



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Facultad de Ciencias Económicas

Licenciatura en Administración y Gestión de Agronegocios

TRABAJO FINAL DE CARRERA

**Análisis de impacto sobre la implementación de cultivos de servicio en el
establecimiento BOLSIN S.A, Uruguay desde 2021-2025**

Autor: Manuel Beriau

N° de matrícula/ID: 000 - 14 -7689

Tutor: Ignacio Garcarena

Año: 2025

Índice

Resumen	5
Palabras clave	5
Introducción	6
Planteamiento del problema.....	8
Hipótesis.....	8
Objetivos	8
Objetivo general:	8
Objetivos específicos:	8
Preguntas de investigación	9
Marco Referencial	10
Principales prácticas y parámetros de elección de cultivos de servicio más utilizadas en Bolsin S.A, Uruguay durante los últimos dos años.....	10
Análisis del impacto de los cultivos de servicio en la estructura y materia orgánica del suelo, evaluando su capacidad para reducir la erosión y mejorar la retención de agua	12
Efectos de los cultivos de servicio sobre la biodiversidad del suelo y cómo contribuyen a la reducción del uso de insumos externos, como fertilizantes y pesticidas.	14
Marco metodológico	16
Método de investigación	16
Diseño de investigación	16
Técnica de recolección de datos.....	16
Procedimiento de recolección de datos	16
Entrevistas Semiestructuradas	16
Análisis de Documentos	17
Observación Directa	17
Análisis de los resultados	18
Superficie sembrada	18
Rotaciones y Cultivos Implantados	19

Manejo de fertilización nitrogenada.....	20
Estrategia de aplicación.....	20
Implantación de Cultivos de Servicio	21
Tecnología de Manejo.....	23
Uso del Rolo: Ventajas, Desafíos y Resultados.....	23
Rendimientos por campaña y relación con cultivos de servicio	24
Precipitaciones.....	25
Años con precipitaciones elevadas.....	25
Años con precipitaciones bajas	26
Relación CS – Precipitaciones – Rendimiento.....	26
Aprendizajes técnicos	27
Fecha de siembra	27
Condiciones climáticas	27
Tratamiento de la semilla.....	28
Densidad de siembra.....	28
Fertilización fosfatada.....	28
Momento de rolado	28
Manejo de <i>Vicia sativa</i> en el Establecimiento Pichinango	29
Consociación con centeno.....	30
Consociación con avena.....	30
Momento óptimo de rolado	30
Características técnicas del rolo	31
Evaluación del barbecho posterior al rolado	32
Semilla de uso propio	32
La ventaja de utilizar el rolo sobre un cultivo de servicio	33
Análisis de costos de Implantación de Cultivos de Servicio	36
Comparación de costos de implantación	36
Producción propia de semilla.....	36
Eficiencia económica	37
Decisión sobre la mezcla vs. Monocultivo	37
Bibliografía	40

Anexos	42
Anexo 1. Guía de entrevistas	42
Anexo 2. Consentimiento informado	43
Anexo 3. Guía de observación para el relevamiento de datos en campo	45

Resumen

Este trabajo propone una evaluación detallada de los beneficios que los cultivos de servicio pueden otorgar a la sustentabilidad de los suelos agrícolas en Bolsín S.A., ubicado en Uruguay, durante los últimos dos años. La investigación se enmarca en la necesidad de abordar el deterioro progresivo de los suelos debido a prácticas como el monocultivo y largos periodos de barbecho, afectando su estructura, biodiversidad y capacidad de retención de nutrientes. El objetivo es identificar cómo estos cultivos pueden contribuir a la conservación y mejora de la estructura, fertilidad y biodiversidad del suelo. Se espera encontrar que los cultivos de servicio mejoren la estabilidad del suelo, aumenten la materia orgánica y diversifiquen la microbiota, además de reducir la erosión y mejorar la retención de agua. También se anticipa una reducción en el uso de insumos externos como fertilizantes y pesticidas. Los resultados servirán para promover prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, proporcionando información valiosa tanto para los productores agrícolas como para las políticas públicas. El trabajo subraya la importancia de estas prácticas en la mejora de la sustentabilidad del suelo, contribuyendo a la preservación de los recursos naturales y asegurando la viabilidad de los sistemas de producción agropecuarios en el largo plazo. Este enfoque holístico no solo aborda problemas ambientales, sino que también tiene implicaciones económicas y sociales, fomentando un desarrollo agrícola más equilibrado y responsable en Uruguay.

Palabras clave

Cultivos de servicio, Sustentabilidad, Biodiversidad, Manejo de suelos

Introducción

En el contexto global actual, marcado por la intensificación de la agricultura, la degradación de los suelos y los efectos del cambio climático, la adopción de cultivos de servicio se presenta como una estrategia fundamental para fortalecer la sustentabilidad de los sistemas agroproductivos. Estos cultivos, también denominados cultivos de cobertura, no se destinan a la cosecha ni al pastoreo, sino que se implantan con el propósito de conservar la estructura del suelo, aportar nutrientes, controlar malezas, retener humedad y favorecer la biodiversidad.

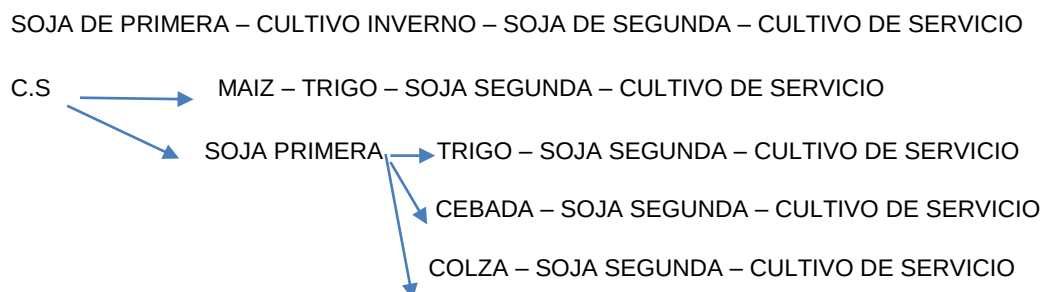
El establecimiento Pichinango, perteneciente a la empresa BOLSIN S.A. y ubicado en Uruguay, ha implementado desde el año 2021 un plan de incorporación progresiva de cultivos de servicio, particularmente vicia, centeno y avena, tanto en forma pura como en consociación. Esta experiencia se desarrolla en el marco de los Planes de Uso y Manejo de Suelos impulsados por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Durante este período, la empresa ha registrado información detallada sobre hectáreas sembradas, rendimientos, uso de insumos, experiencias técnicas, condiciones climáticas y costos de producción.

El establecimiento Pichinango cuenta con una superficie total de 3.050 hectáreas, de las cuales un 60 % se destina a uso agrícola y un 40 % a uso ganadero, este último bajo un sistema de invernada. El uso del suelo es dinámico, y los sistemas productivos alternan dentro del predio conforme a las planificaciones de rotación establecidas.

En cumplimiento con los requisitos de los Planes de Uso y Manejo de Suelos exigidos por el MGAP, se implementan rotaciones de lotes acordes con los objetivos y estrategias de la empresa. Para la planificación de dichas rotaciones, se consideran las características de cada tipo de suelo, evaluando factores como drenaje, fertilidad y riesgo de erosión. La determinación de la aptitud de los suelos se realiza mediante la clasificación paramétrica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), adaptada a las condiciones locales.

En términos generales, la mayoría de los lotes permanece entre tres y cuatro años bajo uso agrícola, para luego integrarse a un sistema de pasturas permanentes compuesto por gramíneas y leguminosas, durante aproximadamente cuatro o cinco años, antes de reincorporarse nuevamente al sistema agrícola.

La rotación agrícola, es la siguiente:



Este trabajo se propone analizar, de forma integral y sistemática, el impacto que ha tenido la implementación de estos cultivos de servicio en los aspectos productivos, económicos y agronómicos del establecimiento durante el período 2021-2025.

