
EFFECTO DEL ANTECESOR SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE TRIGO CANDEAL: COMPARACIÓN ENTRE CULTIVO DE SERVICIO Y RASTROJO DE TRIGO

Práctica Profesional Supervisada en Compañía Molinera del Sur S.A.



CASQUETE FAUSTO

Docente tutor: Dr. (Ing. Agr.) Carlos Torres Carbonell

Docentes consejeros: Dr. (Ing. Agr.) Patricia Chimeno

Dr. (Ing. Agr.) Román Boris Vercellino

Tutor externo: Ing. Agr. Federico Lloret



Diciembre 2025



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS:	2
RESUMEN	3
I. INTRODUCCIÓN	5
II. OBJETIVOS	7
II.1. Objetivo general	7
II.2. Objetivos específicos	7
II.3. Objetivos profesionales	7
III. COMPAÑÍA MOLINERA DEL SUR S.A.	8
III.1. La Empresa	8
III.2. Organigrama	9
III.3. Metodologías y actividades desarrolladas durante la práctica profesional	10
IV. MARCO REFERENCIAL	11
IV.1. Producción mundial de trigo	11
IV.2. Origen e introducción en Argentina del trigo Candeal	12
IV.3. Principales usos del trigo candeal	14
IV.4. Los Cultivos de servicio	15
V. EVALUACIÓN DE UN CULTIVO DE SERVICIO RESPECTO DEL RASTROJO DE TRIGO COMO ANTECESOR DE TRIGO CANDEAL	16
V.1. Área de Trabajo	16
V.2. Metodología utilizada	20
V.3. Análisis económico	21
V.4. Cultivo de servicio	22
V.5. Rastrojo de trigo	24
V.6. Siembra de trigo candeal	24
V.7. Seguimiento y monitoreo	25
V.8. Cosecha	32
V.9. Efecto CS y R - Resultados del Análisis de varianza	33
V.10. Rendimientos de cosecha en el lote	37
V.11. Calidad	38
V.12. Resultado económico	39
VI. CONSIDERACIONES FINALES	43
VII. BIBLIOGRAFÍA	45

AGRADECIMIENTOS:

Gracias a mi familia, especialmente a mis padres, por darme la oportunidad de estudiar e inculcarme los valores de responsabilidad y dedicación desde chico.

A mi hermano por su apoyo y aguante.

A mis amigos, por su apoyo, por la amistad y por los momentos vividos. Sin ustedes esto no hubiera sido posible.

A la Universidad Nacional del Sur, especialmente al Departamento de Agronomía, por brindarme una excelente formación académica. A los docentes, gracias por compartir sus conocimientos y por darme una mano cuando la necesité.

A Cia. Molinera del Sur por permitirme realizar mi práctica profesional en su establecimiento.

A Fede Lloret, por su predisposición y generosidad. Gracias por brindarme tu tiempo y tus conocimientos. A Camilo, por su predisposición al momento de la cosecha.

A Carlos, gracias por dedicarme tu tiempo, por tu generosidad y por ser un ejemplo como profesional. A Patricia y Boris, por su tiempo, sus ganas de enseñar y por responder cada duda.

A todos los que fueron parte y estuvieron siempre para apoyarme, gracias.

RESUMEN

El trigo candeal constituye un cultivo de alto valor estratégico para la industria de pastas, donde la calidad comercial del grano, determina su inserción en mercados específicos. En el sudoeste bonaerense, su producción enfrenta restricciones propias del ambiente semiárido: limitaciones hídricas, variabilidad climática y suelos de moderada a baja fertilidad. Sin embargo, la cercanía a plantas molineras regionales otorga oportunidades logísticas que fortalecen su competitividad dentro de los esquemas productivos locales. En este contexto, las decisiones sobre el antecesor adquieren relevancia porque influyen directamente en la provisión de servicios ecosistémicos, en la dinámica de nutrientes y agua, en los costos de manejo durante el barbecho, así como en el rendimiento y la calidad final del cultivo. Los cultivos de servicio se han propuesto como alternativa al barbecho tradicional con rastrojo de trigo, aportando efectos potencialmente positivos sobre la estructura del suelo, la cobertura, el control de malezas y la eficiencia en el uso de recursos. No obstante, persisten interrogantes sobre su impacto agronómico y económico bajo condiciones restrictivas como las de esta región. El presente trabajo se llevó a cabo en el partido de Coronel Rosales y tuvo como objetivo general evaluar el efecto de un cultivo de servicio, en comparación con un barbecho químico sobre rastrojo de trigo candeal, sobre el rendimiento y la rentabilidad del trigo candeal. Los objetivos específicos incluyeron analizar el impacto de ambos antecesores sobre los rendimientos y la calidad comercial del grano y el resultado económico del cultivo. La experiencia se enmarcó en la Práctica Profesional Supervisada desarrollada entre el Departamento de Agronomía (UNS) y Compañía Molinera del Sur SA. El manejo del cultivo se realizó siguiendo prácticas representativas de la región, evaluándose variables productivas, económicas y de calidad industrial. Los resultados destacan que a nivel de todo el lote, el trigo candeal con antecesor cultivo de servicio mostró un mayor rendimiento (6864 kg ha^{-1}) y mayor margen bruto (1072 USD ha^{-1}), que el sistema de barbecho químico sobre rastrojo de trigo (6221 kg ha^{-1} , 1017 USD ha^{-1}). Esto indica que, en las condiciones del ensayo, el antecesor cultivo de servicio generó un piso productivo superior que se tradujo en mayor ingreso a pesar de costos directos más elevados. Continuar evaluando estos sistemas permitirá cuantificar con

mayor precisión su verdadero impacto en la rentabilidad y la sustentabilidad a largo plazo en los sistemas regionales.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco del convenio entre el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y la empresa Compañía Molinera del Sur S.A. (CMS), se desarrolló durante el año 2025 una Práctica Profesional Supervisada (PPS) destinado a estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería Agronómica. El presente trabajo tuvo como propósito evaluar el efecto del cultivo de servicio (CS) compuesto por vicia, sorgo y soja en comparación con barbecho químico con rastreo de trigo candeal (RT) sobre el rendimiento y la viabilidad económica del trigo candeal en el partido de Coronel Rosales.

CMS es una empresa radicada en Bahía Blanca, dedicada desde hace más de quince años a la industrialización de trigo candeal, con una reconocida trayectoria en la elaboración de sémolas de alta calidad destinadas tanto al mercado interno como a la exportación. La firma mantiene una relación estrecha con productores trigueros del sudoeste bonaerense (SOB), impulsando la diferenciación del candeal como cultivo estratégico por su destino industrial en la producción de pastas y su aporte a la competitividad agroindustrial regional.

En los últimos años, la mayor variabilidad climática y los cambios en los precios relativos de los insumos agrícolas han resaltado la necesidad de optimizar la rotación de cultivos y mejorar la eficiencia en el uso de recursos en regiones de alta variabilidad productiva, como el SOB (Scoconi et al., 2024). En este contexto, el trigo candeal enfrenta desafíos vinculados a la sostenibilidad del sistema, la conservación del suelo y la rentabilidad, especialmente en ambientes donde las condiciones edáficas y climáticas son limitantes.

El uso de cultivos de servicio ha emergido como una estrategia de manejo sustentable, capaz de mejorar la estructura del suelo, reducir la pérdida de nutrientes, controlar malezas y contribuir al balance de carbono. Sin embargo, su incorporación dentro de esquemas de producción comercial plantea interrogantes respecto a sus costos, su impacto sobre el rendimiento posterior y los márgenes económicos del cultivo principal.

Esta PPS propone analizar comparativamente los efectos de un CS y del barbecho químico sobre RT como antecesores del trigo candeal, integrando aspectos productivos, técnicos y económicos. El propósito final es generar información local que aporte a la toma de decisiones por parte de productores y empresas, fortaleciendo la competitividad y la sustentabilidad de la cadena del trigo candeal en un ambiente restrictivo como el partido de Coronel Rosales.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de un CS compuesto por vicia, sorgo y soja, en comparación con un barbecho químico en RT, sobre el rendimiento y la rentabilidad del trigo candeal en el partido de Coronel Rosales.

II.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de dos antecesores contrastantes sobre:

- a) Rendimiento y calidad.
- b) Margen Bruto del cultivo.

II.3. Objetivos profesionales

- c) Adquirir nuevos conocimientos y fortalecer los contenidos teóricos de la carrera con situaciones reales presentadas a campo.
- d) Adquirir herramientas para el monitoreo agronómico de lotes de trigo candeal sobre distintos cultivos antecesores.
- e) Generar aptitudes para la inserción en el ámbito laboral.

III. COMPAÑÍA MOLINERA DEL SUR S.A.

III.1. La Empresa

En 2008, con la transformación del antiguo Molino América (fundado en 1897) se da origen a Compañía Molinera del Sur S.A. en Bahía Blanca. Hoy, con casi veinte años de trayectoria en esta forma y con raíces que remontan al siglo XIX, la empresa se ha consolidado como el principal exportador de sémola de trigo candeal (*durum wheat* semolina) en Sudamérica.

La planta industrial está ubicada en calle Neuquén 80, en la ciudad de Bahía Blanca, una localización estratégica ya que se encuentra a solo 8,2 km del puerto de la ciudad, una ventaja logística clave y dentro de una de las mayores zonas trigueras del país, lo que le otorga acceso directo a materia prima de óptima calidad (CIA, 2024).

CMS integra verticalmente todas las etapas de producción de la sémola: desde el desarrollo genético del grano, lo que permite asegurar altos niveles de proteína, calidad de gluten, color y sanidad; hasta la siembra de granos, considerando antecesores de cultivo, aplicando buenas prácticas agrícolas, rotación y tecnologías modernas, la cosecha, el acopio, la molienda y la exportación del producto terminado.

