

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES DEL LITORAL SUR  
DEL PAÍS EN FUNCIÓN DE LA ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE  
CULTIVOS DE SERVICIO**

**por**

**Emanuel Michel GONZÁLEZ ALVAREZ**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2023**

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a: .....

Ing. Agr. (Dra) Virginia Courdin

.....

Ing.Agr. (MSc) Daiana Peloché

.....

Ing.Agr. Santiago Alvarez

Tribunal: .....

Ing. Agr. (PhD.) Guillermo Siri

.....

Ing. Agr. Oscar Bentancur

.....

Ing. Agr. (Dra.) Virginia Courdin

.....

Ing. Agr. (MSc.) Daiana Peloché

.....

Ing. Agr. Santiago Alvarez

Fecha: 20 de diciembre de 2023

Estudiante: .....

Emanuel Michel González Alvarez

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a mi familia por darme su gran apoyo a lo largo de toda mi carrera para que así pueda lograr mis objetivos académicos.

Al equipo docente conformado por Virginia Courdin, Daiana Pelоче y Santiago Alvarez que han contribuido con sus valiosos aportes, paciencia y dedicación.

A los técnicos y grupos de productores que accedieron a las encuestas, ya que sin ellos el estudio no hubiera sido posible.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
TABLA DE CONTENIDO .....	4
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY .....	8
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	9
1.1. OBJETIVOS.....	10
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	11
2.1. EVOLUCIÓN DE LA AGRICULTURA URUGUAYA .....	11
2.1.1. <u>Evolución en el área sembrada y agrícola de cultivos cerealeros e industriales</u> .....	12
2.1.2. <u>Evolución del cultivo de soja en Uruguay</u> .....	14
2.2. LOS PLANES DE USO DE SUELOS Y LA ADOPCIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO .....	19
2.3. CULTIVOS DE SERVICIO .....	21
2.3.1. <u>Servicios ecosistémicos</u> .....	21
2.3.1.1. Rol sobre el control de la erosión.....	21
2.3.1.2. Rol sobre la estructura del suelo y la compactación.....	22
2.3.1.3. Rol en el reciclaje de nutrientes.....	22
2.3.1.4. Rol en el balance de carbono.....	23
2.3.1.5. Rol sobre el control del enmalezamiento .....	23
2.3.1.6. Rol sobre el aporte de nitrógeno.....	24
2.3.1.7. Rol en la dinámica de insectos .....	24
2.3.2. <u>Manejo de los cultivos de servicios</u> .....	25
2.3.2.1. Efecto de los cultivos de servicio sobre el cultivo siguiente .....	26
2.4. RACIONALIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES.....	28
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	33
3.1. ELABORACIÓN Y REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA .....	33
3.2. SISTEMATIZACIÓN DE LA ENCUESTA Y VARIABLES OBTENIDAS .....	35
3.3. ANÁLISIS DE DATOS .....	39
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	40

4.1. PERCEPCIÓN AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS .....	40
4.2. VISIÓN DE LA ADOPCIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO.....	42
4.3. ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO.....	46
4.4. TOMA DE DECISIONES SOBRE CULTIVOS DE SERVICIO .....	56
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	58
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	59
7. <u>ANEXO</u> .....	69

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Tabla No.</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> <i>Número de encuestas realizadas por institución a la cual pertenecen productores y técnicos asesores.....</i>	34
<b>Tabla 2.</b> <i>Dimensiones relacionadas a la percepción y adopción de cultivos de servicio.....</i>	37
<b>Tabla 3.</b> <i>Dimensiones relacionadas a la implementación y toma de decisiones agronómicas en los cultivos de servicio.....</i>	38
<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> <i>Evolución de la agricultura de secano y sus innovaciones tecnológicas en el Uruguay.....</i>	11
<b>Figura 2.</b> <i>Evolución del área sembrada y proporción de cultivos cerealeros e industriales, por año agrícola.....</i>	13
<b>Figura 3.</b> <i>Ciclo para la toma de decisiones .....</i>	29
<b>Figura 4.</b> <i>Mapa de Uruguay y departamentos donde se realizaron las encuestas.....</i>	35
<b>Figura 5.</b> <i>Preocupación ambiental que presentan los productores encuestados sobre la agricultura que realizan.....</i>	40
<b>Figura 6.</b> <i>Valoración de cultivos de servicio para mitigar factores ambientales negativos en sistemas agrícolas.....</i>	41
<b>Figura 7.</b> <i>Principales beneficios de la adopción de los cultivos de servicio.....</i>	43
<b>Figura 8.</b> <i>Factores que dificultan la adopción de los cultivos de servicio como práctica de manejo.....</i>	44
<b>Figura 9.</b> <i>Años sembrando cultivos de servicio por el encuestado.....</i>	46
<b>Figura 10.</b> <i>Criterio de elección de los cultivos de servicio.....</i>	48
<b>Figura 11.</b> <i>Principales especies sembradas utilizadas por los productores como cultivos de servicio.....</i>	49
<b>Figura 12.</b> <i>Importancia que tiene el cultivo de servicio en su sistema de producción.....</i>	51
<b>Figura 13.</b> <i>Método de siembra utilizado principalmente.....</i>	53
<b>Figura 14.</b> <i>Pastoreo al cultivo de servicio .....</i>	54
<b>Figura 15.</b> <i>Finalización del ciclo del cultivo de servicio.....</i>	55
<b>Figura 16.</b> <i>Decisiones en cultivos de servicio según tenencia de la tierra y zona del país.....</i>	56