Planteamiento del problema

El sistema agrícola uruguayo enfrenta múltiples tensiones entre la intensificación productiva y la necesidad de preservar los recursos naturales, en especial el suelo. A pesar del creciente interés por los cultivos de servicio en Uruguay, y de su promoción institucional como práctica sustentable, persisten dudas y resistencias sobre su costo-beneficio, la estabilidad de sus resultados productivos, su relación con el uso de insumos como la urea, y su aplicabilidad en escala comercial. En este sentido, es necesario contar con evidencia concreta que permita evaluar de forma integral su impacto en establecimientos agropecuarios reales.

Hipótesis

La incorporación planificada de cultivos de servicio en el establecimiento Pichinango de BOLSIN S.A, mejora los rendimientos de los cultivos de renta, reduce la necesidad de insumos externos (urea y herbicidas) y genera beneficios agronómicos sostenibles a mediano plazo.

Objetivos

Objetivo general:

Analizar el impacto productivo y económico de la implementación de cultivos de servicio en el establecimiento Pichinango, BOLSIN S.A., durante el período 2021-2025.

Objetivos específicos:

1. Identificar la evolución anual de la superficie sembrada, los cultivos utilizados y las estrategias de rotación aplicadas.

2. Comparar los rendimientos y el uso de insumos (urea, semillas, herbicidas) entre potreros con y sin cultivos de servicio.
3. Evaluar los beneficios agronómicos observados vinculados al uso del rolo, la retención de humedad y el control de malezas.
4. Estimar los costos de implementación de cultivos de servicio y su relación con los beneficios obtenidos en el sistema.

Preguntas de investigación

- ¿Cómo evolucionó el uso de cultivos de servicio en Pichinango entre 2021 y 2025?
- ¿Qué diferencias productivas se observan entre potreros con y sin cultivos de servicio?
- ¿Qué impacto tuvo la implementación de cultivos de servicio sobre el uso de urea y agroquímicos?
- ¿Cuáles fueron los principales beneficios agronómicos y aprendizajes técnicos registrados?
- ¿Cuál fue el costo por hectárea de los cultivos de servicio y cómo se relaciona con los beneficios obtenidos?

Justificación

La evidencia empírica generada a partir de este estudio permite evaluar los impactos reales de la implementación de cultivos de servicio en un establecimiento de escala comercial, bajo condiciones edafoclimáticas reales, aportando información clave para la toma de decisiones técnicas, empresariales y políticas. Además, contribuye a visibilizar barreras, oportunidades y aprendizajes sobre una práctica agrícola que busca conciliar productividad con sostenibilidad.

Marco Referencial

Principales prácticas y parámetros de elección de cultivos de servicio más utilizadas en Bolsin S.A, Uruguay durante los últimos dos años

La adopción de cultivos de servicio en Bolsin S.A. abarca desde la mejora de la calidad del suelo hasta la mitigación de efectos ambientales adversos, estos cultivos no solo actúan como una barrera física contra la erosión, sino que también contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas al incrementar la materia orgánica y facilitar el reciclaje de nutrientes.

Según datos del Ministerio del Ambiente (2021) Los cultivos de servicio son aquellos cultivos de cobertura que se siembran con el objetivo de restaurar servicios ecosistémicos en los sistemas agrícolas. Existe evidencia que la inclusión de estos cultivos en las rotaciones agrícolas permiten reducir pérdidas de suelo por erosión, aumentar la materia orgánica de los mismos, retener y ciclar nutrientes, incorporar nitrógeno atmosférico (Leguminosas), descompactar el suelo, controlar malezas, mejorar propiedades físicas de los suelos que disminuyan el riesgo de déficit hídrico de los cultivos, regular el nivel de las napas y evitar emisiones de gases de efecto invernadero que se dan en la etapa de barbecho. En el caso del cultivo de soja, si se aplican siembras en pre cosecha es posible potenciar los efectos positivos de los cultivos de servicio.

La expansión de cultivos de cobertura en Uruguay, está respaldada por leyes y políticas públicas, refleja una conciencia creciente sobre la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles. Este cambio no solo sugiere una respuesta positiva a la legislación, sino también una aceptación de los beneficios a largo plazo que los cultivos de servicio ofrecen. La mejora en la estructura del suelo y la retención de

nutrientes son factores importantes que contribuyen a la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a las variaciones climáticas y a la degradación del suelo.

Tal como sugiere su informe técnico el Ministerio del Ambiente (2021) Desde la implementación de los Planes de Uso y Manejo de Suelos, la adopción de cultivos de cobertura ha aumentado significativamente en los sistemas agrícolas. Según la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Ganadería,

Agricultura y Pesca, en la zafra 2017/2018, el 85% de los rastros de soja contaban con un cultivo protector.

Los planes de uso y manejo responsable de suelos han sido una respuesta directa a la necesidad de mitigar la erosión del suelo en Uruguay. La estrategia de implementar doble cultivo o cultivos de servicio durante el invierno demuestra una adaptación proactiva a las condiciones locales y económicas. Al incorporar cultivos de servicio, los agricultores no solo cumplen con la normativa, sino que también optimizan el uso del suelo durante todo el año, mejorando su estructura y fertilidad.

Por su parte señala la AUSID (2022) en su reporte sobre la evolución en el cultivo de servicios, la conservación del suelo motivó la creación de planes de uso y manejo responsable, lo que a nivel comercial resultó en un incremento del área dedicada a doble cultivo. Esto puede incluir dos cultivos anuales de renta o la incorporación de cultivos de servicio en invierno.

La diversidad y rotación de cultivos son esenciales para mantener la salud y funcionalidad de los agroecosistemas. La alternancia de cultivos con fases de pastura contribuye a la restauración de la materia orgánica y mejora las propiedades físicas del suelo. La intensificación ecológica, que promueve la diversidad de cultivos y la utilización de cultivos de servicio, puede contrarrestar estos efectos negativos, restaurando y manteniendo la calidad del suelo y otros servicios ecosistémicos.

Según Borrás (2018) los agroecosistemas, además de proporcionar alimentos mediante la producción de granos, pueden ofrecer diversos servicios ecosistémicos dependiendo de su estructura y funcionamiento. Tras una fase de pasturas, estos ecosistemas presentan niveles más altos de materia orgánica y mejores propiedades físicas comparados con varios años de agricultura continua. La pérdida de servicios ecosistémicos aumenta en sistemas con monocultivos y baja diversidad debido a la asignación de la mayor parte de la energía a la producción de granos, dejando menos energía para otros servicios. La intensificación ecológica puede aumentar la energía disponible y restaurar servicios ecosistémicos deteriorados.

Los cultivos de servicio desempeñan un papel fundamental en la sostenibilidad agrícola al permanecer en el suelo entre cultivos principales, protegiéndolo y mejorando su fertilidad. Tal como se indica en la publicación de Agrositio (2024) Estas especies vegetales se establecen entre dos cultivos principales y no son destinadas a pastoreo, ni cosecha, sino que permanecen en el suelo para protegerlo, mejorar su fertilidad y aportar nutrientes mediante la degradación de su biomasa, tanto aérea como radicular. Entre sus múltiples beneficios, destacan la fijación biológica de nitrógeno, la reducción de la lixiviación de nutrientes, la mejora en la distribución del agua y el control de plagas y malezas.

Análisis del impacto de los cultivos de servicio en la estructura y materia orgánica del suelo, evaluando su capacidad para reducir la erosión y mejorar la retención de agua

Los cultivos de servicio son esenciales para la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas deteriorados. Al mejorar la estructura del suelo y aumentar el aporte de nutrientes, estos cultivos crean condiciones favorables para el crecimiento de plantas, reduciendo la dependencia de fertilizantes y otros insumos externos. Este enfoque no solo promueve la sostenibilidad ambiental al disminuir el uso de agroquímicos y agua, sino que también puede resultar en ahorros

significativos para los agricultores, contribuyendo a una agricultura más rentable y ecológicamente responsable.