Además de la selección genética, la empresa multiplica sus propias semillas y realiza la siembra tanto en campos propios como en campos bajo convenio con productores supervisados técnicamente, en un radio aproximado de 200 km alrededor de Bahía Blanca. Esta práctica asegura trazabilidad desde la génesis del grano hasta el producto final.

CMS fundamenta su éxito en dos pilares fundamentales: sustentabilidad y calidad. En el plano de la sustentabilidad, el desarrollo genético está orientado a obtener variedades que requieran o minimicen la aplicación de agroquímicos; se implementan rotaciones de cultivos adecuadas, se emplean sistemas de acopio diseñados para evitar insecticidas (bio-conservación conforme a normas europeas), tecnología de punta para reducir consumo de combustible y energía en la descarga, molienda eficiente y carga optimizada, minimizando desperdicios

y residuos. Además, el sistema de gestión ambiental está certificado bajo la norma ISO 14001.

En cuanto a la calidad, la empresa garantiza el origen de todo grano que se procesa en su planta, aplicando buenas prácticas agrícolas desde el cultivo y buenas prácticas de manufactura en la planta de molienda. Su sistema de aseguramiento de calidad está certificado de acuerdo a las normas ISO 22000 / FSSC 22000.

Cabe destacar que, según una nota especializada, la planta de Molinera del Sur cuenta con dos diagramas de molienda, uno de 300 toneladas por día y otro de 250 toneladas por día, que en conjunto suman una capacidad aproximada de 550 toneladas diarias, con equipamiento de tecnología suiza de última generación (Bühler AG). Procesan unas 100.000 toneladas anuales de producto, de las cuales entre un 30 y 40 % destina a exportación.

III.2. Organigrama

El Cdor. Fabián Weimann es actualmente el Presidente de CMS, cargo que ejerce con la responsabilidad de supervisar y coordinar las tres grandes áreas de la empresa: el sector agrícola, el sector industrial y el sector de investigación y desarrollo (Figura 1). En su rol de presidente lidera una estrategia de integración vertical completa que va desde la selección genética del trigo candeal hasta su procesamiento en sémola de alta calidad para exportación, donde la empresa colabora con instituciones de Estados Unidos, Francia, Italia y Australia para la obtención de nuevas variedades adaptadas a la región (CIA, 2024)

CIA MOLINERA DEL SUR S.A

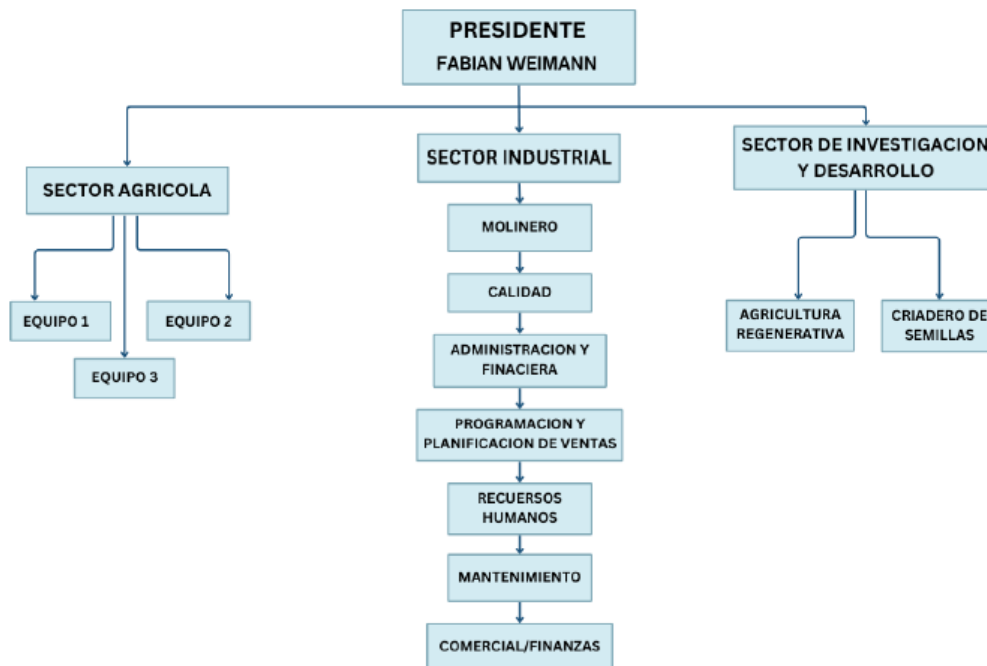


Figura 1. Organigrama de Compañía Molinera del Sur.

III.3. Metodologías y actividades desarrolladas durante la práctica profesional

La PPS se desarrolló entre los meses de junio y diciembre de 2025, en el marco de las actividades que lleva adelante CMS. La experiencia se realizó bajo la modalidad de entrenamiento profesional, con acompañamiento técnico del Ing. Agr. Federico Lloret, responsable de la sección agrícola de la empresa. Las tareas se concentraron en el establecimiento “Las Lomas”, ubicado en el partido de Coronel Rosales, donde se llevó a cabo el seguimiento integral de un lote destinado a la producción de trigo candeal.

Las actividades incluyeron visitas periódicas al establecimiento junto con el ingeniero responsable, con el propósito de realizar el monitoreo completo del cultivo a lo largo de su ciclo. Entre las principales acciones desarrolladas se destacan:

- Ejecución y control del barbecho químico, con evaluación del estado del lote previo a la siembra.
- Siembra del trigo candeal, registrando densidad, fecha y condiciones del suelo.
- Monitoreo del desarrollo fenológico del cultivo, analizando variables de crecimiento y estado sanitario.
- Evaluación de plagas, malezas y enfermedades, mediante observaciones de campo y registros sistemáticos.
- Seguimiento de la cosecha, determinando rendimiento y condiciones del grano.
- Determinación de la calidad comercial del trigo candeal cosechado, con especial atención a parámetros de proteína, gluten y color.

Esta modalidad permitió desarrollar e integrar conocimientos teóricos con la PPS en un contexto productivo real, contribuyendo al desarrollo de competencias técnicas y al análisis de factores que inciden sobre la productividad y manejo del cultivo del trigo candeal en la región.

IV. MARCO REFERENCIAL

IV.1. Producción mundial de trigo

El trigo constituye uno de los tres principales cereales del mundo, con una producción anual superior a 790 millones de toneladas (FAO, 2024). Es el cultivo predominante en más de 40 países, y su adaptabilidad le permite crecer desde los 67° de latitud norte, en regiones como Escandinavia y Rusia, hasta los 45° de latitud sur en Argentina, incluyendo áreas elevadas de las zonas tropicales y subtropicales (Feldman, 1995).

A nivel global, los principales productores de trigo (Figura 2) son China, la Unión Europea e India, que en conjunto concentran más del 45% de la producción mundial. Argentina ocupa el puesto 12°, con una producción promedio superior a 18 millones de toneladas anuales (USDA, 2025).

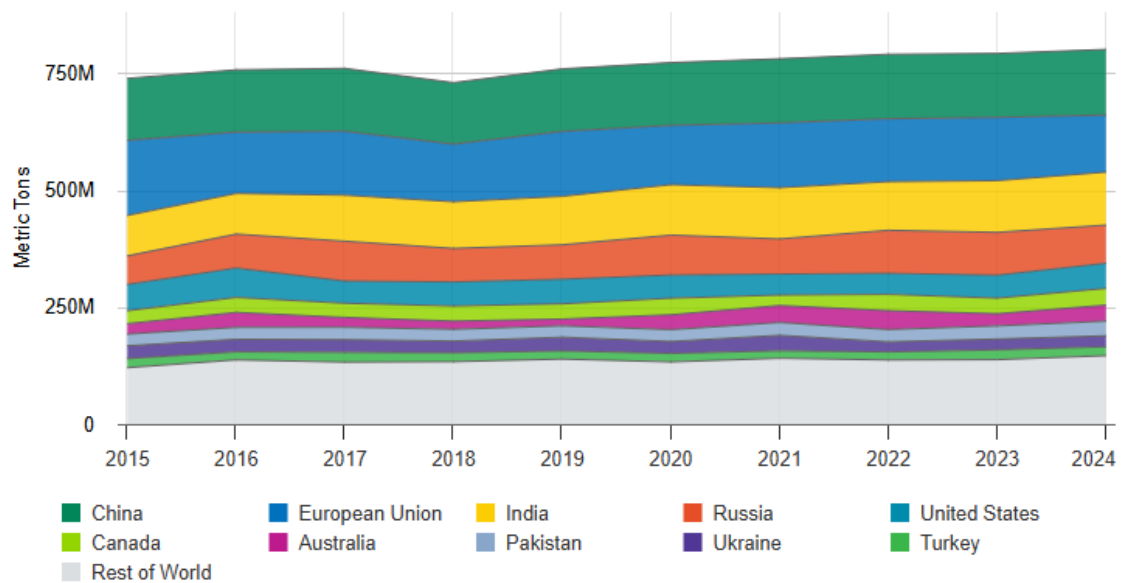


Figura 2. Ranking de los principales productores de trigo a nivel mundial (2015–2024), según volumen de producción. Fuente: USDA, 2025.

En cuanto al trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*), la producción mundial ronda los 33,8 millones de toneladas. Se trata de una especie adaptada a ambientes semiáridos, caracterizados por bajas precipitaciones y frecuentes episodios de estrés térmico durante las etapas finales del ciclo. Esta condición explica su amplia difusión en la Cuenca del Mediterráneo, región que concentra cerca del 50% de la producción mundial (Martínez-Moreno, 2022).