## RESUMEN

La expansión agrícola en Uruguay desde inicios del siglo XXI hasta la actualidad ha llevado a una degradación de los suelos, provocando pérdidas por erosión, explicado por un esquema productivo basado en agricultura continua, sistemas de monocultivo e intensificación de las prácticas agrícolas. Con el objetivo de regular la problemática, en 2013 el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) puso en marcha los Planes de Uso y Manejo Responsable de Suelos. La obligatoriedad de la normativa se materializó en la inclusión de los cultivos de servicio en las rotaciones agrícolas. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar a los productores de la región sur y litoral oeste del Uruguay en términos de adopción e implementación de cultivos de servicio. Se realizaron encuestas a productores y técnicos, recopilando datos sobre experiencias, percepciones y prácticas relacionadas con los cultivos de servicio. Los resultados revelaron que la mayoría de los productores/técnicos tienen una visión positiva de los beneficios de incluir cultivos de servicio en la rotación agrícola, destacando su importancia en la conservación de suelos, control de malezas y aporte de carbono. Los productores que utilizan la tecnología se caracterizan por emplear como principales especies a las gramíneas puras, especialmente avena blanca, avena negra y raigrás; las que se siembran mediante poscosecha con sembradora y se finalizan con control químico. Existe una tendencia a no pastorear los cultivos de servicio lo que refleja que la actividad agrícola no está integrada a sistemas ganaderos. Las decisiones técnicas son tomadas independientemente del tipo de tenencia de la tierra y de la zona geográfica en donde se ubican las chacras. La principal dificultad para su adopción generalizada se relaciona con el costo o la inversión necesaria, debido a que no genera beneficios económicos a corto plazo. Si bien la obligatoriedad de la normativa ha inducido a generar conciencia acerca de la sostenibilidad del recurso suelo, aún es necesaria la generación y difusión de información vinculada al uso y manejo de los cultivos de servicio en los sistemas agrícolas.

*Palabras clave:* sistemas agrícolas, agricultura continua, erosión, cultivos de servicio

## SUMMARY

Agricultural expansion in Uruguay from the beginning of the 21st century to the present has carried to accelerated soil degradation, causing losses due to erosion, explained by a scheme based on continuous agriculture, monoculture systems, and intensification of agricultural practices. With the aim of regulating this problem, in 2013 the Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) launched the Responsible Land Use and Management Plans. The mandatory nature of the regulations materialized in the inclusion of service crops in agricultural rotations. This work aims to characterize the producers of the southern region and western coast of Uruguay in terms of adoption and implementation of service crops. Surveys were conducted with producers and technicians, collecting data on experiences, perceptions and practices related to service crops. The results revealed that the majority of producers/technicians have a positive view of the benefits of including service crops in their agricultural rotation, highlighting their importance in soil conservation, weed control and carbon contribution. Producers who use the technology are characterized by using pure grasses as the main species, especially white oats, black oats and ryegrass; that are planted post-harvest with a seeder and are finished with chemical control. There is a tendency not to graze the service crops, which reflects that agricultural activity is not integrated into livestock systems. Technical decisions are made independently of the type of land tenure and the geographic area where the fields are located. The main difficulty for its widespread adoption is related to the cost or necessary investment, because it does not generate short-term economic benefits. Although the mandatory nature of the regulations has led to raising awareness about the sustainability of soil resources, the generation and dissemination of information linked to the use and management of service crops in agricultural systems is still necessary.

*Keywords:* agricultural systems, continuous agriculture, erosion, service crops



## **1. INTRODUCCIÓN**

A partir del año 2002, el área agrícola del Uruguay aumentó notoriamente. En la zafra 2002/2003, esta área abarcaba 132.600 hectáreas, mientras que en la zafra 2014/2015 se expandió hasta alcanzar un total de 1.498.900 hectáreas. Esta expansión está explicada principalmente por el incremento en el área destinada al cultivo de soja, pasando de 78.900 hectáreas en la zafra 2002/2003 a 1.334.000 hectáreas en la zafra 2014/2015 (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2009, 2015). Dicho proceso se dio por un incremento en la intensificación en el uso del suelo y una expansión de la agricultura sobre suelos de menor aptitud agrícola. Caracterizándose por tener una alta frecuencia de soja con largos periodos de barbecho invernal. Esta dinámica llevó a una degradación acelerada de los suelos, provocando grandes pérdidas por erosión, principalmente durante el invierno (Sawchik et al., 2015).

El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) cuenta desde 1981 con la ley 15.239 denominada Uso y Conservación de Suelos y Aguas Superficiales. A raíz de la problemática descrita anteriormente, y con el objetivo de fortalecer las políticas para un uso sostenible de los recursos naturales, se modificó dicha ley sumándole el decreto 405/008 de 2008. Parte del mismo solicita a los titulares o a los tenedores de las explotaciones agropecuarias, la elaboración de un Plan de Uso y Manejo Responsable de Suelos de sus predios (desde ahora en adelante Planes de Uso), para asegurar que estén realizando un uso racional de este recurso. A partir del año 2013, la elaboración y cumplimiento de los Planes de Uso por parte de los productores es obligatoria y debe ser presentado por un Ingeniero Agrónomo acreditado, responsable de asegurar que dicho predio cumpla con una erosión anual estimada menor a la tolerancia para el tipo de suelo que corresponda.