Según Altamiranda et.al., (2030) Los cultivos de servicio son fundamentales para la recuperación de suelos deteriorados, ya que mejoran la estructura del suelo, aportan nutrientes y mejoran sus condiciones morfológicas. Esto reduce la dependencia de fertilizantes externos, disminuye el impacto ambiental y los costos relacionados con el uso de agua y agroquímicos.

Los beneficios locales de los cultivos de servicio, como la mejora en la infiltración de agua, el control de malezas y la estructuración del suelo, son factores clave que los productores pueden observar y valorar directamente. Estos beneficios tangibles pueden fomentar una mayor adopción de cultivos de servicio, ya que los agricultores perciben de primera mano las mejoras en la productividad y la sostenibilidad de sus tierras. Además, estos impactos positivos a nivel local son claves para la resiliencia de los agroecosistemas frente a las variaciones climáticas y a los desafíos de manejo del suelo.

Para Pinto et.al., (2016) Los cultivos de servicio también tienen impactos locales positivos como la mejora en la infiltración de agua, el control de malezas y la estructuración del suelo, beneficios que los productores pueden percibir directamente, lo que puede incentivar su adopción.

A pesar de los numerosos beneficios de los cultivos de servicio, la adopción generalizada enfrenta barreras económicas y prácticas. El costo inicial de implementación sin un retorno económico inmediato desalienta a muchos productores. Además, la gestión adicional requerida, el consumo de agua y la posible interferencia con la correcta implantación del cultivo de renta son desafíos significativos. Para superar estas barreras, es esencial desarrollar estrategias de apoyo financiero y técnico que ayuden a los agricultores a incorporar cultivos de servicio de manera efectiva y eficiente.

Según la investigación de Peloché, et.al., (2022) Los productores a menudo ven el costo de los cultivos de servicio como una limitante debido a la falta de retorno

económico inmediato. Otros desafíos incluyen el incremento de actividades en el campo, el consumo de agua adicional para el siguiente cultivo y las dificultades en la implantación del cultivo de renta después de un cultivo de servicio.

Efectos de los cultivos de servicio sobre la biodiversidad del suelo y cómo contribuyen a la reducción del uso de insumos externos, como fertilizantes y pesticidas.

La agricultura continua puede degradar los servicios ecosistémicos, pero los cultivos de servicio ofrecen una solución para restaurar estos servicios perdidos. Al mejorar la estructura del suelo, aumentar la materia orgánica y promover la biodiversidad, los cultivos de servicio ayudan a mantener la salud del agroecosistema. Estos beneficios se manifiestan a diferentes escalas, desde el nivel del campo individual hasta el paisaje agrícola en su conjunto, proporcionando una base más sostenible para la producción agrícola a largo plazo. Los cultivos de servicio pueden restaurar ciertos servicios ecosistémicos que se pierden con la agricultura continua, teniendo efectos positivos a diferentes escalas (Pinto et al., 2016).

La conciencia sobre los problemas ambientales asociados con la agricultura, como la degradación del suelo y la contaminación por agroquímicos, es alta tanto entre técnicos como productores. Reconocer los cultivos de servicio como una tecnología viable para mitigar estos problemas destaca su potencial para mejorar la sostenibilidad agrícola. Al reducir la dependencia de agroquímicos y mejorar la salud del suelo, los cultivos de servicio pueden contribuir significativamente a la creación de sistemas agrícolas más resilientes y menos impactantes ambientalmente.

Los técnicos y productores reconocen los problemas clave de la agricultura, como la degradación del suelo y la alta presión de agroquímicos y su contaminación. Mayoritariamente, consideran que los cultivos de servicio pueden mitigar estos problemas ambientales significativos (Peloché et al., 2022). Los cultivos de servicio, especialmente las leguminosas, juegan un rol muy importante en la

captura de energía solar y su conversión en formas útiles para la producción agrícola. Al fijar el nitrógeno atmosférico a través de asociaciones con bacterias, estos cultivos reducen la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos, cuyo proceso de producción y aplicación es intensivo en energía. Este enfoque no solo promueve la eficiencia energética en la agricultura, sino que también contribuye a la sostenibilidad al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y los costos asociados con la producción de fertilizantes. Además, la mejora en la productividad primaria neta a través de una mejor utilización de la radiación solar demuestra el valor integral de los cultivos de servicio en la optimización de los recursos naturales.

Tal como señalan Pinto et.al (2016) Los cultivos de servicio, especialmente las leguminosas, pueden absorber gran parte de la radiación solar que se pierde durante los barbechos. Estos cultivos disminuyen la necesidad de fertilización nitrogenada sintética, ya que a través de la fijación biológica de nitrógeno, convierten la energía solar en energía química, permitiendo que las bacterias fijadoras de nitrógeno utilicen esta energía para romper los enlaces del N_2 atmosférico y hacerlo disponible para las plantas.

Los beneficios locales de los cultivos de servicio, como la mejora en la infiltración de agua, el control de malezas y la estructuración del suelo, son factores clave que los productores pueden observar y valorar directamente. Estos beneficios tangibles pueden fomentar una mayor adopción de cultivos de servicio, ya que los agricultores perciben de primera mano las mejoras en la productividad y la sostenibilidad de sus tierras. Además, estos impactos positivos a nivel local son cruciales para la resiliencia de los agroecosistemas frente a las variaciones climáticas y a los desafíos de manejo del suelo.

Marco metodológico

Método de investigación

Se utilizará un enfoque cualitativo con un diseño de caso de estudio, para la comprensión detallada de los beneficios de los cultivos de servicio en Bolsin S.A., Uruguay.

Diseño de investigación

El diseño del estudio de caso será exploratorio y descriptivo, centrado en el análisis detallado de las prácticas agrícolas y sus impactos en la sostenibilidad del suelo en Bolsin S.A. Se enfocará en un periodo de dos años para captar las variaciones y efectos a lo largo del tiempo.

Técnica de recolección de datos

- Entrevistas semiestructuradas con productores agrícolas y expertos en cultivos de servicio que trabajan en Bolsin S.A.
- Análisis de documentos y registros históricos de prácticas agrícolas en Bolsin S.A.
- Observación directa de los campos y prácticas de cultivo.

Procedimiento de recolección de datos

Entrevistas Semiestructuradas

Se llevaron a cabo entrevistas individuales con productores agrícolas y expertos en cultivos de servicio que trabajan en Bolsin S.A, las entrevistas se grabarán, previa autorización y firma de consentimiento informado y se transcribieron para su análisis.

Análisis de Documentos

Se revisaron registros históricos y documentos relacionados con las prácticas de cultivo en Bolsin S.A. para identificar patrones y cambios en el uso de cultivos de servicio.

Observación Directa

Se realizaron visitas a los campos para observar directamente las prácticas de cultivo y tomar notas detalladas sobre las técnicas empleadas y las condiciones del suelo.

Análisis de los resultados

A continuación se presentan los resultados del análisis realizado sobre impacto productivo, económico y agronómico de la implementación de cultivos de servicio en el establecimiento Pichinango de BOLSIN S.A., Uruguay, durante el período 2021-2025.

A partir de los cuadros y gráficos provistos por la empresa, los datos aportados en las entrevistas y la observación directa en campo, se presenta un abordaje sistemático y analítico de los resultados, con especial atención a la evolución de las áreas sembradas, los tipos de cultivos implementados, el uso de insumos como la urea, los rendimientos obtenidos, las estrategias de manejo agronómico y los costos involucrados.