IV.2. Origen e introducción en Argentina del trigo Candeal

El trigo candeal es una gramínea originaria de Medio Oriente. Según diversos investigadores, esta especie fue uno de los progenitores del trigo pan, a través de cruzamientos naturales del trigo “durum” con especies silvestres de trigo diploide (MAGyP, 2011). Se cree que su domesticación ocurrió hace más de 8.000 años en la región del Creciente Fértil, donde se seleccionaron variedades con granos duros y alto contenido proteico (Macaferri et al., 2019). Desde allí, su cultivo se expandió hacia el norte de África, el sur de Europa y finalmente al resto del mundo, adaptándose a climas secos y suelos poco fértiles, lo que explica su relevancia actual en zonas semiáridas.

Se considera que la primera siembra de trigo en Argentina se realizó probablemente con trigo candeal alrededor del año 1527, durante la expedición de Sebastián Gaboto. Esta plantación habría tenido lugar en el Fuerte Sancti Spiritu, ubicado en lo que hoy corresponde a la localidad de Puerto Gaboto, en la Provincia de Santa Fe.

La difusión comercial del trigo candeal en el país comenzó hace aproximadamente 70 años, cuando inmigrantes italianos introdujeron semillas en el sur de la Provincia de Buenos Aires, más específicamente en el Partido de Tres Arroyos. En la actualidad, la mayor parte de la producción, cerca del 60% del total nacional (Figura 3), se concentra en los partidos de Coronel Dorrego, Coronel Pringles y Olavarría (MAGyP, 2011).

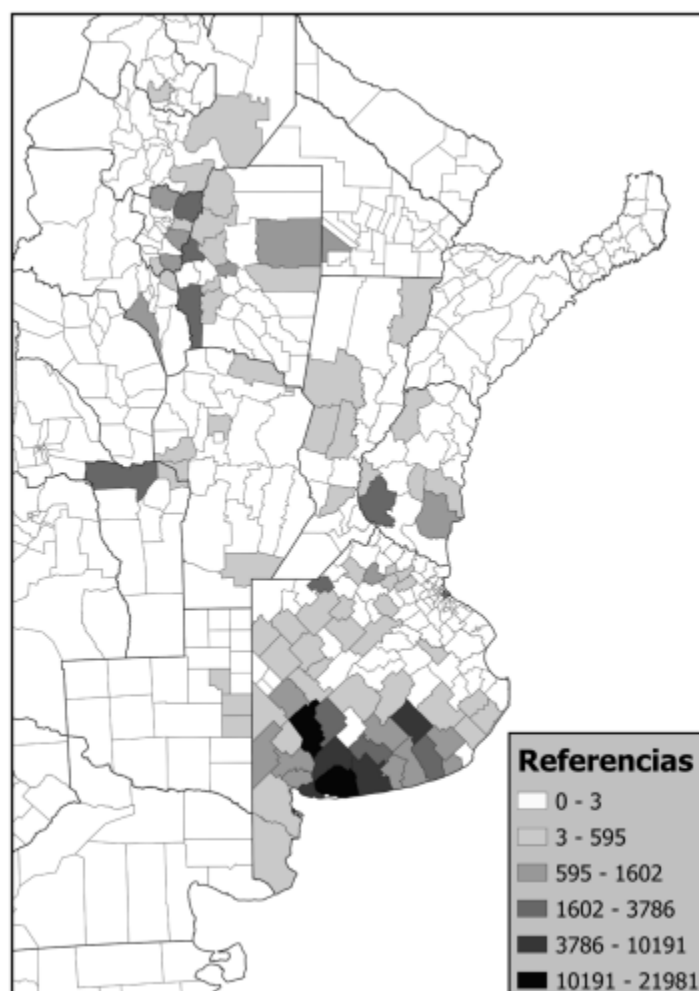


Figura 3. Distribución geográfica de superficie (ha) de siembra de trigo candeal.
Campaña 23/24. Fuente: SISA, 2024

IV.3. Principales usos del trigo candeal

Al moler un grano de mayor dureza, como el de trigo candeal, se obtienen sémolas, que presentan una granulometría mayor a las harinas derivadas del trigo pan. Estas sémolas se utilizan principalmente en la elaboración de pastas, y en países como Italia, Francia y Grecia, su uso está regulado por normativa, exigiendo que las pastas de calidad se produzcan con trigo candeal (MAGyP, 2011).

Otro de los usos del trigo candeal es el consumo directo del grano, ya sea en forma entera o partida. Existe un mercado destacado en el Norte de África y el Cercano Oriente, donde se consume tradicionalmente como “couscous” (Figura 4). El grano se lava, se parte, se seca y la sémola resultante se cuece al vapor antes de su consumo.

Asimismo, el grano puede ser procesado como trigo “burgol” (Figura 4), que consiste en granos partidos, zarandeados, precocidos y secados. Tras este tratamiento, el burgol puede consumirse sin cocción adicional, requiriendo únicamente remojo previo en agua o caldo para su ablandamiento. Además, el trigo candeal y sus derivados son utilizados en productos de panadería especializada, ensaladas y como ingrediente en dietas saludables debido a su alto contenido proteico y de gluten fuerte, que mejora la textura y la calidad nutricional de los alimentos.



Figura 4. Usos del trigo candeal. A: couscous y B: burgol. Fuente: Elaboración propia.

IV.4. Los Cultivos de servicio

Anteriormente, los cultivos de servicio eran conocidos como “cultivos de cobertura”, ya que se pensaba que su única función era mantener el suelo cubierto durante el período de barbecho. Sin embargo, esta definición ha quedado obsoleta, y actualmente se los define más apropiadamente como “cultivos de servicios ecosistémicos, de regulación y soporte” (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2018). Esta nueva perspectiva reconoce su rol integral en la sostenibilidad agrícola.

Los cultivos de servicio (CS) generalmente no se pastorean, incorporan ni cosechan; permanecen en la superficie del suelo, protegiéndolo y liberando nutrientes a través de la descomposición de su biomasa aérea y radical (Piñeiro, 2020). Además, contribuyen a la formación de macroporosidad en el suelo debido a la diversidad de sistemas radiculares de las especies utilizadas, aportan nitrógeno y carbono, reducen los riesgos de erosión hídrica y eólica, disminuyen la presencia de malezas, almacenan agua al reducir la evaporación del suelo y previenen el ascenso de sales (Piñeiro, 2023; FAO, 2021).

Las especies empleadas en los cultivos de servicio suelen ser variadas. Por lo general, se conforman asociaciones de diferentes especies para aprovechar de manera más amplia los recursos y cumplir con diversos objetivos en el sistema productivo particular. La elección de las especies depende de factores como el tipo de suelo, el clima y los objetivos específicos del productor (Piñeiro, 2020).

La decisión de finalizar el ciclo del CS depende de la disponibilidad hídrica de la campaña, especialmente en áreas donde el agua es un recurso limitado, y de la fecha de siembra del cultivo posterior. También influye el tipo de especies que componen la mezcla y los objetivos para los cuales fue diseñado el CS (Piñeiro, 2023).

En Argentina, diversos estudios científicos han evaluado el impacto de los cultivos de servicio en la salud y productividad de los suelos. Estudios recientes han determinado el aporte de cultivos de servicio a la fertilidad de los suelos, validando el uso de estas prácticas como herramientas efectivas para mejorar la

salud y productividad de los suelos agrícolas en Argentina (Berenstecher et al., 2023).

Estos avances científicos respaldan la adopción de cultivos de servicio como una estrategia viable para mejorar la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas en Argentina, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales y al aumento de la resiliencia de los agroecosistemas.

V. EVALUACIÓN DE UN CULTIVO DE SERVICIO RESPECTO DEL RASTROJO DE TRIGO COMO ANTECESOR DE TRIGO CANDEAL

V.1. Área de Trabajo

El partido de Coronel Rosales se encuentra ubicado en el sur de la Provincia de Buenos Aires (Figura 5). Limita al oeste y noroeste con el Partido de Bahía Blanca, al norte con el de Coronel Pringles, al sudeste con Coronel Dorrego, haciendo de límite natural el Río Sauce Grande, y al sur con el Mar Argentino (Busso, 2015).



Figura 5. Ubicación geográfica del Partido de Coronel Rosales en la Provincia de Buenos Aires, y partidos limítrofes. Fuente: Busso, 2015.

El clima de la región es semiárido-templado, con estaciones térmicas bien marcadas. La temperatura anual promedio es 16,3°C, con temperatura media en el mes más cálido de 21°C (enero) y del mes más frío 4,5°C (julio). El promedio anual de días con heladas es de alrededor de 31 días, con mayor frecuencia de ocurrencia en los meses invernales de junio, julio y agosto. Las heladas típicamente se concentran entre principios de mayo y principios de octubre, por lo que el periodo sin heladas abarca aproximadamente desde mediados de primavera hasta fines de verano. Son de suma importancia las heladas tempranas y tardías.

En cuanto a las precipitaciones, el promedio histórico anual es de 587 mm, con marcada variabilidad intra e interanual. Los meses de otoño y primavera se caracterizan por ser los más húmedos, mientras que los meses invernales y de verano son los más secos (Figura 6).