La puesta en marcha de los Planes de Uso se tradujo en la práctica en el aumento de cultivos de servicio invernales, también conocidos como cultivos de cobertura, en la rotación (Hill et al., 2015). Este tipo de cultivos se siembran con un objetivo diferente a la producción de granos. Según Rosas et al. (2019), la decisión de sembrar o no cultivos de servicios estará limitada a los costos de producción y al cumplimiento de las políticas de conservación de suelos, pero dependiendo de los precios de los cereales de invierno, lo que puede determinar la siembra del cultivo de renta en lugar de cultivos de servicio.

Ernst (2004) señala que la inclusión de cultivos de servicio en la rotación puede ser una alternativa viable para diseñar sistemas agrícolas o agrícolas-ganaderos que contribuyan a conservar el recurso suelo y así minimizar los problemas de erosión. El servicio de cobertura que brindan estos cultivos, tiene como ventaja principal cubrir el suelo, de manera tal de disminuir las pérdidas de suelo por erosión (Ernst, 2004). Pero también, pueden ofrecer otra importante variedad de servicios ecosistémicos en función de las especies que se elijan (Sawchik et al., 2015). Ejemplos de ellos son: mejorar el balance de carbono, aportar

materia orgánica, minimizar las pérdidas de nutrientes, disminuir la presencia de malezas, incorporar nitrógeno al suelo, entre otras (Buratovich & Acciaresi, 2019; Ernst, 2004).

### **1.1. OBJETIVOS**

El objetivo general de este estudio es caracterizar a los productores de la región sur y litoral oeste del país, en función de la adopción e implementación de cultivos de servicio.

Como objetivo específico se pretende caracterizar las variables relacionadas con manejo, factores que inciden positiva o negativamente en la adopción e implementación de cultivos de servicio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

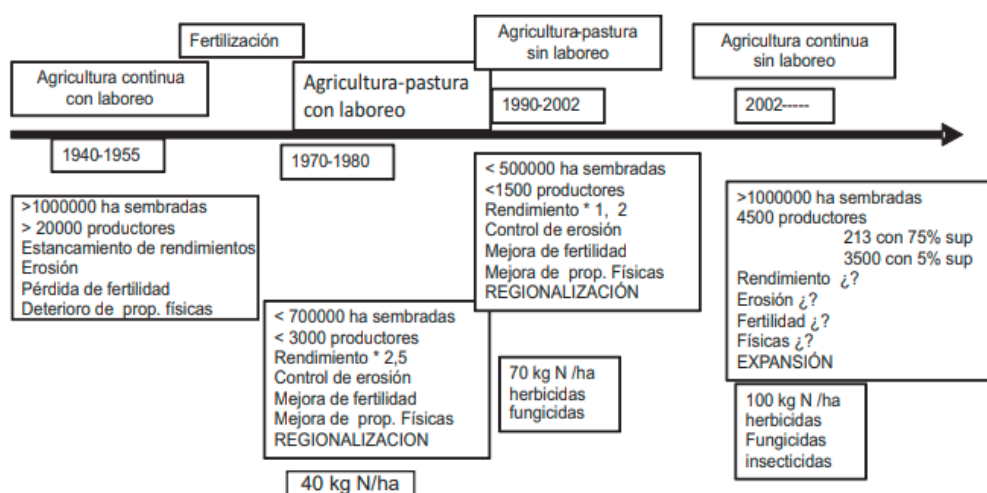
### 2.1. EVOLUCIÓN DE LA AGRICULTURA URUGUAYA

A partir de la década del '50 el área de agricultura de secano en Uruguay creció. En ese entonces, la actividad se realizaba mediante sistemas de laboreo frecuentes y con un bajo uso de fertilizantes, con el objetivo de aprovechar la fertilidad natural del suelo. En consecuencia, el período se caracterizó por una fuerte degradación y erosión del recurso suelo (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2019).

Según Díaz (1992), durante la década del '60 en la región agrícola del suroeste del Uruguay comienza la adopción de pasturas cultivadas, en base a especies de leguminosas para la producción ganadera, las que se hacían en áreas independientes sin incluirse en una rotación agrícola. A partir de 1970 y hasta 1990, la actividad agrícola incorpora la rotación de cultivos con pasturas y el laboreo mecánico. Si bien este último exponía al suelo a la erosión y la degradación, la fase de pasturas permitía cierta recuperación de las propiedades físico-químicas. Esto ayudaba a compensar la degradación generada en la fase agrícola provocando un período positivo (Figura 1) (INIA, 2019).

**Figura 1**

*Evolución de la agricultura de secano y sus innovaciones tecnológicas en el Uruguay*



*Nota.* Tomado de Ernst y Siri-Prieto (2011).

En la década del '90 se empieza a implementar una alternativa tecnológica, denominada siembra directa, pasándose a cultivar sin laboreo mecánico. Esto generó beneficios que permitieron mitigar la erosión de suelos, evitar pérdidas de productividad relacionadas con la erosión y disminuir los costos de producción de los cultivos, dado que se utilizaba una menor cantidad de insumos (Figura 1) (Ernst, 2009). Dicha innovación tecnológica provocó que se intentara abstenerse a la

siembra de pasturas y se tendiera a la agricultura continua, bajo el supuesto de que la siembra directa evitaba el problema de la erosión (INIA, 2019).

