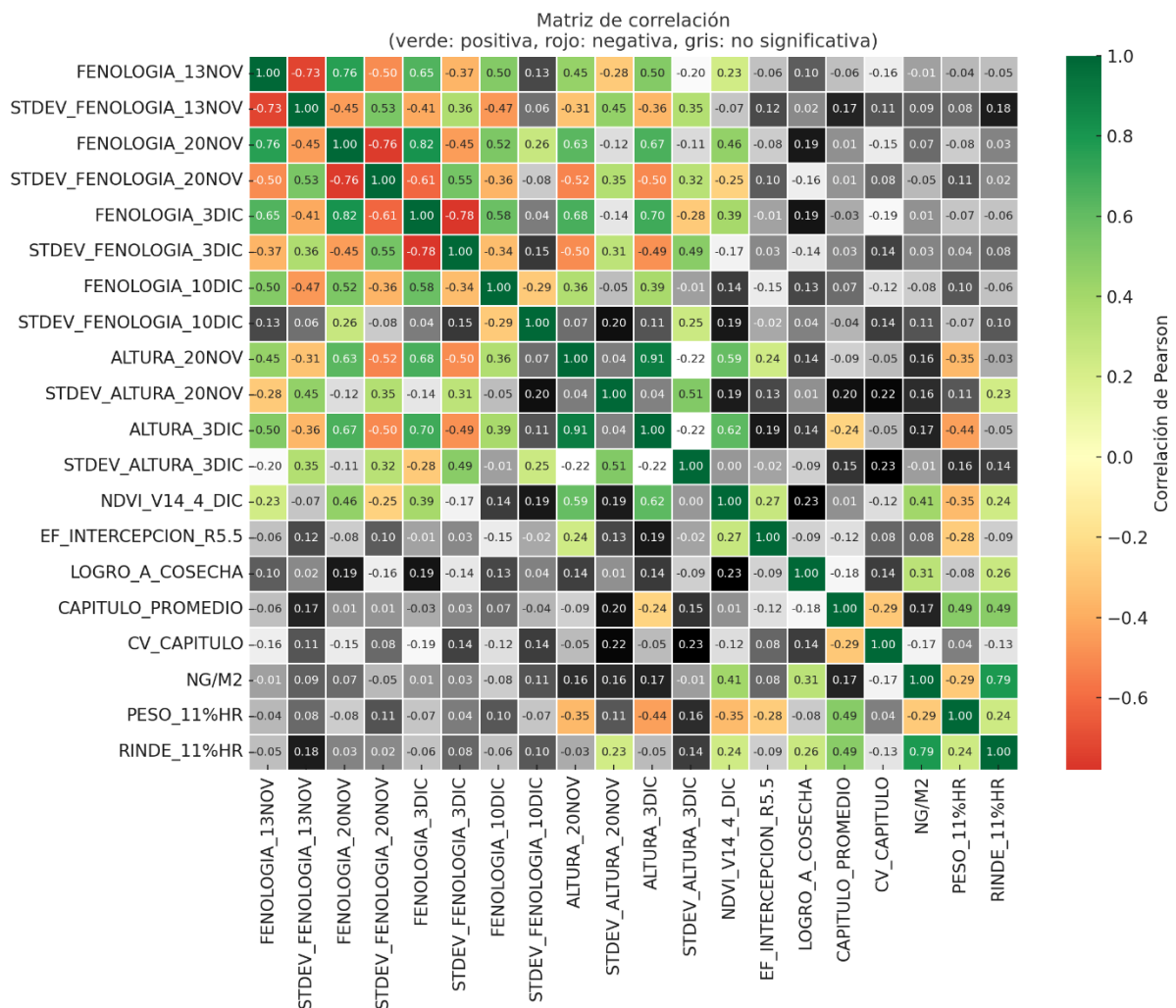


Figura 15. Relación entre el número de granos por metro cuadrado y el valor de NDVI al 4 de diciembre (izquierda) y entre el rendimiento y el valor de NDVI al 4 de diciembre (derecha). Se indica el modelo promedio, el intervalo de confianza del modelo, el coeficiente de correlación (r^2) y el p-valor del modelo.