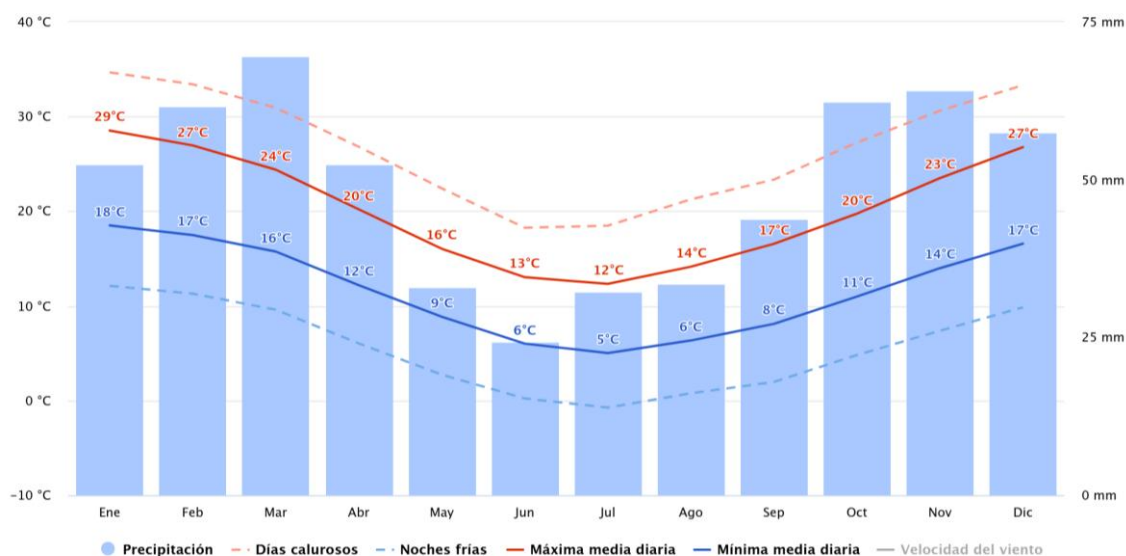


Figura 6. Temperaturas y precipitaciones promedios históricos para la localidad de Punta Alta. Fuente: Meteoblue, 2025.

La actividad agropecuaria del distrito se desarrolla mayormente bajo sistemas de ganadería extensiva, complementada con agricultura de cultivos de cosecha fina en lotes seleccionados donde la profundidad efectiva del suelo es mayor.

El establecimiento “Las Lomas”, perteneciente a CMS se encuentra ubicado sobre la Ruta Nacional N°3 en el km 665 (Figura 7), a 23 km de la ciudad de Bahía Blanca.

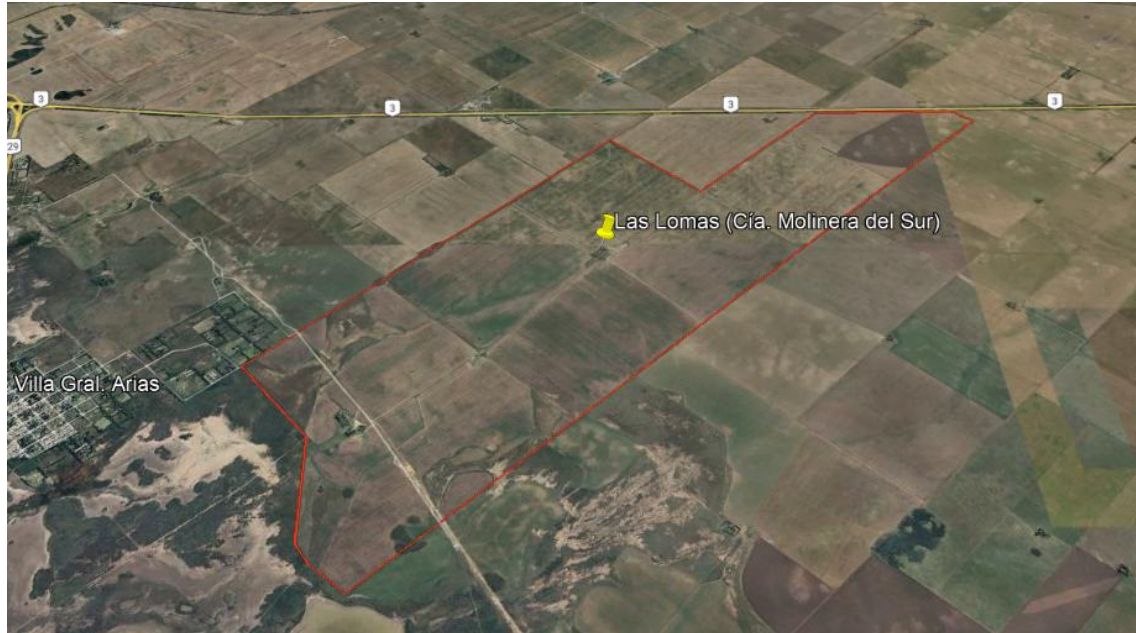


Figura 7. Ubicación del establecimiento “Las Lomas”.

La unidad de producción cuenta con 1172 ha, destinadas a la producción de grano en los sectores más altos y, en los bajos salinos, a la implantación de pasturas de agropiro alargado, orientadas tanto a la producción de semilla como a la confección de rollos. En cuanto a los cultivos de invierno, la mayor superficie se asigna al trigo candeal, mientras que para los cultivos de verano se destinan algunos lotes a maíz, según disponibilidad hídrica y condición del perfil.

Para el ensayo, se seleccionó un lote de 138 ha (Figura 8), el cual fue dividido en dos sectores con el objetivo de observar, analizar y comparar el desarrollo del cultivo de trigo candeal sembrado sobre CS versus trigo implantado sobre barbecho de rastrojo de trigo candeal de la campaña anterior.



Figura 8. Lote elegido. CS: Siembra sobre CS; R: Siembra sobre R de trigo.

Con el fin de obtener una visualización más clara y cuantificar diferencias espaciales dentro del lote, se utilizó la plataforma ACA Mi Campo. A través de una imagen satelital Sentinel correspondiente al 31 de marzo de 2025 (Figura 9), fue posible identificar con precisión la delimitación de ambos sectores (CS y R) y su comportamiento diferencial.



Figura 9. Imagen satelital del lote obtenida con ACA Mi Campo. CS: Cultivo de servicio. R: Rastrojo.

En la Figura 9 se aprecia una diferencia visual entre los dos manejos previos. El sector de color verde más oscuro corresponde al antecesor CS, mientras que en el área implantada sobre RT se observan manchones verdes aislados, posiblemente asociados a la emergencia de malezas espontáneas debido a la menor cobertura vegetal residual del suelo.

Es importante aclarar que el ensayo se realizó en un lote donde ambas prácticas de manejo (CS y RT) ya habían sido implementadas previamente al inicio de la práctica profesional. Para ese momento, el cultivo de servicio había sido suprimido y la vegetación espontánea controlada de manera rutinaria por el propietario del lote. Por esta razón, no fue posible cuantificar la biomasa aérea total del CS ni realizar un registro sistemático del número, cobertura o especies de malezas presentes en cada tratamiento antes de la siembra del cultivo de trigo.

Si bien estos datos hubieran permitido complementar la interpretación sobre el efecto del antecesor sobre los rendimientos finales del trigo candeal, la comparación realizada se basó en las condiciones efectivamente disponibles al momento de iniciar el estudio.

V.2. Metodología utilizada

a. Ensayo con diseño experimental a campo

Se condujo un ensayo a campo utilizando un diseño de bloques completos, con el objetivo de evaluar el efecto de dos prácticas de manejo del antecesor (CS y RT) sobre el rendimiento del cultivo de trigo candeal.

El ensayo se estableció en un lote donde previamente se habían realizado ambas prácticas de manejo, y donde se identificaron diferencias de topografía y tipos de suelo. En función de estas variaciones ambientales se dispusieron cuatro bloques, cada uno representando un ambiente relativamente homogéneo como muestra la Figura 10.

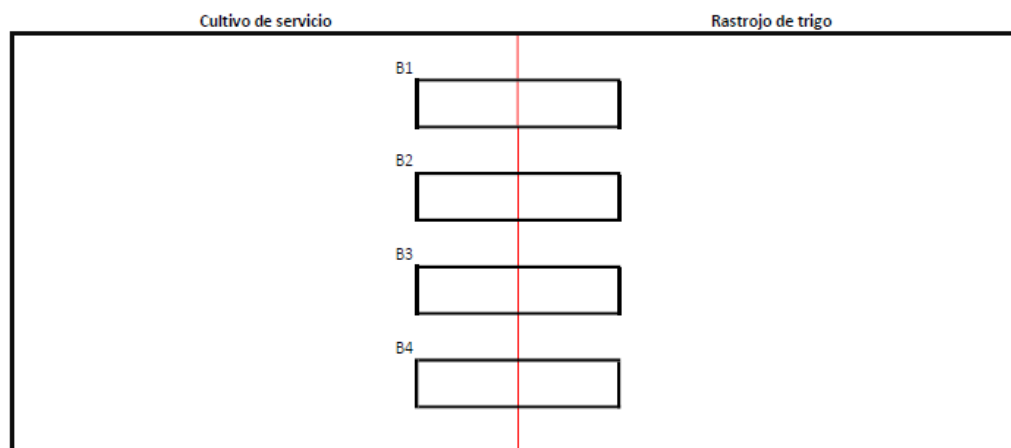


Figura 10. Diagrama del diseño experimental de bloques completos al azar sobre el lote de trigo candeal con dos antecesores.

Dentro de cada bloque se compararon los dos tratamientos principales: a) siembra sobre CS y b) siembra sobre RT.

Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, con un tamaño de parcela de 18 m². Este diseño permitió controlar la variabilidad espacial del lote y cuantificar, mediante análisis estadístico formal, la proporción de variación en el rendimiento atribuible al tipo de antecesor. Se analizaron los principales componentes del rendimiento del cultivo, incluyendo espigas por metro cuadrado (espigas m⁻²), número de granos por espiga, peso de mil granos (P1000), que determinaron el rendimiento final (kg ha⁻¹).

Una semana antes de la cosecha se realizaron las determinaciones de los componentes del rendimiento en cada parcela. Estos datos fueron analizados mediante Análisis de la Varianza (ANOVA) con el programa estadístico INFOSTAT, con un nivel de significancia del 5%, a fin de evaluar diferencias estadísticas entre tratamientos.