A comienzos del siglo XXI, se sustituye el sistema tradicional agrícola-ganadero (rotación cultivos-pasturas) por un sistema de agricultura continua. Sin embargo, los sistemas implementados se basaron en monocultivos con un bajo nivel de rotación, resultando en un nuevo periodo negativo en lo que respecta a la conservación de los suelos (INIA, 2019).

Según Ernst y Siri-Prieto (2011) a partir del año 2002 la agricultura en Uruguay comienza en un proceso de intensificación y expansión, los cultivos anuales empiezan a tomar protagonismo y a ocupar mayor superficie. Esto provocó una serie de cambios importantes, intensificación del área agrícola tradicional (Litoral Oeste) y expansión hacia nuevas zonas del país. Otro aspecto a destacar por parte de los autores son los cambios en los requerimientos promedio de nitrógeno durante la evolución agrícola; nutriente esencial para obtener un buen rendimiento en los cultivos. Esta trayectoria se vio reflejada en un mayor uso de nitrógeno externo al sistema para mantener o aumentar el rendimiento (Figura 1).

Por lo tanto, a inicios del siglo XXI, el rubro agrícola ha tenido importantes cambios, que abarcan aspectos socioeconómicos, productivos, territoriales y ambientales (Arbeletche, 2015). El proceso de intensificación y expansión agrícola fue incentivado por reformas institucionales en la década del '90, impulsado por el Estado uruguayo; ocurriendo un proceso de liberalización económica y política. Esto permitió el ingreso de capital extranjero, dentro del cual se destacó el capital agrario (Figueredo et al., 2017 como se cita en Figueredo et al., 2019). Otro factor determinante, según Bianco (2015), fue el paquete tecnológico vinculado a la adopción de semillas genéticamente modificadas y los agroquímicos que lo acompañan. Por su parte, Soutullo et al. (2013) menciona que la variabilidad en la demanda del mercado mundial también influyó en el crecimiento de la agricultura en el país.

### **2.1.1. Evolución en el área sembrada y agrícola de cultivos cerealeros e industriales<sup>1</sup>**

Desde mediados de 1990 hasta inicios del año 2000, los cultivos de invierno, en particular el trigo, desempeñaron un papel fundamental como el cultivo principal en las rotaciones agrícolas, donde se rotaba con pasturas y se utilizaba siembra directa. Luego se implementó un sistema basado en siembra directa con agricultura continua, donde a partir de 2002 comenzó a predominar el cultivo de soja en las rotaciones agrícolas (Castro et al., 2017).

Desde la zafra 2001/2002 hasta la zafra 2013/2014, se observó un constante aumento en el área sembrada y agrícola. Sin embargo, en las zafras posteriores, esta tendencia se revirtió gradualmente, mostrando un descenso progresivo. En la más

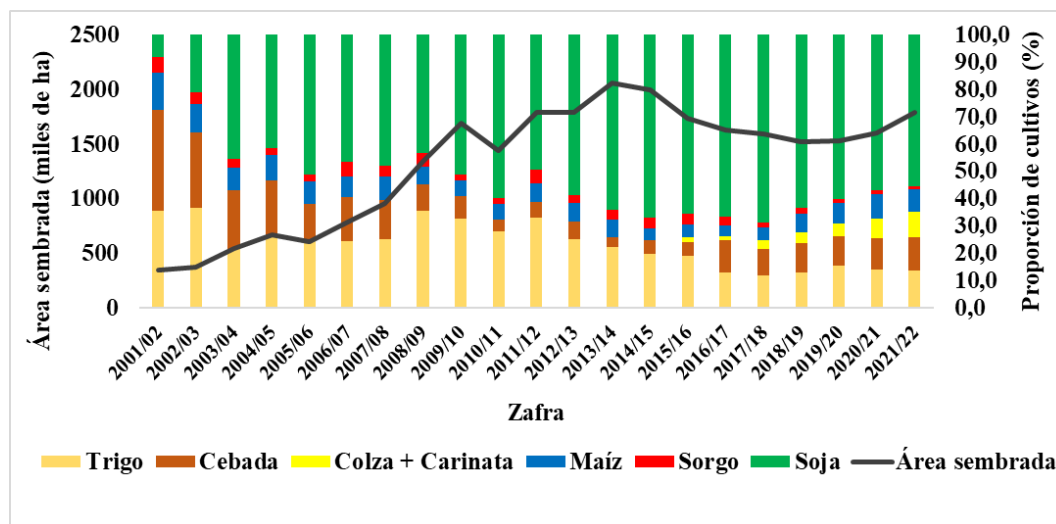
---

<sup>1</sup> El área sembrada representa la suma de cultivos de invierno y de verano y el área agrícola representa el área de cultivos de verano, asumiendo que en invierno se realiza doble cultivo.

reciente zafra, correspondiente al periodo 2021/2022, se sembraron un total de 1.794 mil hectáreas, con un área agrícola de 1.164 mil hectáreas. Es importante destacar que los cultivos de verano representaron aproximadamente el 65% del área total cultivada en la última zafra (Figura 2) (DIEA, 2009, 2015, 2022).

**Figura 2**

*Evolución del área sembrada y proporción de cultivos cerealeros e industriales, por año agrícola*



*Nota.* Elaborado a partir de datos de DIEA (2009, 2022).