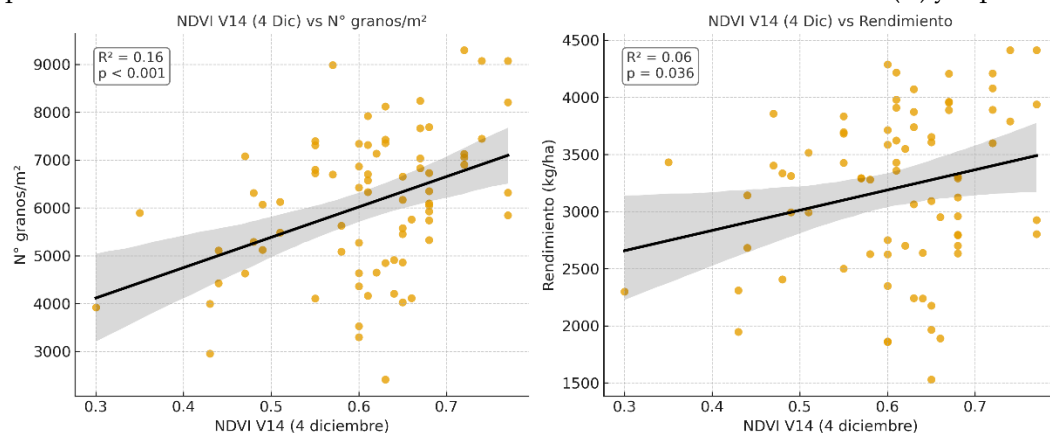


Figura 16. Relación entre el rendimiento y el número de granos por metro cuadrado (izquierda) y el peso de mil granos (derecha). Se indica el modelo promedio, el intervalo de confianza del modelo, el coeficiente de correlación (r^2) y el p-valor del modelo.

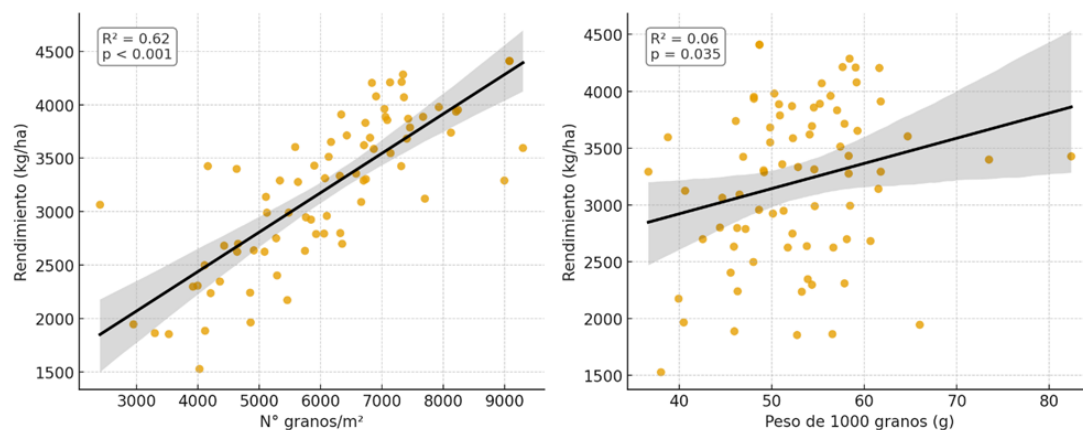
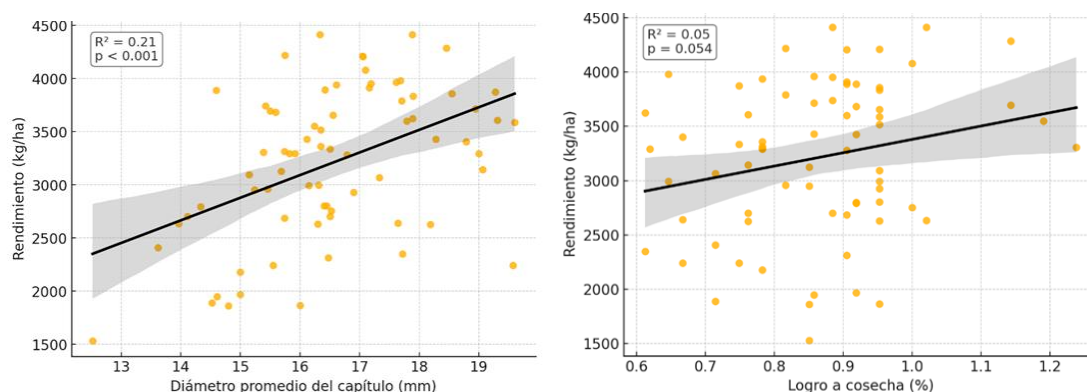


Figura 17. Relación entre el rendimiento y el diámetro medio del capítulo (izquierda) y el logro a cosecha (derecha). Se indica el modelo promedio, el intervalo de confianza del modelo, el coeficiente de correlación (r^2) y el p-valor del modelo.