V.3. Análisis económico

El procedimiento de estimaciones agroeconómicas se enmarcó en las bases metodológicas normalizadas del Área de Economía y Sociología Rural del INTA, desarrolladas para los Proyectos Nacionales de Economía de los Agrosistemas (Guida Daza et al., 2009). El análisis económico se realizó bajo la metodología

propuesta por AACREA (1990), adaptada a los planteos analizados. Para cada tratamiento se estimaron:

- Ingresos brutos, en función del rendimiento obtenido y su valorización a precios de mercado vigentes.
- Costos directos (CD), incluyendo semillas, fertilización nitrogenada, labores culturales, herbicidas, cosecha y otros insumos operativos.
- Gastos de comercialización, descontados del ingreso bruto para obtener los ingresos netos.

Los precios de insumos y productos correspondieron a valores corrientes promedio al 30/07/2025, expresados en pesos (\$). Posteriormente fueron convertidos a dólares estadounidenses (US\$) utilizando el tipo de cambio vendedor del Banco Nación de la misma fecha. Los precios utilizados se consideraron netos de IVA y provienen de fuentes reconocidas de mercados agrícolas, proveedores regionales y portales especializados.

El margen bruto (MB) de cada tratamiento se obtuvo como:

$$MB = \text{Ingresos netos} - \text{Costos directos}$$

Para el cálculo de los márgenes brutos se utilizaron exclusivamente los rendimientos obtenidos en cosecha del ensayo principal (CS y RT). Además, en el lote la empresa realizó dos tiradas de fertilización exploratoria con 100 y 150 kg de urea ha⁻¹, sobre cada uno de los dos antecesores. Estas franjas no contaron con repeticiones y presentaron una variabilidad muy alta en los rendimientos registrados. Por esta razón, si bien los datos de cosechadora se reportan como información complementaria, no fueron incluidos en el análisis de escenarios de MB.

V.4. Cultivo de servicio

El CS se sembró el 20 de diciembre de 2024 y estuvo conformado por vicia, soja y sorgo, con densidades de 6, 10 y 3 kg ha⁻¹, respectivamente. En esta mezcla, las leguminosas cumplen un rol central al aportar nitrógeno (N) mediante

la fijación biológica, mientras que el sorgo contribuye con una elevada producción de biomasa que asegura una rápida cobertura del suelo. Además, su sistema radicular favorece la descompactación, mejora la aireación del perfil y aumenta la infiltración de agua, aspectos clave en ambientes de limitada oferta hídrica.

Previo a la emergencia del CS, se aplicó glifosato (2 L ha^{-1}) junto con los coadyuvantes Agrospray Harrier ($2 \text{ L}/1000 \text{ L}$ de agua) y Agrospray Full Control ($1 \text{ L}/1000 \text{ L}$ de agua), lo que permitió eliminar malezas remanentes que se habían establecido luego de la cosecha de la campaña anterior.

La finalización del cultivo de servicio es un momento crítico, ya que debe realizarse cuando la producción de materia seca (MS) alcanza su punto máximo, pero sin comprometer la disponibilidad hídrica para el cultivo siguiente, especialmente en zonas donde la humedad del suelo es limitante. El momento óptimo se ubica generalmente antes del inicio de floración o hacia el final del encañado, fases en las que aumenta significativamente la demanda hídrica. Según Dughetti y otros (2013), el intervalo entre la terminación del CS y la siembra del cultivo de renta debe permitir una adecuada recuperación del contenido de agua útil en el perfil.

En el caso de las leguminosas, la tasa de fijación de N alcanza su máximo en el período de floración, una prolongación del ciclo provoca la traslocación del N fijado hacia estructuras reproductivas, reduciendo su aporte al sistema (Dughetti y otros, 2013).

La terminación del CS se realizó de forma química el 1/4/2025. Para ello se aplicó glifosato ($3,5 \text{ L ha}^{-1}$), 2,4-D ($0,85 \text{ L ha}^{-1}$) y dicamba ($0,2 \text{ kg ha}^{-1}$), complementados con los coadyuvantes Agrospray Harrier ($2 \text{ L}/1000 \text{ L}$ de agua) y Agrospray Full Control ($0,5 \text{ L}/1000 \text{ L}$ de agua). El glifosato, herbicida sistémico y no selectivo, actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos mediante la interrupción de la enzima EPSPS. La vicia, en estadios avanzados, presenta mayor tolerancia, por lo que su control requiere la combinación con herbicidas hormonales sistémicos como 2,4-D y dicamba, efectivos sobre especies de hoja ancha. Dicamba, en particular, es utilizado para controlar biotipos resistentes a

2,4-D, reforzando el espectro de acción y asegurando una terminación eficiente del CS.

V.5. Rastrojo de trigo

En el sector correspondiente al R de trigo, se decidió realizar un barbecho químico. El barbecho es el período comprendido entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente, durante el cual se busca acumular agua y nutrientes mediante la mineralización de la materia orgánica. En este esquema, el control de malezas es un aspecto central. En este sector del lote se optó por un barbecho químico. Es decir, el control de malezas mediante el uso de herbicidas.

La primera aplicación se realizó el 15/1/2025, utilizando glifosato (2 L ha^{-1}) y 2,4-D ($0,7 \text{ L ha}^{-1}$), junto con los coadyuvantes Agrospray Harrier ($2 \text{ L}/1000 \text{ L}$ de agua) y Agrospray Full Control ($0,5 \text{ L}/1000 \text{ L}$ de agua). La segunda aplicación se efectuó el 1/4/2025, con glifosato (2 L ha^{-1}) y cletodim ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$), empleando los mismos coadyuvantes. Cletodim es un herbicida selectivo y sistémico, eficaz para el control de gramíneas anuales y perennes, que se degrada rápidamente en el suelo por actividad microbiana, sin dejar residuos relevantes para el cultivo siguiente.

V.6. Siembra de trigo candeal

La siembra se realizó el 7/6/2025, utilizando semilla propia de la variedad Athoris, previamente tratada con Vibrance ($2,5 \text{ L}/1000 \text{ kg}$) fungicida e insecticida y Nutrimins ($5 \text{ L}/1000 \text{ kg}$), un bioestimulante para gramíneas con 7% de Zn y 3% de S. Athoris es una variedad de ciclo corto, porte semierecto y capacidad de macollaje media. Presenta 12,1% de proteína, peso hectolítrico de 80 kg hl^{-1} y P1000 de 42 g.

La dosis de siembra fue de 70 kg ha^{-1} tanto en la fracción con CS como en el sector sobre R (Figura 11). La distancia entre hileras fue de 19 cm, buscando alcanzar entre 150 y 170 plantas m^2 . La profundidad de siembra fue de 4 cm.



Figura 11. Siembra sobre CS (izquierda) y sobre R de trigo (derecha).

En ambas situaciones se fertilizó a la siembra con 60 kg ha^{-1} de MAP (11-23-0). Dado que el fósforo (P) presenta baja movilidad en el suelo, es conveniente colocarlo junto a la semilla para asegurar su disponibilidad en la etapa inicial.

El 9/6, previo a la emergencia, se aplicó glifosato ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$) como tratamiento preemergente, acompañado por los coadyuvantes Captis ($0,8 \text{ L/1000 L}$) y Agrospray Harrier (1 L/1000 L).

V.7. Seguimiento y monitoreo

El monitoreo se realizó cada 15–20 días, registrando el estado fenológico, la sanidad y las condiciones de humedad en ambos sectores.

La primera visita fue el 27/6, a 20 días de la siembra. Se observaron claras diferencias. Sobre CS, la emergencia de trigo fue reducida, mientras que sobre R el número de plántulas emergidas fue mayor (Figura 12). La menor emergencia en el CS podría estar asociada a la menor temperatura del suelo, producto de la elevada cobertura superficial que atenúa la radiación solar directa.



Figura 12. Plántulas emergiendo sobre CS (izquierda) y plántulas emergiendo sobre R (derecha).

En cuanto a humedad, desde la siembra hasta esa fecha se registraron solo 5,9 mm (Fuente: Meteostat). No obstante, el suelo bajo CS mostró mejores condiciones de humedad respecto a R, posiblemente asociado a la menor evaporación directa en CS producto de la mayor cobertura de suelo.

La segunda visita ocurrió el 23/7. Se identificaron daños por heladas en algunas plántulas (Figura 13). El cultivo mantenía un buen estado general, aunque con desarrollo lento (Figura 14). Nuevamente, se observó mejor humedad en el sector con CS, pero también faltante de plantas en la línea, en comparación con R.



Figura 13. Plántula con síntomas de daño por helada.



Figura 14. Plántulas establecidas sobre CS (izquierda) y sobre R (derecha).

El 13/8 se realizó un control post-emergente con Axial Plus ($0,65 \text{ L ha}^{-1}$), 2,4-D ($0,6 \text{ L ha}^{-1}$) y Peak Pack ($0,05 \text{ pack ha}^{-1}$), utilizando Agrospray Full Control ($1 \text{ L}/1000 \text{ L}$) como coadyuvante. Axial Plus es un herbicida sistémico, selectivo y post-emergente, recomendado para el control de *Avena fatua* y *Lolium*

multiflorum. Peak Pack, también sistémico y selectivo, se empleó para el control de hoja ancha. Se aplicó además el fertilizante foliar Megafol, con 3% de N.

Durante el monitoreo del 7/9, se detectaron algunas plantas de *Avena fatua* y daños asociados a *Listronotus bonaerensis* (Figura 15). Este curculiónido ocasiona los principales daños en estado larval, afectando las yemas de la corona, reduciendo la formación de raíces y macollos, y comprometiendo el número final de espigas (Descamps & Sánchez Chopa, 2015).