Es de importancia destacar en los cultivos de verano, que la soja desde el año 2002 en adelante tuvo un aumento exponencial en el área sembrada. Según estadísticas oficiales, la soja pasó a ser un cultivo que no registraba una importante superficie sembrada, con menos de 10 mil hectáreas en el año 2000, a ser el principal cultivo agrícola, llegando a superar los 1.3 millones de hectáreas en el año 2014 (DIEA, 2009, 2022). Hill et al. (2015) llevaron a cabo un análisis preliminar, que proyecta el periodo comprendido entre 2014 y 2018, basándose en los Planes de Uso presentados en el año 2014. Este análisis reveló que, en promedio, el 80% del área planificada fue soja, con un rango de variación entre el 75 y el 82%. Actualmente, en la zafra 2021/2022, se sigue manteniendo como el cultivo de verano más sembrado, ocupando 992 mil hectáreas, representando una proporción de 55% (DIEA, 2022). Esto llevó a un incremento del área agrícola total y un mayor aporte al PBI del país. En la zafra 2011/2012 la soja representaba el 2% del PBI nacional y el trigo el 1% (Menéndez & Cardeillac, 2013).

El trigo desde la zafra 2013/2014 ha disminuido su área sembrada, donde la misma era de 462 mil hectáreas, pero igualmente sigue siendo el cereal invernal más sembrado. Durante la zafra 2021/2022 ocupó 244.4 mil hectáreas, la cual representa una proporción de 14% del área total sembrada con cultivos de invierno. Por otro lado, la cebada tuvo un aumento significativo en su área sembrada, pasando de 71.9 mil hectáreas en la zafra 2013/2014 a 224.3 mil hectáreas en la zafra 2021/2022, registrando la mayor superficie histórica del cultivo, superando las 190 mil hectáreas de la zafra 2016/2017. Este incremento se explica por la expansión de la

capacidad de malteo en el país a partir de 2022, cuando la empresa Maltería Oriental amplió sus instalaciones para alcanzar una producción anual de 464 mil toneladas de malta, equivalente a unas 630 mil toneladas de cebada cervecera en condiciones de “chacra” (Oficina de Programación y Política Agropecuaria [OPYPA], 2022). Recientemente, la colza y carinata, tuvieron un aumento sostenido del área sembrada, pasando del 2 al 10% del área de cultivos de invierno (DIEA, 2022). En la zafra 2015/2016 el área sembrada de colza y carinata fue de 26.2 mil hectáreas y en la más reciente zafra 2021/2022 la misma fue de 162 mil hectáreas (DIEA, 2022). Este incremento en el área sembrada está explicado principalmente por la demanda de la empresa ALUR (Alcoholes del Uruguay) para la elaboración de biodiesel. Esta firma observó el aumento exponencial del precio internacional del grano, lo que incentivó a que la empresa realice contratación previa de dichos cultivos, en un contexto gradual de debilitamiento de los precios del trigo y la cebada (OPYPA, 2017). En promedio para la zafra 2021/2022 el precio de la colza+carinata se ubicó en 697 US\$/tonelada (FOB). Este precio muestra un notable aumento del 53% en comparación con el promedio de 454 US\$/tonelada registrada en la zafra anterior (OPYPA, 2022).

### **2.1.2. Evolución del cultivo de soja en Uruguay**

Según Arbeletche (2020), en el marco de la reciente dinámica agrícola se puede diferenciar un ciclo sojero en el país, dividido en tres etapas, que comienza desde la instalación del cultivo de soja a inicios del siglo XXI hasta la actualidad. Las etapas se denominan: (i) fase de instalación del modelo, (ii) fase de consolidación y (iii) fase de retracción.

La fase de instalación del nuevo modelo agrícola se sitúa entre 2000 y 2006, y estuvo marcada por el fuerte aumento en la producción de los *commodities* en Uruguay y en los países de América del Sur (Figueredo et al., 2019). Según Arbeletche (2015), el contexto de mejora de los precios internacionales de los *commodities*, principalmente para la soja, debido al aumento de la demanda asiática, genera que a fines del 2002 la misma resulte ser uno de los negocios más rentables del país. Lo que provocó aumentos sostenidos en el área agrícola de verano, impulsando el crecimiento hacia zonas “no tradicionales” del país, y generando una intensificación de las tierras de mayor aptitud agrícola. Ello se sostuvo debido a la adopción generalizada del método de siembra directa, la utilización de semilla transgénica y el uso de herbicidas (principalmente glifosato). Según Arbeletche y Carballo (2009), se produjo el desplazamiento de algunos productores, el 60% de los productores de tipo familiar y medianeros dejaron de producir, principalmente en las zonas de Río Negro y Soriano, debido al arrendamiento o venta de sus tierras.

El inicio de esta primera etapa coincide con la crisis socioeconómica que ocurrió en Uruguay y la región, y también con problemas de índole sanitarios en la agricultura cerealera, donde la enfermedad *Fusarium spp.* ocasionó malos resultados económicos en el sector agrícola e importantes niveles de endeudamiento (Figueredo et al., 2019).