Superficie sembrada

Evolución de superficie sembrada y sistemas de rotación (2021-2025)

Campaña	Superficie doble cultivo (ha)	CS utilizados	Combinaciones en rotación
2021-2022	1.389	Vicia / Vicia + Centeno	Soja 1 → CS → Maíz
2022-2023	1.284	Avena + Vicia / Vicia	Soja 2 → CS → Maíz / Trigo
2023-2024	1.328,5	Vicia + Centeno	Soja 1 → CS → Maíz / Cebada
2024-2025	1.818	Avena + Vicia / Vicia	Soja 1 → Trigo → Soja 2 → CS

Fuente: elaboración propia

Entre las campañas 2021-2022 y 2024-2025, el establecimiento consolidó un modelo de doble cultivo en crecimiento, pasando de 1.389 ha a 1.818 ha sembradas en dicha modalidad. Esta superficie representa una proporción significativa del total de 3.050 ha del predio, de las cuales el 60% está bajo uso agrícola, es decir, unas 1.830 ha en promedio.

El relevamiento lote por lote permite observar una utilización intensiva y planificada del espacio productivo. Por ejemplo, en la campaña 2024-2025, se destinaron 616,5 ha a soja de primera distribuidas en 15 lotes, 840 ha a soja de segunda en 17 lotes, 399 ha a maíz en 8 lotes, y 776 ha a trigo en 21 lotes. Esta granularidad en la asignación de cultivos indica un manejo detallado y preciso, apoyado en rotaciones estratégicas, adaptadas a la capacidad edáfica de cada lote.

Rotaciones y Cultivos Implantados

El sistema de rotación es uno de los pilares técnicos del modelo agronómico. Se destacan esquemas como: soja primera - cultivo de invierno - soja segunda - cultivo de servicio. Los cultivos principales incluyen soja (1º y 2º), maíz, trigo, cebada y colza. En invierno, se insertan los cultivos de servicio, especialmente consociaciones de vicia con avena o centeno, seleccionadas según el cultivo sucesor.

En general, la vicia consociada con avena se utiliza como antecesora del maíz por su capacidad de dejar el suelo mullido y con buena disponibilidad de nitrógeno. En cambio, la vicia + centeno suele preceder a la soja de primera, ya que la gramínea absorbe parte del nitrógeno y disminuye el riesgo de exceso para leguminosas. Esta adaptación demuestra un manejo eficiente y orientado a maximizar la sinergia entre cultivos.

Manejo de fertilización nitrogenada

Estrategia de aplicación

- ✓ **Cultivos de invierno (trigo y cebada):** Se prioriza la incorporación previa a la siembra mediante barra fertilizadora, con dosis estándar de 250 kg/ha (aprox. 92 kg de N/ha).
- ✓ **Maíz:** Se aplica Urea previo a la siembra si el clima lo permite, complementado con el nitrógeno aportado por CS de base vicia.

Uso histórico de Urea (trigo, cebada, maíz)

Año	Cultivo	Ha	Urea kg/ha	Urea total (ton)	N total (ton)
2025	Trigo	800	250	200	92
2024	Trigo	840	250	210	96,6
2022	Trigo	401	250	100,25	46,11
2024-2025	Cebada	200	200	40	18,4
2022-2023	Cebada	207	200	41,4	19,04
2024-2025	Maíz	420	250	105	48,3
2023-2024	Maíz	315	250	78,75	36,22

Fuente: elaboración propia

El manejo del nitrógeno combina el uso de urea con la fijación biológica de los cultivos de servicio. La urea se incorpora preferentemente antes de la siembra con barra fertilizadora, aplicando 250 kg/ha en trigo, cebada y maíz, lo que representa aproximadamente 92 kg/ha de N. Esta tecnología, importada de Argentina, asegura una incorporación eficiente y evita pérdidas por volatilización.

En situaciones climáticas adversas, se recurre a aplicaciones posteriores con equipos de aspersión ("mosquito") al inicio del macollaje. A su vez, los cultivos de servicio aportan entre 90 y 110 kg/ha de nitrógeno, lo que en algunos lotes permite prescindir de la aplicación química o reducir su dosis. Esta combinación mejora la eficiencia del uso del nutriente y reduce el impacto ambiental.

Implantación de Cultivos de Servicio

La evolución del área con cultivos de servicio muestra una tendencia creciente y refleja la confianza adquirida en esta práctica:

- ✓ 2021-2022: 321 ha
- ✓ 2022-2023: 532 ha
- ✓ 2023-2024: 488,5 ha
- ✓ 2024-2025: 840 ha

Estas cifras están directamente correlacionadas con la superficie sembrada con soja de segunda, ya que todos los lotes que reciben CS son destinados a soja 2 o maíz. Además, la superficie de maíz aumentó de 121 ha en 2021-2022 a 389 ha en 2024-2025, en paralelo con la incorporación de CS como antecesores.

Rendimiento comparativo de maíz: con vs. sin CS

Año	Lote	CS antecesor	Rinde (kg/ha)	Urea (kg/ha)	Observaciones
2023-2024	Corralito	Vicia	9.400	~125	Máximo rendimiento registrado
2024-2025	Maracujá	Vicia	8.600	~135	Alta eficiencia por retención hídrica
2022-2023	Toro	Sin CS	0	250	Pérdida total por sequía
2021-2022	Maracujá	Sin CS	7.850	250	Buen resultado sin cobertura

El uso de CS mejora el rendimiento del maíz, reduce la necesidad de Urea y aporta mayor estabilidad ante eventos climáticos adversos.

Beneficios agronómicos del CS y técnicas complementarias

Técnica	Beneficio observado	Evidencia
Rolado	Reducción de malezas, cobertura eficiente	Uso continuo desde 2022
Cobertura CS	Conservación de humedad, menor ET	Altos rendimientos en 2023
Siembra variable	Mejor adaptación a ambientes	Desde 2024 con mapas de prescripción
Semilla propia de vicia	Reducción de costos (USD 3 a 0,37/kg)	Cosecha, acondicionamiento y uso posterior

Fuente: elaboración propia

El manejo integral del CS potencia los beneficios: mejora la estructura del suelo, disminuye agroquímicos y estabiliza la producción.

Costos y rentabilidad estimada

Sistema	Costo (USD/ha)	Ahorro fertilizante (USD/ha)	Ganancia rendimiento (kg/ha)	Valor bruto (USD/ha)	Balance neto
Vicia pura	172	60–80	+1.000	180–220	Positivo
Vicia + Centeno	198	60–90	+1.500	270–330	Muy positivo
Vicia semilla propia	297,5	60–80	+1.500	270–330	A recuperar

La producción propia de semilla implica mayor inversión inicial pero reduce sensiblemente el costo por kilo (de USD 3 a 0,37).

Tecnología de Manejo

A lo largo del período analizado, el establecimiento perfeccionó su estrategia de manejo en base a observaciones empíricas y ajustes tecnológicos:

- ✓ Se definió la fecha ideal de siembra de CS entre mediados de abril y principios de mayo.
- ✓ Se perfeccionó el tratamiento de semillas de vicia, incluyendo inoculación específica y monitoreo de nódulos.
- ✓ Se establecieron densidades óptimas según consociación: vicia pura (20 kg/ha), vicia + avena (20 + 60 kg/ha), vicia + centeno (20 + 40 kg/ha).
- ✓ Se adoptó el uso de fertilización fósforada (80 kg/ha de 18/46) en la implantación.
- ✓ Se incorporó la cosecha de semilla propia de vicia, logrando un ahorro del 87,6% respecto al valor de mercado.

Uso del Rolo: Ventajas, Desafíos y Resultados

El uso del rolo faca ha sido una innovación clave para el manejo de CS. Al permitir la terminación física del cultivo en estado reproductivo, se logra:

- ✓ Disminuir la necesidad de herbicidas
- ✓ Generar una "cama vegetal" que reduce la evaporación
- ✓ Favorecer la implantación de cultivos posteriores, si se sincroniza adecuadamente

Sin embargo, el éxito depende de variables como el estadio fenológico (ideal: floración plena), la humedad del suelo y la dirección de paso del rolo respecto a la

siembra. Una mala rodada puede derivar en rebrotes, consumo de agua o dificultades de siembra.