Figura 15. Presencia de *Avena fatua* “cebadilla” (izquierda) y daño de *Listronotus bonaerensis* en hoja de trigo (derecha).

La aparición de *Avena fatua* pudo haberse debido a escapes de esta por segundos o terceros nacimientos luego de la aplicación.

La presencia de malezas y el daño por gorgojo no fueron significativos, por lo que el cultivo mostró un buen estado general (Figura 16) con humedad adecuada en ambos sectores.



Figura 16. Cultivo en pleno macollaje sobre CS (izquierda) y sobre R (derecha).

El 19/8 se realizaron dos franjas fertilizadas con urea (46-0-0) a razón de 100 y 150 kg ha⁻¹, con el objetivo de evaluar de forma exploratoria para obtener datos locales orientativos sobre CS y RT (Figura 17).



Figura 17. Monitor de la fertilizadora con las diferentes dosis de cada tratamiento.

En la recorrida del 24/9 se observó un muy buen estado general del cultivo, con algunos ejemplares en hoja bandera. También se extrajo una porción de suelo en ambos sectores del lote para comparar las condiciones de humedad (Figura 18).



Figura 18. Observación de la humedad del suelo en el sector sembrado sobre CS (izquierda) y sobre R (derecha).

Las precipitaciones previas (25 mm) favorecieron la recarga del perfil de suelo. El sector con CS mostró una mayor humedad desde la superficie debido a la cobertura, mientras que R presentó menor humedad sobre la superficie. En ambos casos, las condiciones fueron óptimas.

La aplicación de fungicida se hizo el día 13/10. Se usó Elatus ace (0,5 L ha⁻¹) usando Agrospray Full Control (0,8 L/1000 L agua) como coadyuvante. Este fungicida se utiliza en cultivos de trigo y cebada para el control de mancha (*Drechslera tritici-repentis*, *Septoria* spp.) y roya (*Puccinia triticina*, *P. graminis*, etc.) principalmente. Es de acción sistémica, preventiva y curativa.

Para el día 21/10 el cultivo se encontraba en plena floración (Figura 19). Su estado general era muy bueno y las condiciones de humedad continuaban óptimas.



Figura 19. Espigas en floración en el sector sembrado sobre CS (izquierda) y espigas en floración en el sector sembrado sobre R de trigo (derecha).

No se halló emergencia de nuevas malezas ni se observaron enfermedades. La aplicación de fungicida en tiempo y forma pudo haber favorecido a la prevención de roya, la cual fue de gran importancia en esta campaña en la región de estudio debido a las condiciones climáticas de la zona.

Previo a la cosecha, el 2 de diciembre de 2025, se realizaron muestreos de los cuatro bloques en el ensayo con diseño experimental de campo (Figura 20), con el fin de caracterizar el estado final del cultivo y validar la información de rendimiento.



Figura 20. Toma de muestras en el ensayo con diseño experimental de campo. Espigas de trigo candeal en madurez fisiológica (izquierda) y aro de 56 cm de diámetro para la toma de muestras (derecha).

V.8. Cosecha

La cosecha se inició el 9 de diciembre de 2025. Se utilizó una cosechadora John Deere S770 de sistema axial el cual permite una mayor calidad de cosecha debido a un sistema de trilla progresivo, con menor daño mecánico de los granos, mayor eficiencia de procesamiento y menor consumo de combustible.

Cada parcela fue trillada por separado y, una vez descargada la producción en la monotolva, se registró el peso correspondiente a cada franja, lo que permitió calcular los rendimientos de manera diferenciada. Para los análisis de calidad, en el mismo momento de la cosecha se extrajeron muestras de aproximadamente 1 kg directamente desde la monotolva (Figura 21),

garantizando así la representatividad de cada franja y evitando cualquier posibilidad de mezcla o contaminación.



Figura 21. Cosechadora John Deere S770 y monotolva.

V.9. Efecto CS y R - Resultados del Análisis de varianza

Las determinaciones realizadas mostraron que, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para ninguno de los componentes del rendimiento ($p > 0,05$). Esto significaría que no se pudo detectar en el año de estudio y bajo las condiciones dadas diferencias del antecesor sobre el cultivo. No obstante, se describen algunas tendencias que resultan relevantes mencionar.

En relación con la densidad de espigas (Figura 22), el tratamiento CS presentó un valor promedio de 343 espigas m^{-2} , y RT 288 espigas m^{-2} . Esto podría asociarse a mejores condiciones iniciales de implantación y macollaje en CS, lo cual suele ser un factor determinante en la estructura de rendimiento de los cereales de invierno. Sin embargo, la variabilidad intra-parcela no permitió confirmar diferencias estadísticas.

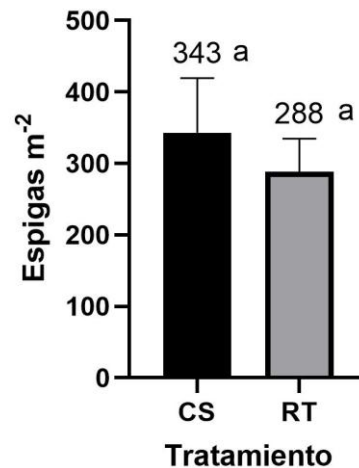


Figura 22. Número de espigas por metro cuadrado (espigas m^{-2}) de trigo candeal bajo cultivo de servicio (CC) y rastrojo de trigo (RT). Las barras representan la media \pm EE ($n = 4$). Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$).

El número de granos por espiga (Figura 23) fue similar entre tratamientos (41,2 en CS y 40,5 en RT), lo que indica que los procesos vinculados al desarrollo de la espiga, floración, cuaje y llenado inicial se desarrollaron de manera comparable. Estos resultados sugieren que, más allá de las diferencias en espigas m^{-2} , la capacidad productiva por unidad de espiga se mantuvo estable.

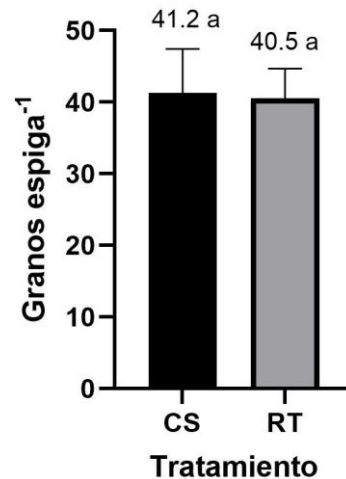


Figura 23. Número de granos por espiga (granos espigas⁻¹) de trigo candeal bajo cultivo de servicio (CC) y rastrojo de trigo (RT). Las barras representan la media \pm EE (n = 4). Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$).

Respecto del P1000 (Figura 24) se registró un valor en CS de 49,7 g frente a RT 47,9 g. Aunque no significativo, este incremento podría reflejar una mejor disponibilidad de recursos (principalmente agua) durante el período de llenado en el tratamiento CS, resultando en granos de mayor tamaño y peso específico. Por el contrario, la menor disponibilidad hídrica durante el llenado en RT podría haber causado una aceleración en la senescencia de las hojas, acortando el período de llenado y resultando en un menor peso de los granos.

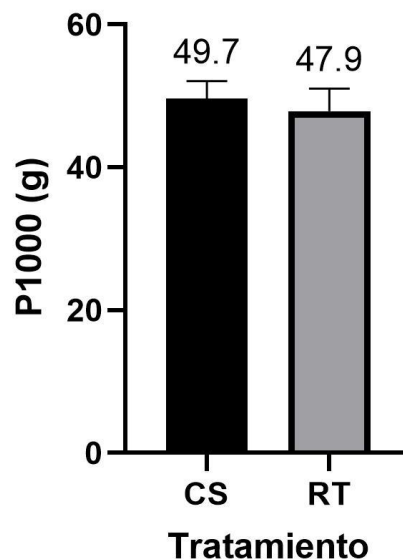


Figura 24. Peso de mil granos (P1000, g) de trigo candeal bajo cultivo de servicio (CC) y rastrojo de trigo (RT). Las barras representan la media \pm EE ($n = 4$). Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$).

La integración de estos componentes se reflejó en el rendimiento final (Figura 25), donde el tratamiento CS alcanzó 7245 kg ha^{-1} , y RT 5728 kg ha^{-1} . Si bien la prueba estadística no permitió discriminar diferencias entre tratamientos, la tendencia general podría sugerir que CS podría alcanzar valores superiores, especialmente en peso de mil granos y número de espigas por unidad de superficie, lo cual se traduce en un rendimiento mayor. La ausencia de diferencias significativas puede atribuirse a la variabilidad ambiental y al tamaño muestral, pero las tendencias observadas permiten orientar futuras evaluaciones y fortalecer el análisis agronómico de los sistemas comparados. Por lo que los datos recolectados sugieren continuar esta línea de estudio en un número mayor de años para confirmar los resultados de un solo año y en un ciclo de altas precipitaciones excepcional.

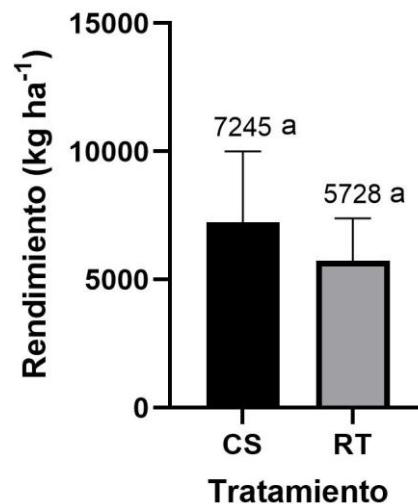


Figura 25. Rendimiento (kg ha⁻¹) de trigo candeal bajo cultivo de servicio (CC) y rastrojo de trigo (RT). Las barras representan la media \pm EE (n = 4).

Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas (p > 0,05).

V.10. Rendimientos de cosecha en el lote

La Tabla 1 expone los rendimientos registrados por la cosechadora para la totalidad del lote y las franjas fertilizadas.

Tabla 1. Rendimientos obtenidos de los diferentes tratamientos con distintas dosis de urea (kg urea ha⁻¹)

	Cultivo de servicio			Rastrojo de trigo		
	0 kg urea.ha ⁻¹	100 kg urea.ha ⁻¹	150 kg urea.ha ⁻¹	0 kg urea.ha ⁻¹	100 kg urea.ha ⁻¹	150 kg urea.ha ⁻¹
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	6864	6571	5035	6221	6300	5328

Es importante remarcar que estos resultados provienen de franjas exploratorias sin repeticiones, lo que implica que parte de las diferencias registradas pueden deberse no sólo a la respuesta del cultivo a la fertilización o al antecesor, sino también a variaciones intrínsecas del suelo, como cambios en textura, profundidad efectiva, disponibilidad hídrica o fertilidad residual dentro del lote. En este sentido, si bien se observan tendencias, como la ausencia de

respuesta positiva a la mayor dosis de nitrógeno y el mejor desempeño general del CS, estas deben interpretarse con cautela, dado que no es posible atribuir las exclusivamente al manejo implementado.

Los valores sugieren que dosis elevadas de nitrógeno no resultaron beneficiosas en las condiciones ambientales del año, y que el CS pudo haber contribuido a un mejor piso productivo en dosis bajas o nulas de fertilización. No obstante, la falta de control estadístico limita la capacidad de generalizar estas conclusiones.

Por ello, se recomienda que futuros trabajos incorporen diseños experimentales con repeticiones y aleatorización, que permitan aislar el efecto real de la fertilización y del antecesor de aquellos efectos asociados a la variabilidad ambiental no controlada, y brinden una interpretación robusta sobre la interacción entre ambas prácticas. Esta estructura experimental más rigurosa permitirá validar las tendencias observadas y generar información confiable para la toma de decisiones técnico-productivas.

V.11. Calidad

En la Tabla 2 se puede visualizar los resultados de calidad efectuados en el molino de CMS. La evaluación de la calidad del grano se enfocó en los parámetros físico-químicos y tecnológicos de mayor relevancia, particularmente el contenido de gluten, determinado mediante equipo Glutomatic, y la proteína corregida a 13,5% de humedad. Estos indicadores fueron priorizados por su mayor robustez para describir la calidad industrial del trigo.

Tabla 2. Resultado en cuanto a calidad para cada tratamiento

	Cultivo de servicio			Rastrojo de trigo		
	0 kg urea.ha ⁻¹	100 kg urea.ha ⁻¹	150 kg urea.ha ⁻¹	0 kg urea.ha ⁻¹	100 kg urea.ha ⁻¹	150 kg urea.ha ⁻¹
H° (%)	9,8	9,6	9,6	9,6	9,5	9,6
P1000 (g)	48,6	45,43	45,83	49,34	48,6	45,23
Gluten	20,7	19,9	18,2	19,8	20,1	19,3
Proteína	9,7	9,4	8,7	9,4	9,5	9

Peso hect.	82,62	82,77	81,08	81,94	81,37	81,83
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

En términos generales, los parámetros de calidad evaluados mostraron variaciones moderadas entre franjas, sin que se observaran contrastes marcados atribuibles de manera consistente al antecesor ni a los niveles exploratorios de fertilización nitrogenada. La humedad del grano permaneció estable en todos los casos (9,5–9,8%), indicando uniformidad en la condición de cosecha.

En cuanto al contenido de gluten presentó una tendencia decreciente a medida que aumentó la fertilización nitrogenada, tanto en CS como en RT, con valores que fueron desde aproximadamente 20–21% en los tratamientos sin urea hasta 18–19% en las dosis más altas. Un patrón similar se observó en el contenido de proteína, que varió entre 9,7 y 8,7% en CS y entre 9,5 y 9% en RT. Estas diferencias, aunque de magnitud moderada, podrían estar influenciadas por la dilución proteica asociada a mayores rendimientos o, más probablemente, por variaciones intrínsecas del lote, ya que las franjas carecieron de repeticiones y control estadístico. Por último, el peso hectolítrico mostró una elevada estabilidad, con valores entre 81 y 83 kg hl⁻¹, dentro de rangos adecuados para trigo candeal.

Los valores de gluten (18–21%) y proteína (8,7–9,7%) obtenidos son bajos para trigo candeal y no alcanzan los niveles que habitualmente permiten acceder a bonificaciones comerciales. La industria suele requerir proteína ≥ 11 –12% y gluten ≥ 28 –30%, umbrales claramente superiores a los registrados en estas franjas. En consecuencia, la calidad lograda se ajusta a un estándar básico, sin posibilidad de premios por calidad.

V.12. Resultado económico

La Tabla 3 y Tabla 4 exponen los MB e indicadores de indiferencia de las franjas cosechadas de RT y CS respectivamente.

Tabla 3. Margen bruto de trigo candeal sobre rastrojo de trigo candeal.

Trigo sobre rastrojo de trigo		150 kg urea/ha	100 kg urea/ha	0 kg urea/ha
RENDIMIENTO	kg/ha	5328	6300	6221
PRECIO A COSECHA (pizarra + 20% candeal)	USD/tn	222	222	222
PRECIO NETO	USD/tn	215	215	215
BONIFICACIÓN CALIDAD	USD/tn			
INGRESO BRUTO	USD/ha	1183	1399	1381
GS. COMERCIALIZACION (Comisiones, paritarias)	USD/ha	37	37	37
GS. TRANSPORTE	USD/tn	7	7	7

INGRESO NETO	USD/ha	1146	1361	1344
SIEMBRA DIRECTA	USD/ha	36	36	36
SEMILLA-curasemilla	USD/ha	34	34	34
INSUMOS QUÍMICOS	USD/ha	101	101	101
PULVERIZACIÓN	USD/ha	15	15	15
FERTILIZANTES	USD/ha	127	101	50
FERTILIZACIÓN	USD/ha	8	8	0
COSECHA	USD/ha	48	48	48
BARBECHO QUÍMICO	USD/ha	43	43	43
COSTOS DIRECTOS	USD/ha	411	386	327
MARGEN BRUTO	USD/ha	734	976	1017

El análisis económico de las franjas de candeal implantadas sobre RT muestra diferencias importantes en el MB según el nivel de fertilización aplicado. A pesar de que el tratamiento con 100 kg de urea ha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento (6300 kg ha⁻¹), el MB más alto se obtuvo con 0 kg de urea ha⁻¹ (1017 USD ha⁻¹). Esto indica que, en este año y bajo las condiciones del lote, el incremento en los CD que implica la fertilización no logró compensarse plenamente con los aumentos de rendimiento observados. El tratamiento con 150 kg de urea ha⁻¹, con el rendimiento más bajo del conjunto (5328 kg ha⁻¹), mostró también el margen más reducido (734 USD ha⁻¹), reflejando que altas dosis de nitrógeno no necesariamente se traducen en retornos económicos favorables cuando los incrementos de rinde son moderados.

Los indicadores de sensibilidad económica refuerzan esta tendencia. El rinde de indiferencia, el rendimiento mínimo necesario para cubrir los CD fue más

bajo para el tratamiento sin fertilización (1520 kg ha^{-1}), lo que evidencia su menor nivel de riesgo económico. En cambio, las franjas fertilizadas requirieron rendimientos mucho más altos para cubrir costos (1795 y 1913 kg ha^{-1}). El precio de equilibrio, por su parte, disminuyó marcadamente al reducir la dosis de urea: desde 77 USD t^{-1} en 150 kg ha^{-1} hasta 53 USD t^{-1} en 0 kg ha^{-1} , señalando que la menor inversión inicial amortigua mejor las fluctuaciones del mercado.

Tabla 4. Margen bruto de trigo candeal sobre cultivo de servicio.

Trigo sobre cultivo de servicio		150 kg urea/ha	100 kg urea/ha	0 kg urea/ha
RENDIMIENTO	kg/ha	5035	6571	6864
PRECIO A COSECHA (pizarra + 20% candeal)	USD/tn	222	222	222
PRECIO NETO	USD/tn	215	215	215
BONIFICACIÓN CALIDAD	USD/tn			
INGRESO BRUTO	USD/ha	1118	1459	1524
GS. COMERCIALIZACION (Comisiones, paritarias)	USD/ha	37	37	37
GS. TRANSPORTE	USD/tn	7	7	7

INGRESO NETO	USD/ha	1081	1422	1487
SIEMBRA DIRECTA	USD/ha	36	36	36
SEMILLA-curasemilla	USD/ha	34	34	34
INSUMOS QUÍMICOS	USD/ha	101	101	101
PULVERIZACIÓN	USD/ha	15	15	15
FERTILIZANTES	USD/ha	127	101	50
FERTILIZACIÓN	USD/ha	8	8	0
COSECHA	USD/ha	48	48	48
CULTIVO DE SERVICIO	USD/ha	131	131	131
COSTOS DIRECTOS	USD/ha	499	474	415
MARGEN BRUTO	USD/ha	581	948	1072

En las franjas implantadas sobre CS, el comportamiento económico mostró una clara ventaja para el tratamiento sin fertilización nitrogenada, que alcanzó el mayor rendimiento (6864 kg ha^{-1}) y el MB más alto (1072 USD ha^{-1}). A pesar de que la aplicación de 100 kg de urea ha^{-1} generó un rendimiento elevado (6571 kg ha^{-1}), el aumento de costos redujo su margen a 948 USD ha^{-1} .

Por el contrario, la dosis de 150 kg ha^{-1} , además de ser la más costosa, obtuvo el menor rinde y el margen más bajo (581 USD ha^{-1}).