Si bien el crecimiento del área agrícola está relacionado con el paquete tecnológico mencionado anteriormente, no fue lo determinante. Lo que determinó este avance fue la compleja situación económica-financiera de los productores uruguayos, especialmente los chicos y medianos, dueños de campos, donde para poder pagar sus deudas, encontraron una solución basada en el arrendamiento total o parcial de sus tierras, o en la venta directa de las mismas. Es en ese entonces, que aparece la instalación de los “*pooles* de siembra” y de empresas agrícolas de gran dimensión, de origen mayoritariamente argentino (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019). De acuerdo a Merlo y de Nadal (2014), Uruguay en ese momento era un país que atraía a inversores argentinos por varios factores, entre ellos el bajo precio de la tierra en comparación con la región, la ausencia de retenciones a las exportaciones de soja, entre otros beneficios. Según Arbeletche (2020), una de las estrategias competitivas aplicadas por estas grandes empresas argentinas y también adoptada por diversas empresas domésticas, que expandieron su superficie agrícola vía arrendamiento o medianería, fue el pago de la renta de la tierra en forma adelantada, por más de un ciclo y con contratos cortos (hasta tres años). Además, se incluyeron acuerdos para la utilización de los servicios de maquinaria e insumos para poder sembrar los cultivos, siguiendo un plan previamente definido. Estas estrategias tuvieron como consecuencia la disminución de los productores nacionales. Según las encuestas agrícolas, en el año 2005, estas grandes empresas controlaban el 45% del área agrícola total del país, con una disminución del 41% del total de productores dedicados al rubro agrícola, principalmente productores familiares (Arbeletche & Gutiérrez, 2010).

Los *pools* de siembra y empresas en red se instalan en Uruguay trayendo un nuevo modelo de negocio. El objetivo de estas empresas era generar economías de escala y de intensificación productiva, la especialización de cada etapa de la producción, subcontratar las labores agrícolas y obtener capitales financieros (Figueredo et al., 2019). Como consecuencia se inicia un nuevo tipo de gerenciamiento basado en la tercerización de servicios, principalmente sobre las labores agrícolas, por lo cual aparece en el país la figura del “contratista”, dueño de la maquinaria agrícola (Figueredo et al., 2019). Para Merlo y de Nadal (2014), este tipo de empresas se establecen debido a que la agricultura era una actividad poco desarrollada y no existía la cantidad de equipos necesarios para cubrir la demanda creciente de labores agrícolas. Según Arbeletche (2020), el esquema productivo implementado por estas empresas fue de agricultura continua, sustituyendo a la tradicional combinación pastura-cultivo; donde los cultivos de trigo y soja en la rotación pasaron a ser los predominantes, con el fin de optimizar la escala del negocio agrícola, en base al uso intensivo del capital, ya que no disponían de activos fijos que comprometían su estabilidad en el mercado uruguayo. De acuerdo a este autor, muchos de estos productores desplazados, se transformaron en vendedores de servicios de maquinaria y/o en “rentistas”, abandonando su producción y vendiendo sus mejores tierras a estas nuevas empresas.

Para Piñeiro (2012), otro aspecto fundamental durante esta etapa, además de los grandes capitales argentinos que llegaron al sector agrícola, son los actores nacionales que lograron adaptarse al modelo productivo y tecnológico, beneficiándose de las condiciones generadas. Por su parte, Merlo y de Nadal (2014) afirman que los nuevos actores que invirtieron en el país, contribuyeron con mucha información y conocimientos técnicos en lo comercial, productivo, de organización, sobre el trabajo en redes tales como software para llevar la gestión productiva y análisis de riesgo.

El aumento exponencial del cultivo de soja provocó una segunda etapa, llamada de consolidación, que ocurrió a partir de 2006 y 2007 hasta la zafra 2010/2011, entre las principales consecuencias se dio una disminución del área de ganadería (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019). Según Piñeiro y Cardeillac (2017), la producción ganadera para carne disminuyó 2 millones de hectáreas, que pasaron al sector forestal y al cultivo de soja, que se incorpora a las rotaciones como cultivo de verano y que forma parte de la batería de cultivos agrícolas como trigo/cebada y maíz/sorgo/girasol. De acuerdo al trabajo de Arbeletche (2020), en ese período la soja pasó a ser uno de los principales productos de exportación del país, ocupando más del 10% del área productiva nacional.

Durante esta etapa comenzaron a cambiar las estrategias de los productores agrícolas y de varios grandes propietarios de la tierra de origen nacional. Esta etapa se destaca por el evento del “boom” sojero, provocado por el aumento del precio internacional del producto, produciendo una alta demanda del mismo. Por lo tanto, las empresas argentinas de gran dimensión pasaron a controlar más de 100.000 hectáreas cada una, donde desarrollaban economías que priorizaban la escala y reducían los costos operativos (Figueredo et al., 2019).

De acuerdo al trabajo de Merlo y de Nadal (2014), algunos de los problemas que trajo el fuerte aumento de la producción de soja fue la deficiencia de infraestructura y logística en el país, que preocupó a muchos sectores. Por este motivo, los mismos autores observaron que las Cooperativas Agrarias Federadas en 2011 se encargaron de realizar un estudio sobre los avances y las dificultades existentes. El estudio resaltó que Uruguay ha invertido en mejorar tanto la capacidad como la calidad de su infraestructura de transporte, con el objetivo de mantener su competitividad frente al aumento en la producción local e internacional. Además, los autores consideran que el país tiene el potencial de convertirse en un centro logístico y de distribución regional, gracias a su ubicación geográfica propicia y a las posibilidades de desarrollo en infraestructura y gestión logística. Se identificaron como puntos fuertes la red vial, el sistema de transporte de carga por carretera y las instalaciones portuarias, mientras que el transporte ferroviario se excluye por su falta de competitividad y baja calidad. No obstante, se notan carencias en los puertos de salida debido a la concentración predominante en Montevideo y Nueva Palmira.