Rendimientos por campaña y relación con cultivos de servicio

Los datos muestran una asociación positiva entre la presencia de cultivos de servicio y la estabilidad de los rendimientos. En campañas con precipitaciones escasas (como 2022-2023), la falta de cobertura impactó negativamente:

- ✓ Soja 2 perdida por sequía
- ✓ Maíz destinado a forraje (enfardado)

En cambio, en 2023-2024 y 2024-2025, con más de 488 ha y 840 ha de CS respectivamente, los rendimientos fueron elevados:

- ✓ Soja 2: hasta 3.050 kg/ha
- ✓ Maíz: hasta 8.450 kg/ha

Esta evidencia respalda el rol de los CS en la conservación de humedad, mejora de estructura y aporte de nutrientes, actuando como una estrategia de mitigación ante el riesgo climático.

Comparación de Costos: Urea vs Cultivo de Servicio

Estrategia	Costo estimado (USD/ha)
Fertilización con urea	92
CS con semilla comprada	172 (vicia pura)
CS con semilla propia	125,5

Fuente: Elaboración propia

Si bien el cultivo de servicio representa una inversión mayor por hectárea, se compensa con beneficios agronómicos, ahorro en insumos y estabilidad productiva. Además, permite reducir el uso de insumos externos y mejora el balance económico a mediano plazo.

Precipitaciones

Año / Periodo	Precipitación acumulada (mm)
2025 (Ene–Jul)	856
2024	1.394
2023	699
2022	987
2021	959

Fuente: Elaboración propia

Considerando la hipótesis propuesta, respecto a los cultivos de servicio (CS) mejoran rendimientos, reducen insumos y aportan beneficios sostenibles, el factor climático y en particular las precipitaciones, es clave para interpretar resultados, a continuación algunos datos relevantes.

Años con precipitaciones elevadas

- **2024 (1.394 mm):**
 - Es el año con mayor registro hídrico del período.
 - Coincide con un aumento importante de la superficie de CS (488,5 ha) y los mayores rendimientos de soja y maíz desde el inicio del ciclo.
 - La alta disponibilidad de agua favoreció tanto a cultivos de renta como a CS, permitiendo mayor biomasa de vicia y mejor aporte de N al maíz siguiente.
 - **Rinde maíz:** 7.550 kg/ha promedio.
 - **Rinde soja total:** 2,7 tn/ha promedio.
- **2025 (856 mm en medio año):**
 - Aunque parcial, proyecta un año hídrico aceptable.
 - Superficie de CS llega a 840 ha (máxima histórica).
 - Rendimientos de maíz 2024–2025 alcanzan 8.450 kg/ha, lo que sugiere que el manejo con CS + humedad moderada favoreció un salto productivo.

Años con precipitaciones bajas

- **2023 (699 mm):**
 - El año más seco del registro.
 - Impacto directo: pérdida total de la soja de segunda por sequía.
 - En maíz, los CS ayudaron a mantener cierto nivel productivo, pero no compensaron completamente la falta de agua.
 - Muestra el límite de resiliencia de la estrategia: aunque los CS conservan humedad, su aporte no reemplaza lluvias en periodos críticos.
- **2021 y 2022 (959 y 987 mm):**
 - Valores intermedios, adecuados para un desarrollo normal de cultivos.
 - 2022 mostró mejoras incipientes por uso de CS, pero aún con manejo inicial y superficie menor.
 - En 2021, el manejo de CS estaba en fase temprana, lo que limita comparaciones.

Relación CS – Precipitaciones – Rendimiento

- ✓ Los CS maximizan beneficios cuando las precipitaciones están en niveles medios o altos (≥ 900 mm/año), ya que favorecen biomasa, fijación de N y cobertura duradera.
- ✓ En años secos (como 2023), los CS ayudan a conservar humedad, pero el estrés hídrico severo afecta de igual forma a cultivos de renta.
- ✓ Existe una sinergia positiva: CS + buen año hídrico → altos rendimientos + ahorro de insumos (ej. 2024 y 2025).
- ✓ El uso del rolo en años húmedos permite aprovechar mejor la retención de agua y el control de malezas.

Aprendizajes técnicos

Aspecto	Descripción
Fechas óptimas	Siembra en abril-mayo, posterior a la cosecha de soja de segunda
Inoculación	Vital para el establecimiento de nódulos y fijación de N
Densidad	Vicia pura: 20 kg/ha; Vicia + Avena: 20+60 kg/ha; Vicia + Centeno: 20+40 kg/ha
Fertilización	80 kg/ha de 18-46
Rolado	Depende del cultivo sucesor y del estado fenológico; se usa rolo faca con presión máxima

Fuente: Elaboración propia

La experiencia obtenida a partir de la implantación de cultivos de servicio en el predio Pichinango ha generado diversos aprendizajes que contribuyen al perfeccionamiento de las prácticas de manejo. A continuación, se detallan los principales aspectos técnicos identificados.

Fecha de siembra

La implantación temprana de *Vicia sativa* resulta un factor determinante para el éxito del cultivo. En la práctica habitual, la siembra se realiza tras la cosecha de soja de segunda, lo que implica que la fecha efectiva dependa de la recolección de dicho cultivo. No obstante, se considera óptimo efectuar la siembra entre mediados de abril y principios de mayo, momento en el cual las temperaturas aún resultan adecuadas para garantizar un establecimiento inicial vigoroso y evitar una implantación avanzada en el invierno, cuando las bajas temperaturas pueden afectar negativamente el desarrollo.

Condiciones climáticas

El éxito en la implantación de la vicia también está condicionado por la disponibilidad hídrica. Es esencial que las precipitaciones se mantengan dentro de parámetros normales, dado que períodos prolongados de anegamiento reducen significativamente el número de plantas logradas y comprometen la uniformidad del stand.

Tratamiento de la semilla

La inoculación de la semilla constituye un aspecto clave para garantizar la fijación biológica de nitrógeno. Se recomienda inocular uno o dos días antes de la siembra, empleando inoculantes específicos para vicia, y respetando estrictamente los tiempos de aplicación. La efectividad de la inoculación puede evaluarse mediante la observación de las raíces, verificando la presencia de nódulos activos que evidencien la captación y fijación de nitrógeno atmosférico.

Densidad de siembra

En siembras puras de vicia se utiliza una densidad de 20 kg·ha⁻¹ de semilla. En consociaciones con avena (*Avena sativa*), se emplean 20 kg·ha⁻¹ de vicia y 60 kg·ha⁻¹ de avena; mientras que en mezclas con centeno (*Secale cereale*), la proporción utilizada es de 20 kg·ha⁻¹ de vicia y 40 kg·ha⁻¹ de centeno.

Fertilización fosfatada

La incorporación de fósforo en la siembra es fundamental para un desarrollo adecuado del cultivo de servicio. En las experiencias realizadas, se ha aplicado un promedio de 80 kg·ha⁻¹ de fertilizante fosfatado de fórmula 18-46-0, lo cual ha favorecido la implantación y el desarrollo inicial.

Momento de rolado

El momento óptimo para el rolado depende del cultivo posterior y del tipo de consociación implantada.

- **Vicia pura y maíz tardío:** se busca que la vicia complete su ciclo y florezca, realizándose el rolado o la aplicación de herbicidas hacia mediados de noviembre.
- **Vicia pura y maíz de primera:** dada la necesidad de un barbecho prolongado, generalmente se dispone de menor volumen vegetal para rolar, optándose por el uso de agroquímicos con el fin de disponer de un

barbecho limpio en septiembre, fecha habitual de siembra del maíz de primera.

- **Vicia en consociación:** el momento de rolado varía en función del ciclo de las especies acompañantes (avena o centeno), ajustándose para optimizar la cobertura y minimizar la competencia con el cultivo siguiente.

En síntesis, los aprendizajes obtenidos evidencian que la correcta elección de la fecha de siembra, el manejo de la inoculación, la densidad de siembra, la fertilización y el momento de rolado constituyen variables críticas para maximizar el aporte de los cultivos de servicio al sistema productivo.