Los indicadores refuerzan esta conclusión: el rinde de indiferencia fue sustancialmente menor en el tratamiento sin urea (1929 kg ha^{-1}), reduciendo el riesgo económico, mientras que el precio de equilibrio también fue más favorable (60 USD t^{-1}). En conjunto, las franjas sugieren que, bajo condiciones restrictivas y variabilidad intralote, la estrategia más rentable en CS fue la de menor nivel de fertilización.

La comparación entre los tratamientos sin fertilización nitrogenada (0 kg N) en CS y RT revela diferencias relevantes en el desempeño económico. CS obtuvo el rendimiento más alto entre todas las franjas exploratorias (6864 kg ha^{-1}), superando al RT (6221 kg ha^{-1}) en aproximadamente 640 kg ha^{-1} . Esta ventaja en productividad se tradujo también en un mayor ingreso bruto y, en última instancia, en el MB más alto del estudio (1072 USD ha^{-1}), pese al mayor costo directo asociado al uso del cultivo de servicio (415 USD ha^{-1} en CS vs. 327 USD ha^{-1} en RT).

La diferencia económica final fue relativamente ajustada debido al costo adicional del servicio ecosistémico aportado por el cultivo antecesor. Sin embargo, este diferencial, aun siendo pequeño, continúa favoreciendo al CS, lo que sugiere que el aporte del CS en términos de estructura del suelo, disponibilidad hídrica o regulación del sistema podría haber contribuido a sostener el rendimiento de manera más eficiente bajo las condiciones de esta campaña.

En cuanto al riesgo económico, ambos tratamientos mostraron indicadores favorables. El rinde de indiferencia fue de 1929 kg ha^{-1} en CS y 1520 kg ha^{-1} en RT. No obstante, el RT presenta un umbral de equilibrio más bajo, reduciendo su exposición al riesgo en sistemas con alta variabilidad intralote. El precio de equilibrio también fue menor en RT (53 USD t^{-1}) que en CS (60 USD t^{-1}), consecuencia del mayor costo directo asociado al CS.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

Se destaca que, bajo ausencia de fertilización nitrogenada, a nivel de todo el lote el sistema con CS mostró mayor rendimiento (6864 kg ha^{-1}) y mayor margen bruto (1072 USD ha^{-1}) que el sistema de barbecho químico sobre RT (6221 kg ha^{-1} ; 1017 USD ha^{-1}). Si bien a nivel del ensayo con diseño experimental no se encontraron diferencias significativas en los rendimientos. Esto se podría deber a que no se logró controlar toda la variabilidad del lote por un bajo número de replicas ($n=4$). Esto indica que, en las condiciones del ensayo, el antecesor CS generó un piso productivo superior que se tradujo en mayor ingreso a pesar de CD más elevados.

El CD fue mayor en CS, debido al costo del cultivo de servicio, pero la diferencia de rendimiento fue suficiente para compensar esa inversión y mejorar el margen en un 5% adicional. Por lo que CS incrementaría el potencial de renta si la ventaja en rendimiento se mantiene.

El rinde de indiferencia y el precio de equilibrio muestran una lectura complementaria. RT presentó un rinde de indiferencia más bajo y un precio de equilibrio menor (mayor resiliencia ante caídas de precio), mientras que CS, aunque más rentable en el escenario observado, exige un precio y rendimiento mínimo más alto para sostener la rentabilidad. Por lo que CS ofrece mayor retorno esperado, pero con mayor exposición a variaciones de precio y costo.

En cuanto a los MB de las franjas fertilizadas exploratorias sin réplica. Por lo tanto, son indicativos y requieren validación mediante ensayos replicados y aleatorizados para generalizar conclusiones y afinar recomendaciones de productivas y también económicas.

La literatura actual resalta que los cultivos de servicio aportan múltiples beneficios ecosistémicos que contribuye a sistemas agrícolas más estables y sostenibles. Estos servicios suelen traducirse en mejores condiciones físicas y biológicas para el cultivo siguiente, tal como se observó en el mayor rendimiento y margen bruto del trigo sobre CS en este análisis. Aunque los costos iniciales son superiores, su aporte al funcionamiento del sistema puede compensarlos y mejorar la resiliencia productiva. Dado su potencial para combinar beneficios

agronómicos, ambientales y económicos, esta línea de trabajo merece profundización en la investigación y la validación experimental. Continuar evaluando estos sistemas permitirá cuantificar con mayor precisión su verdadero impacto en la rentabilidad y la sustentabilidad a largo plazo en los sistemas regionales.

En cuanto a la experiencia profesional adquirida, este trabajo me permitió ampliar los conocimientos sobre un cultivo como el trigo candeal y sobre los beneficios y características de los cultivos de servicio. Además, de adquirir y conocer técnicas para el monitoreo de lotes de producción, habilidades personales y profesionales que se reflejarán un mejor desempeño a la hora de enfrentar el ámbito laboral.

VII. BIBLIOGRAFÍA

AAPRESID. (2022, 9 de septiembre). *Cultivos de servicios: "La hora del secado"*. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. <https://www.aapresid.org.ar/blog/cultivos-servicios-la-hora-secado>

AAPRESID. (2023, 3 de agosto). *Salud del suelo: ¿Hacia la agricultura perenne?* Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. <https://www.aapresid.org.ar/blog/salud-suelo-agricultura-perenne>

Berenstecher, P., Conti, G., Faigón, A., & Piñeiro, G. (2023). Tracing service crops' net carbon and nitrogen rhizodeposition into soil organic matter fractions using dual isotopic brush-labeling. *Soil Biology and Biochemistry*, 109, 109096. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109096>

Bertolotto, M., & Marzetti, M. (2017). *Cultivos de cobertura: Bases para su manejo en sistemas de producción. Manejo de malezas problema* (Vol. VII). REM - AAPRESID.

Cardillo, D. S., Busso, C. A., Ambrosino, M. L., Torres, Y. A., Ithurrart, L. S., & Montenegro, O. A. (2015). Las gramíneas (Poaceae) del partido de Coronel Rosales (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Lilloa*, 52(2), 91–100. <https://www.lillo.org.ar/journals/index.php/lilloa/article/view/318>

CIA (Compañía Molinera del Sur SA). (2024). Trigo Candeal. Disponible en: <https://molineradelsur.com.ar/productos/>

Descamps, L. R., & Sánchez Chopa, C. (2015). *Zoología agrícola* (2.^a ed., edición para el alumno). Editorial de la Universidad Nacional del Sur (EdiUNS).

Dughetti, A. C., Iurman, D., Marinissen, J., Galantini, J. A., Vanzolini, J. I., Renzi, J. P., De la Rosa Fernández, L., Vigna, M., Cantamutto, M. A., Kiehr, M., Baffoni, P., Gigón, R., López, R., Delhey, R., Nadal, S., & Frayssinet, S. (2013). *Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana*. INTA. ISBN 978-987-521-470-5.

FAO. (2021). *Descripción general de los cultivos de cobertura y el abono verde*. <https://www.fao.org/4/y5031s/y5031s0d.htm>

Feldman, M., & Levy, A. A. (2023). *Wheat evolution and domestication* (p. 466). Springer.

Fondo Mundial para la Naturaleza. (2018). Glosario ambiental: Servicios ecosis... ¿qué? WWF Colombia. <https://www.wwf.org.co/?324210/Glosario-ambiental-Servicios-ecosis-que>.

Maccaferri, M., et al. (2019). Durum wheat genome highlights past domestication signatures and future improvement targets. *Nature Genetics*, 51(4), 885–895. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0381-3>

MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina). (2011). *Informe Trigo Candeal*. https://www.magyp.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/inf-trigo-candeal/trigo_candeal.php

Martínez-Moreno, F., Ammar, K., & Solís, I. (2022). *Global changes in cultivated area and breeding activities of durum wheat from 1800 to date: A historical review*. *Agronomy*, 12(5), 1135. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051135>

Paoloni, J. D. (Comp.). (2010). *Ambientes y recursos naturales del partido de Bahía Blanca: Clima, geomorfología, suelos y aguas* [PDF]. Editorial de la Universidad Nacional del Sur (EdiUNS). <https://ediuns.com.ar/wp-content/uploads/2018/02/ambiente-y-recursos-naturales.pdf>

Piñeiro, G. (2020). *Cultivos de servicio, su impacto sobre los sistemas agrícolas y el efecto sobre los indicadores de calidad edáfica*. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/19523/1/cultivo-servicio-impacto.pdf>

Piñeiro, G. (2023). Cultivos de servicio: Disminuir costos en la rotación y aportar servicios ecosistémicos. *Revista Verde*. <https://revistaverde.com.uy/agricultura/disminuir-costos-en-la-rotacion-y-aportar-servicios-ecosistemicos/>

Restovich, S. (2022). *Los cultivos de cobertura y sus beneficios en la producción de alimentos*. INTA. ISSN 2718-6458.

Ruffo, M. L., & Parsons, A. T. (2004). *Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas*. Universidad de Illinois. Publicado en *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*.

Scoptoni L., Lauric A., Torres Carbonell C., De Leo G. (2024). Transiciones socio-técnicas hacia el desarrollo sostenible: Propuesta para la evaluación de aprendizajes en PyMEs agropecuarias de la Pampa semiárida de Argentina. *Revista de Administração, Sociedade e Inovação*, 10(2):14-38.

SISA (Sistema de Información Simplificado Agrícola) (2024). *Informe SISA de trigo 2023-2024* [PDF]. Argentina.gob.ar.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe-sisa-trigo-2023-2024_1.pdf

USDA (U.S. Department of Agriculture), Foreign Agricultural Service. (2025). *Production – Wheat*. <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0410000>