Una de las estrategias de los productores agrícolas fue expandirse en el territorio de Río Negro y Soriano, basándose en el arrendamiento de las tierras, pero



manejando una parte de sus activos en propiedad. A causa de la expansión, el precio de la tierra y la renta de las mismas comenzó a aumentar. El beneficio de arrendar la tierra se basó en la disminución de los riesgos asociados a los precios del mercado y que este beneficio deja de lado la clásica tradición de la propiedad de la tierra como requisito indispensable para la producción. Por lo tanto, pasa a ser un activo al que se orientan inversiones financieras de distintos actores, no necesariamente relacionados con la producción agropecuaria. Por ende, los arrendamientos crecieron fuertemente, debido a la demanda e incentivados por la valorización de los precios de los *commodities* agropecuarios y que repercutió en la expansión de los cultivos a zonas marginales (Figueredo et al., 2019; Rosas et al., 2019).

Según Arbeletche (2020), durante esta etapa las empresas dominantes cambian su estrategia de negocio y se adaptan a la nueva realidad del mercado. Esta nueva estrategia se basó en el cambio de pagar la renta de forma adelantada para pasar al pago de renta vencida, llegando a un acuerdo en donde se pagaba el arrendamiento en kilos de producto, esto permitía disminuir el riesgo dado por las fluctuaciones de precio, y en donde se trasladaba indirectamente parte del riesgo hacia el dueño de la tierra. Muchos de los productores agrícolas que llegaron en la primera época se retiran, principalmente los de tamaño medio y con menor disponibilidad de capital fijo. Esto es debido a que una proporción de las cosechas, principalmente de soja, tuvieron rendimientos inferiores a los esperados por problemas climáticos y dificultades para realizar doble cultivo de forma intensa; además del aumento en los costos de producción y un menor precio del producto. Por otra parte, muchos productores uruguayos, especialmente aquellos de tamaño mediano, descubren que después de haber pagado sus deudas, también pueden adoptar un enfoque similar al de los empresarios que les habían arrendado las tierras. Optan por retomar la actividad de sus tierras, pero ahora con un enfoque productivo basado en la agricultura continua y con una clara separación física entre la agricultura y la ganadería. Ambas producciones comparten el mismo establecimiento, pero funcionan como dos entidades empresariales completamente independientes y que no se entrelazan entre sí.

En esta etapa, grandes empresas transnacionales como Dreyfus y Cargill, junto con algunas empresas nacionales como Barraca Erro y Fadisol, que hasta entonces solo estaban involucradas en la comercialización de granos, entran en la producción directa. Además, el sistema cooperativo de productores con orientación empresarial, representado principalmente por cooperativas como COPAGRAN, Unión Rural de Flores y CALMER, comienzan a implementar con sus miembros enfoques similares a los desarrollados por los *pools* de siembra. En este caso, es la cooperativa la que toma el control y lidera el proceso productivo, mientras que los miembros arriendan sus tierras y proveen servicios de maquinaria como oferentes (Arbeletche, 2020).

Hacia finales de la segunda etapa, varias de las grandes empresas que operaban bajo la modalidad de empresas en red, comienzan a disminuir su expansión y a concentrarse en los mejores suelos, abandonando los suelos menos

productivos. Esto se explica por el aumento en los costos de producción y de los fletes (Arbeletche, 2020).

La tercera etapa, que ocurre a partir de 2011 hasta la actualidad, se caracteriza por una transformación de índole económico-social en el área agrícola, denominada “fase de retracción”, influida fuertemente por la implementación de la nueva normativa de los Planes de Uso en el país y por la caída del precio de los *commodities* a nivel internacional (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019). Como consecuencia, durante el período 2014 y 2020, se genera una disminución en el área de soja, pasando de 1.334.000 ha en la zafra 2014/2015 a 908.000 ha en la zafra 2020/21, disminuyendo un 32% (DIEA, 2022).

Dentro de los cambios del área agrícola, algunos productores empiezan a beneficiarse, mientras que otros entran en crisis económica-productiva, generando una salida parcial o total de las empresas de gran escala, mayoritariamente de origen argentino, traducándose en la reducción de sus áreas de cultivo. Dicha reducción se ubica entre las 10 mil a 30 mil hectáreas cultivadas, concentrándose en los suelos de mayor aptitud agrícola, causando intensificación y presión sobre los mismos. Estos cambios permitieron el retorno de los agricultores uruguayos a la tierra, debido a la pérdida de competencia por parte de las empresas de gran dimensión (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019).

Parte de ese retorno, es explicado por la aparición de nuevas formas empresariales. Muchas empresas que disminuyeron su área o salen de la producción, generan que sus equipos técnicos queden sin fuente laboral y los Ingenieros Agrónomos pasan a incorporarse como productores directos y a ocupar las áreas de producción disponibles. Los mismos aprovechan el conocimiento técnico y la experiencia, y reúnen capitales de distinto origen, o se asocian a terratenientes, arrendatarios, vendedores de insumos, etc. (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019).

Este periodo genera dos cambios importantes para el sector agrícola: (i) la disminución de los márgenes de ganancia, debido al aumento en los costos de producción del cultivo y un menor precio del producto y, (ii) reducción de la agricultura en suelos de menor aptitud agrícola, debido a los Planes de Uso. Por lo tanto, durante dicha etapa, la selección de chacras con alta aptitud agrícola fue clave para seguir en la producción dentro de un sistema de agricultura continua, donde el uso óptimo de los insumos se considera fundamental (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019).