Manejo de *Vicia sativa* en el Establecimiento Pichinango



La implantación de *Vicia sativa* en consociación con gramíneas en el Establecimiento Pichinango requiere una planificación cuidadosa, particularmente

en lo referido al control de la floración y el momento de rolado, con el fin de evitar problemas en cultivos posteriores y optimizar la disponibilidad de nutrientes.

Consociación con centeno

Cuando la vicia se implanta junto a centeno (*Secale cereale*), es esencial evitar que este último complete su ciclo y genere semilla dentro del lote, ya que podría originar la presencia de “centeno guacho” en campañas posteriores, interfiriendo con otros cultivos. Para prevenir esta situación, se recomienda realizar el rolado o la aplicación de herbicidas hacia mediados de octubre. En general, las mezclas de vicia y centeno se destinan a la implantación posterior de soja de primera. Esta decisión responde a que las gramíneas asociadas tienden a absorber parte del nitrógeno fijado por la vicia, reduciendo su disponibilidad para cultivos como el maíz, que presentan mayores requerimientos de este nutriente.

Consociación con avena

En el caso de la asociación con avena (*Avena sativa*), el riesgo de problemas en cultivos subsiguientes es menor. Sin embargo, también es importante evitar que la avena llegue a estado de semillado, para impedir la aparición de plantas voluntarias en cultivos de invierno posteriores.

Momento óptimo de rolado

Para que el rolado sea exitoso, el cultivo de servicio debe encontrarse en estado reproductivo y no vegetativo. En la vicia, este estadio se reconoce cuando las plantas inician la floración o cuando el lote presenta floración generalizada. En ocasiones, este cambio fenológico puede estar inducido por situaciones de estrés, como déficits hídricos o temperaturas elevadas. La ejecución del rolado en este momento maximiza la probabilidad de terminación efectiva del cultivo.

Características técnicas del rolo

El equipo de rolado debe estar diseñado para ejercer un peso y presión considerables sobre la biomasa, de manera que esta quede completamente aplastada contra el suelo, formando una cobertura continua similar a una alfombra. Es fundamental que el rolo no corte ni arrastre las plantas, ya que estas fallas pueden provocar:

- **Persistencia del cultivo de servicio**, lo que resultaría en un consumo no deseado de agua y nutrientes.
- **Descubrimiento del suelo**, favoreciendo la evaporación y la emergencia de maleza.

En este establecimiento se utiliza un modelo de rolo faca, operando a una velocidad de trabajo de $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. La presión se mantiene en el nivel máximo, buscando “machacar” la biomasa sin cortarla. El equipo posee un ancho de labor de 4,5 metros, lo que permite un manejo eficiente de la cobertura.

Rolo, trabajando sobre cultivo de vicia Pichianango.



Evaluación del barbecho posterior al rolado

Tras la ejecución del rolado y posterior a la ocurrencia de precipitaciones, es posible observar la persistencia de algunas plantas de *Vicia sativa* en estado latente. Esta situación es relativamente frecuente y no necesariamente implica un fallo en la terminación del cultivo. No obstante, resulta fundamental evaluar si dichas plantas completarán su ciclo y se secarán de manera natural o si, por el contrario, será necesario complementar el manejo con una aplicación de herbicidas. Esta decisión debe basarse en la densidad y el vigor de las plantas remanentes, así como en la proximidad de la fecha de siembra del cultivo siguiente, con el fin de asegurar un barbecho limpio y eficiente.



Semilla de uso propio

En los últimos años, la explotación ha incorporado la práctica de cosechar su propia semilla, con el objetivo de asegurar la disponibilidad de simiente para las campañas posteriores. Para ello, se designa un lote específico destinado a la producción de semilla, sobre el cual se realiza un seguimiento continuo a fin de garantizar una adecuada formación y maduración de la misma. La cosecha se lleva a cabo habitualmente durante el mes de diciembre, una vez alcanzadas las condiciones óptimas de calidad. Posteriormente, la semilla se almacena en bolsones hasta el ciclo productivo siguiente, momento en el que se procede a su acondicionamiento e inoculación, previo a la siembra de la nueva campaña.



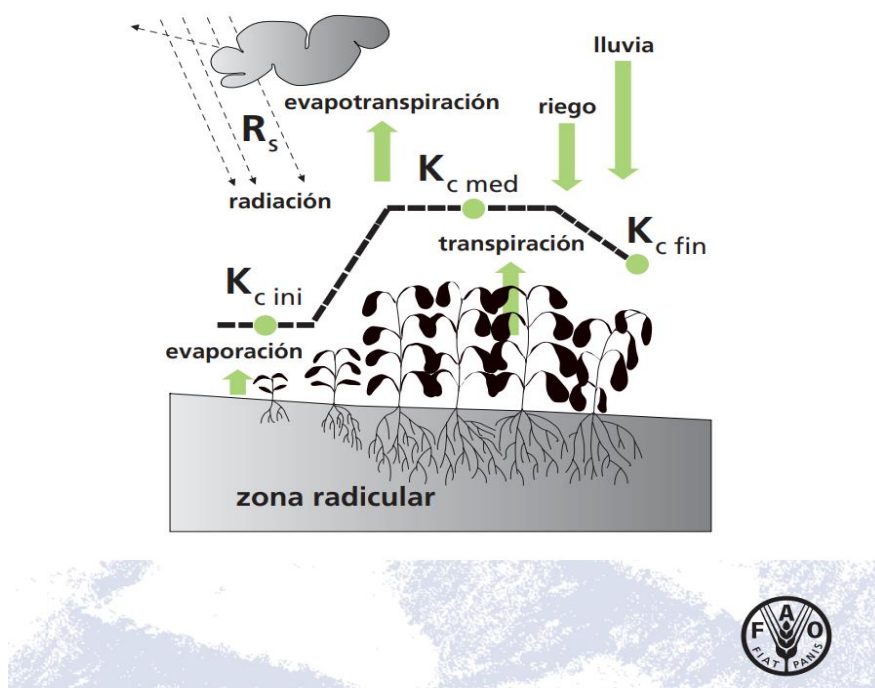
La ventaja de utilizar el rolo sobre un cultivo de servicio

Bajar usos de herbicidas: con un buen uso de rolo sobre un buen cultivo de servicio, en el momento adecuado nos permite lograr secar el cultivo de servicio evitando el uso de herbicidas sobre nuestros lotes.

Este punto es muy importante, pero para lograr ese punto, es necesario lo que comentamos anteriormente, que el cultivo de servicio tenga un volumen adecuado, que este en la etapa adecuada para ser rolo, que el manejo y la aplicación del rolo sea excelente. No obstante, en ocasiones el éxito en secar el cultivo de servicio no es al 100 %, por lo que tenemos que recurrir al uso de herbicidas, en estos casos seguramente sea en dosis más bajas que lo normal o herbicidas menos agresivos con el sistema. Por lo que consideramos que esta es una gran ventaja del uso del Rolo sobre el no uso del Rolo.

Evitar la evapotranspiración del suelo y cultivos, tal como se señala en el siguiente gráfico.

Proceso de evapotranspiración del suelo y cultivos



Fuente: FAO (2021)

La utilización del rolo en cultivos de servicio permite generar una cobertura vegetal uniforme y aplastada sobre el suelo, conformando una especie de “alfombra” que contribuye significativamente a la reducción de la evapotranspiración. Esta práctica disminuye las pérdidas de agua tanto por evaporación directa desde la superficie del suelo como por la transpiración de las plantas, favoreciendo así la conservación de la humedad edáfica. Este efecto resulta clave para la gestión hídrica en sistemas agrícolas, dado que posibilita el almacenamiento de agua en el perfil del suelo y evita las pérdidas asociadas a la exposición directa del terreno.