4) Conclusiones

El proyecto implicó evaluar el rendimiento de girasol ante cambios en variables de manejo sutiles y con directa aplicación a campo. Los resultados del ensayo se pueden interpretar desde diferentes dimensiones, considerando que todas pueden esclarecer ideas acerca de las prácticas de manejo con mayor probabilidad de maximizar los rendimientos de girasol en la región.

Cabe destacar que el rendimiento alcanzable de girasol en el ensayo se encontró cercano a los 4000 kg/ha, siendo el alcanzado por el tratamiento de siembra manual con tres plantas por golpe y posterior raleo, con 5 pl/m² y el 100% de la población sembrado el mismo día. Asimismo, algunos tratamientos en los experimentos sembrados a máquina alcanzaron rendimientos similares, aunque levemente inferiores (alrededor de 3700 kg/ha). El contraste entre el rendimiento promedio de los tratamientos y sus interacciones de mayor y menor rendimiento fue considerable en promedio, lo que sugiere que el manejo puede llevar a resultados diferentes, incluso dentro de los leves cambios en los niveles de los factores ensayados. No obstante, cuando se analizó estadísticamente el efecto de los diferentes tratamientos sobre el rendimiento las diferencias entre medias de los tratamientos fueron prácticamente no detectables.

Los efectos más contundentes fueron los del manejo del rastrojo y la mecánica de siembra. A pesar de que el experimento con rastrojo rastrillado logró una emergencia relativamente más rápida y pareja de las plantas independientemente de la profundidad de siembra, también fue el de menor rendimiento. En contraste, el experimento con rastrojo simple y sin barrerastrojo necesitó de una profundidad de 6 cm para lograr una emergencia rápida y pareja. Sin embargo, fue el de mayor rendimiento. Cuando se observa que el impacto de la estructura del cultivo lograda temprano en el ciclo tuvo una fuerza cada vez menor sobre la arquitectura y captura de radiación del cultivo a medida que avanzó el ciclo y nula relación con el rendimiento y sus componentes, se puede suponer que las condiciones del año (sequía estacional muy intensa hacia fin de etapas vegetativas y durante todo el período de floración y cuaje) pudieron causar mayor estrés en cultivos con suelo descubierto, relacionado a mayor evaporación. Más allá de un correcto establecimiento y lograr un cultivo parejo, las condiciones durante la floración y el cuaje de los granos son determinantes de la fijación de granos final. En consecuencia, ante la alta probabilidad de que ocurran condiciones de sequía estacional en la región, sería razonable encontrar soluciones intermedias que aseguren una buena emergencia y estructura del cultivo, pero no atenten contra la economía del agua. En este sentido, el uso de barrerastrojos no pareció ser un factor fundamental para lograr una mejor construcción del rendimiento, pero sí la siembra en profundidad (6 cm) no evidenció pérdidas de logro sino que por el contrario, permitió acceder a mejores condiciones de humedad y lograr un cultivo parejo.

La respuesta a la densidad y la fertilización nitrogenada no se alejó de lo esperado para la región. Una densidad que para las condiciones de producción normales se puede considerar intermedia como 5 pl/m² maximizó, en general, los rendimientos promedio, aunque la diferencia con la mayor densidad de 7 pl/m² no fue de una magnitud que llevara a tomar decisiones contundentes hacia uno u otro lado en fines prácticos. La fertilización nitrogenada tuvo un impacto moderado, pero bastante consistente, lo que sugiere tenerlo en cuenta como una práctica con probabilidad de respuesta positiva sobre la productividad. En general, las

condiciones generadas cercano a la siembra con la densidad y la fertilización tuvieron efectos tempranos sobre la arquitectura del cultivo y la captura de radiación, pero evidentemente no fueron suficientes para determinar grandes respuestas productivas ante las condiciones particulares de la campaña.

Como gran resumen del proyecto, las prácticas de manejo con mayor probabilidad de éxito, en caso de repetirse años en la región similares al del ensayo, probablemente se asocien a (i) eficientizar la economía del agua a través de la cobertura de rastrojo, (ii) lograr stands de un establecimiento rápido y homogéneo, que podrían estar asociados a una densidad intermedia típica comercial como 5 pl/m² y una profundidad mayor a la utilizada tradicionalmente como la de 6 cm, (iii) fertilizar estratégicamente al cultivo para aumentar la fuente y su duración. La modificación artificial de la arquitectura del cultivo a la siembra sugirió efectos existentes de variables que podrían derivar de decisiones de manejo tempranas. Sin embargo, el hecho de que el rendimiento se haya relacionado en mayor medida con características definidas durante el período reproductivo y que hayan existido compensaciones diversas entre componentes de la construcción del rendimiento, lleva a pensar que desde el manejo a la siembra no existe una práctica con efectos contundentes y consistentes que recetar.