En el establecimiento Pichinango se ha constatado que los cultivos de servicio, manejados adecuadamente mediante el uso del rolo, generan una cobertura continua que protege el suelo de la radiación solar directa y reduce el impacto del viento, ambos factores que inciden en la disminución de la disponibilidad de agua.

No obstante, esta práctica presenta consideraciones técnicas que deben atenderse para optimizar la siembra posterior. Un cultivo de servicio correctamente roloado produce una cama de siembra con elevado volumen de biomasa dispuesta de forma horizontal, alineada en la dirección de pasada del implemento.



En consecuencia, para efectuar una implantación eficiente, es imprescindible contar con un tren de siembra capaz de cortar de manera efectiva esta cobertura, evitando que la semilla quede suspendida sobre el material vegetal. Asimismo, el ángulo de siembra debe ajustarse a la dirección del rolado, ya que sembrar en sentido contrario puede ocasionar arrastres y acumulaciones de residuos que comprometan la calidad de la implantación.

Análisis de costos de Implantación de Cultivos de Servicio

- ✓ Rendimiento promedio: 800 kg/ha
- ✓ Costo total vicia para semilla (implantación + cosecha): USD 297,50/ha
- ✓ Costo por kilo de vicia uso propio: USD 0,37
- ✓ Valor de mercado: USD 3,00/kg

Comparación de costos de implantación

La vicia pura presenta un costo de implantación de USD 172/ha, mientras que la mezcla vicia + centeno asciende a USD 198/ha, es decir, un incremento del 15,1 % debido principalmente al costo adicional de la semilla de centeno.

Los costos de labores son idénticos en ambas alternativas, lo que indica que la diferencia radica exclusivamente en los insumos.

Producción propia de semilla

La cosecha de 1 ha de vicia implica un gasto adicional de USD 125,50, alcanzando un costo total (implantación + cosecha) de USD 297,50/ha.

Sin embargo, con un rendimiento promedio de 800 kg/ha, el costo por kilo de semilla se reduce a USD 0,37, muy por debajo del precio de mercado (USD 3,00/kg). Esto representa un ahorro potencial del 87,7 % respecto a la compra en el mercado.

Eficiencia económica

La estrategia de producir semilla propia es altamente rentable, ya que permite asegurar la disponibilidad de insumos estratégicos a un costo unitario significativamente menor, reduciendo la dependencia del mercado y mitigando riesgos por variaciones de precio.

A largo plazo, esta práctica puede generar ahorros sustanciales y mejorar la autonomía productiva del establecimiento.

Decisión sobre la mezcla vs. Monocultivo

La mezcla de vicia + centeno, aunque más costosa, puede ofrecer beneficios agronómicos adicionales (control de malezas, estructura del suelo, cobertura más densa) que justifiquen el mayor costo inicial.

La decisión final debe considerar no solo el costo directo, sino también los beneficios indirectos sobre la productividad del cultivo de renta posterior.

Conclusiones

Desde una perspectiva agronómica contemporánea, los cultivos de servicio representan una estrategia clave para la intensificación sostenible. El caso de BOLSIN S.A. permite observar la aplicación concreta de conceptos que hoy están en el centro de las investigaciones agroecológicas y de manejo regenerativo. Los resultados obtenidos evidencian que la integración de leguminosas como la vicia villosa y gramíneas como el centeno o la avena no sólo permite prescindir parcial o totalmente de insumos sintéticos como la urea, sino también mejorar el balance hídrico, la estructura del suelo y la estabilidad productiva ante eventos climáticos extremos.

La correlación entre el aumento de hectáreas con cultivos de servicio y los rendimientos obtenidos en soja y maíz indica que la sustentabilidad no está reñida con la productividad. Por el contrario, el uso racional de insumos, combinado con procesos biológicos naturales, genera un sistema resiliente, rentable y replicable. En este sentido, el manejo por ambientes, el uso de prescripciones variables y la cosecha de semilla propia, constituyen factores de innovación y soberanía tecnológica que agregan valor a la estrategia productiva.

Desde un enfoque económico, si bien la inversión inicial en CS puede superar a la aplicación directa de fertilizantes nitrogenados, la relación costo-beneficio se torna positiva en el mediano plazo, particularmente cuando se considera la reducción de insumos, el ahorro en herbicidas, el mayor aprovechamiento de la humedad y la mejora de los rendimientos. Asimismo, la producción propia de semillas disminuye la dependencia externa, generando un circuito de retroalimentación interna dentro del sistema.

Desde una perspectiva ambiental y sistémica, el uso de rolo para la terminación de los CS se inscribe dentro de las estrategias de agricultura de conservación. Al evitar el uso excesivo de herbicidas, proteger el suelo de la radiación solar directa y controlar malezas mediante cobertura, el sistema mejora la salud edáfica a largo plazo. No obstante, estos beneficios requieren de un conocimiento profundo del

manejo fenológico y una correcta sincronización operativa para evitar rebrotes o dificultades en la siembra posterior.

En términos climáticos, la evolución de los datos de precipitación entre 2021 y 2025 demuestra que los cultivos de servicio actuaron como un factor estabilizador ante variaciones hídricas. Mientras que en 2023 la sequía redujo a cero el rendimiento de soja 2, en 2024 con mayor cobertura y precipitaciones, el rendimiento superó los 3.000 kg/ha. Esta capacidad de amortiguación refuerza el rol estratégico de los CS en el contexto de cambio climático y eventos extremos cada vez más frecuentes.

Finalmente, desde un enfoque de políticas agrarias y replicabilidad, los resultados obtenidos por BOLSIN S.A. pueden servir como modelo para otros establecimientos que busquen transitar hacia sistemas más resilientes. Las evidencias empíricas, complementadas con una planificación técnica rigurosa y una evaluación económica integral, demuestran que los cultivos de servicio son viables técnica, ambiental y económicamente.

Bibliografía

1. Agrositio. (2024). *Cultivos de servicio: una herramienta clave para una agricultura sustentable*. Agrositio.
<https://www.agrositio.com.ar/noticia/209055-cultivos-de-servicio-una-herramienta-clave-para-una-agricultura-sustentable.html>
2. Ausid. (2024). *Reporte sobre la evolución en el uso de cultivos de servicio*. Agencia Uruguaya de Sustentabilidad e Innovación para el Desarrollo.
https://ausid.com.uy/wp-content/uploads/2024/02/Reporte_FINAL.pdf
3. Borrás, L. (2018). *Servicios ecosistémicos en agroecosistemas: aportes y desafíos para la intensificación ecológica*. Revista de Agricultura Sostenible, 12(3), 45–59.
4. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA]. (2022). *FPTA-357: Cultivos de servicio*. Revista INIA Uruguay, (70), 97–101.
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16802/1/Revista-INIA-70-setiembre-2022-21.pdf>
5. MAGyP. (2023). *Técnica conservacionista: cultivos de servicios*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina.
<https://www.magyp.gob.ar/desarrollo-forestal-industrial/pdf/Tecnica-conservacionista-Cultivos-de-Servicios.pdf>
6. Mas Panissa, L., Sanchis Bisio, J. M., Courdin Máximo, V., Pelocche Dávila, D. K., & Álvarez, S. (2023). *Identificación de limitantes y problemas asociados a la adopción de cultivos de servicio en la agricultura* [Trabajo de grado, Universidad de la República]. Repositorio COLIBRI.
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/44034>
7. Ministerio del Ambiente. (2021). *Planes de Uso y Manejo de Suelos y adopción de cultivos de cobertura*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay.
8. Pelocche, D., Courdin, V., Cidade, G., González, E., Malarini, F., Mas, L., Morán, E., Pereyra, M., Sanchis, M., & Álvarez, S. (2022). *Cultivos de servicio: características de su adopción en los sistemas agrícolas*. Revista

- INIA Uruguay, (70), 97–101.
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16802/1/Revista-INIA-70-setiembre-2022-21.pdf>
9. Peloche, D. K., et al. (2022). *Percepciones y limitantes en la adopción de cultivos de servicio*. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2), 113–127.
 10. Pinto, P., Paruelo, J. M., Sawchik, J., & Piñeiro, G. (2023). *Cultivos de servicios para aumentar la oferta de servicios ecosistémicos en sistemas agrícolas*. En G. P. García-Inza, J. M. Paruelo & R. Zoppolo (Eds.), *Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay a las trayectorias agroecológicas* (pp. 215–234). Fundación CICCUS.
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17110/1/Pinto-P.-et.al-Capitulo-11.pdf>
 11. Viglizzo, E. F., & Casas, R. R. (Eds.). (2023). *El agro y el ambiente: políticas y estrategias*. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de la República Argentina / Prosa Ediciones.
 12. Infocampo. (2016). *Cultivos de servicio: permiten recuperar agroecosistemas y controlan el deterioro de los campos*. Infocampo.
<https://www.infocampo.com.ar/cultivos-de-servicio-permiten-recuperar-agroecosistemas-y-controlan-el-deterioro-de-los-campos/>
 13. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2024). *Evaluación de cultivos de servicio en sistemas agropecuarios sustentables*. INTA.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2024/09/inta_crcordoba_eea_marcosjuarez_defagot_m_informe.pdf
 14. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021*. FAO.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f3660258-d07f-487e-b3c1-01661c83cb16/content>

Anexos

Anexo 1. Guía de entrevistas

1. Presentación y contexto

- Breve introducción del entrevistador y objetivo de la entrevista.
- Explicar que se busca profundizar en aspectos técnicos y productivos a partir de la experiencia y prácticas de manejo ya implementadas en el establecimiento Pichinango.

2. Organización productiva y rotaciones

- ¿Cómo se planifica la rotación entre los distintos cultivos anuales y los cultivos de servicio?
- ¿Qué criterios utilizan para decidir la secuencia de cultivos en cada lote?
- ¿Cómo influyen las exigencias normativas en la organización de estas rotaciones?

3. Manejo de fertilización y uso de insumos

- ¿Qué factores determinan el momento y la forma de aplicar la fertilización nitrogenada?
- ¿Cómo ajustan el manejo de fertilizantes en función de los aportes de nitrógeno de los cultivos de servicio?
- ¿Qué resultados han observado en la reducción de insumos químicos en lotes con CS?

4. Resultados productivos y comparación con y sin CS

- ¿Cuáles han sido las diferencias más relevantes en rendimiento y eficiencia de insumos entre lotes con y sin cultivos de servicio?
- ¿Qué papel ha jugado la cobertura en la resiliencia frente a condiciones climáticas adversas?

5. Manejo agronómico específico de CS

- Respecto a la siembra y manejo inicial, ¿qué prácticas han resultado más efectivas para lograr una buena implantación?

- ¿Cómo definen la densidad y combinaciones de especies en los cultivos de servicio?
- ¿Qué aspectos consideran para decidir el momento del rolado y su coordinación con el cultivo siguiente?

6. Innovaciones y mejoras tecnológicas

- ¿Qué tecnologías o herramientas han incorporado recientemente para mejorar el manejo de los CS?
- ¿Qué impacto han tenido estas innovaciones en la productividad y sostenibilidad del sistema?

7. Cierre

- ¿Qué prácticas piensan mantener o potenciar en las próximas campañas?
- ¿Qué mejoras consideran necesarias para optimizar aún más el uso de cultivos de servicio?

Anexo 2. Consentimiento informado

Propósito del estudio

El presente estudio tiene como objetivo recopilar información sobre las percepciones, experiencias y prácticas vinculadas con la incorporación de cultivos de servicio y estrategias de manejo sustentable de suelos en la empresa BOLSIN. S. A. Las entrevistas se realizarán con representantes clave, considerando su rol y experiencia en la toma de decisiones o implementación de estas prácticas.

Procedimiento

La participación consistirá en una entrevista semiestructurada con una duración estimada de 30 minutos máximo que podrá realizarse de forma presencial o virtual, según disponibilidad. La conversación será grabada en audio (y/o video) exclusivamente para fines de registro y análisis, y se transcribirá de manera confidencial.

Riesgos y beneficios

No se prevén riesgos físicos, psicológicos o sociales derivados de la participación. Los beneficios incluyen la posibilidad de que los resultados de este estudio contribuyan al fortalecimiento de las estrategias de manejo sustentable de suelos y a la toma de decisiones de la empresa.

Confidencialidad

Toda la información proporcionada será tratada de forma confidencial y utilizada únicamente con fines académicos y de investigación. Los datos se presentarán de manera agregada o anonimizada, evitando la identificación directa de las personas entrevistadas.

Voluntariedad

La participación es completamente voluntaria. El/la participante podrá negarse a responder cualquier pregunta o retirarse de la entrevista en cualquier momento, sin que ello genere perjuicio alguno.

Consentimiento

He leído y comprendido la información anterior y acepto participar en este estudio bajo las condiciones expuestas.

Nombre del/la participante: _____

Cargo: _____

Firma: _____ Fecha: ____ / ____ / ____

Firma del/la investigador/a: _____

Fecha: ____ / ____ / ____

Anexo 3. Guía de observación para el relevamiento de datos en campo

- **Título del estudio:** Análisis del impacto productivo y económico de la implementación de cultivos de servicio en el establecimiento Pichinango, BOLSIN S.A., Uruguay (2021–2025)
- **Técnica de recolección:** Observación directa y registro sistemático de datos productivos, económicos y climáticos.
- **Instrumento:** Planilla estructurada de observación.
- **Unidad de análisis:** Potreros/lotes del establecimiento Pichinango.

Datos de identificación:

Fecha de la observación: ____ / ____ / ____

Nombre del observador: _____

Campaña agrícola: 202_ – 202_

Potrero/lote: _____

Superficie del lote (ha): _____

Tipo de cultivo de renta: _____

Tipo de cultivo de servicio previo (si aplica): _____

Uso de rolo: ☐ Sí ☐ No

Variables productivas y de manejo

Variable	Descripción	Unidad de medida	Observaciones
Superficie sembrada total	Área implantada con el cultivo de renta en el lote	Ha	
Superficie con cultivo de servicio	Área que tuvo CS previo a cultivo de renta	Ha	
Especie de cultivo de servicio	Ej. Vicia, centeno, avena, mezclas	Texto	

Fecha de siembra CS	Fecha exacta de implantación	dd/mm/aaaa	
Biomasa estimada CS	Masa verde previa al rolo o secado	kg MS/ha	
Aporte estimado de N del CS	Según especie y biomasa	kg N/ha	
Cantidad de urea aplicada	Total aplicado en el lote	kg/ha	
Rinde final del cultivo de renta	Producción obtenida	kg/ha	
Diferencia de rinde respecto a lotes sin CS	Comparativo	%	
Estado sanitario del cultivo	Presencia de plagas/enfermedades	Escala: bajo-medio-alto	
Control de malezas	Efectividad percibida del manejo	Escala: bajo-medio-alto	

Variables económicas

Variable	Descripción	Unidad de medida	Observaciones
Costo de semillas CS	Valor invertido en semillas del cultivo de servicio	USD/ha	
Costo de implantación CS	Mano de obra + maquinaria + combustible	USD/ha	
Costo total del manejo del cultivo de renta	Incluye insumos, labores y cosecha	USD/ha	
Ahorro en insumos	Reducción de urea y herbicidas por uso de CS	USD/ha	
Beneficio neto	Diferencia entre ingreso bruto y costos totales	USD/ha	

Variables climáticas

Variable	Descripción	Unidad de medida	Observaciones
Precipitación acumulada en la campaña	Total mm desde siembra hasta cosecha	Mm	
Distribución de lluvias	Regularidad mensual	Escala: baja-media-alta	
Temperaturas extremas	Mínima y máxima registradas	°C	
Eventos climáticos adversos	Ej. sequía, heladas, inundaciones	Texto	

Observaciones