Otro aspecto importante, explicado por la pérdida de competitividad de las empresas de gran dimensión, es la incorporación nuevamente de la ganadería en suelos agrícolas-ganaderos, principalmente por productores dueños de la tierra. Dicho proceso ocurre sobre las áreas de menor aptitud agrícola, y en algunas unidades productivas se incorpora una rotación agrícola-pastoril. La incorporación de la ganadería está explicada por la importancia que asume esta actividad

productiva, tras el incremento del precio de la carne a nivel internacional (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019).

En resumen, lo que marcó la dinámica agrícola reciente en el país fue el proceso de sojización, iniciado a comienzos de siglo y generando las grandes transformaciones del agro nacional. Esta evolución de la agricultura, que no fue homogénea (Arbeletche, 2020), tuvo entre sus principales consecuencias el deterioro de los suelos. La búsqueda de estrategias para mitigar estas consecuencias llevó al Estado a promover una reglamentación para regular y controlar el uso del suelo. En este contexto, surgió una nueva normativa, que exige a los propietarios o tenedores de las explotaciones agropecuarias la presentación de los Planes de Uso, la misma se basa en una serie de rotaciones que se implementaran para conservar el recurso suelo y disminuir la erosión (MGAP, 2020). Esto a su vez, incentivó a los productores a adoptar prácticas agrícolas más sostenibles, una de ellas es la adopción de cultivos de servicio (Dubosc, 2018).

## **2.2. LOS PLANES DE USO DE SUELOS Y LA ADOPCIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO**

Según Ernst y Siri-Prieto (2011), la preocupación sobre la sostenibilidad de la agricultura ya no se basa en si se laboreo el suelo o no, sino sobre la rotación de cultivos, sus innovaciones tecnológicas asociadas y las consecuencias que estos factores tienen sobre el agroecosistema. Los principales riesgos de la expansión agrícola, están relacionados con la forma en la que se combinan los cultivos dentro de la rotación. Ello trae como consecuencias la erosión de suelos y el riesgo de contaminación por uso de agroquímicos.

A causa de los problemas asociados a la erosión del suelo, en el año 2013, el MGAP determinó la obligatoriedad de la normativa, para los titulares o tenedores de las explotaciones agropecuarias. Esta normativa se denomina Planes de Uso y Manejo Responsable de Suelos, la cual, se basó en la ley No 15.239 (1981). Dicha ley declara de interés nacional el uso y conservación de las aguas y el suelo con destino agropecuario y sus decretos reglamentarios (Decretos 333/004, 2004 y 405/008, 2008), regulando y estableciendo una serie de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas (MGAP, 2020). Esta reglamentación es una herramienta de “regulación y control” (Rosas et al., 2019), que implica la planificación del uso y manejo del suelo para evitar pérdidas por erosión superiores al establecido como tolerable para cada tipo de suelo. Para la determinación de la erosión, se utiliza el software Erosión 6.0, un modelo basado en la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) y su versión revisada (RUSLE) (Clérici & García Préchac, 2001).

Una investigación sobre la implementación de los Planes de Uso en predios agrícolas, previo a su puesta en marcha por parte del MGAP en el año 2013, durante la fase piloto, arrojó como resultados que era posible implementar sistemas agrícolas sostenibles (desde el punto de vista de la erosión), siempre y cuando se

minimice el período del tiempo en el que el suelo se encuentra descubierto, lo cual no siempre permite el máximo beneficio económico (Bentancor et al., 2012). Esto implica que los productores tienen que tomar en cuenta, no solo aspectos del mercado en la planificación de sus rotaciones, sino además otros aspectos vinculados a la conservación ambiental, específicamente relacionado con la erosión de suelos. El objetivo de la implementación de esta nueva normativa no fue obligar a los productores a disminuir el área sembrada de soja, sino usar el suelo de acuerdo a su capacidad de uso, para tener una producción económica y sustentable con el medio ambiente (Rosas et al., 2019).

Según Hill et al. (2015), a partir de la implementación de los Planes de Uso, el principal cambio que ocurrió en la agricultura uruguaya fue el aumento en el área sembrada de cultivos de servicio invernales. Mayormente, especies gramíneas como avena o raigrás, debido a que cumplen satisfactoriamente con el objetivo de dar una rápida cobertura del suelo, por su fácil implantación, su crecimiento y desarrollo temprano, y por presentar altas tasas de crecimiento aún durante el invierno (Sawchik et al., 2015).

El trabajo de Rosas et al. (2019), confirma los análisis preliminares de Hill et al. (2015), en lo que respecta a la adopción generalizada de los cultivos de servicio. Siendo una alternativa útil por su bajo costo, para evitar períodos de barbecho invernal y cumplir con la normativa de conservación ambiental, cuando los precios de los cultivos de invierno no son atractivos para su siembra. Sin embargo, estos autores, observaron diferencias importantes entre los diferentes tipos de productores en cuanto a la adopción de los cultivos de servicio. Los productores de tipo familiar adoptaron menos cultivos de servicio en comparación con los productores de tipo empresarial, siendo que ambos están obligados al cumplimiento de la normativa. Esto implica que el área de cultivos de invierno para productores familiares sea mayor en comparación con la de cultivos de servicio. Teniendo en cuenta lo aportado por Silva et al. (2016) y Coppola y Palladino (2011), al analizar el modelo de toma de decisiones de los diferentes tipos de productores, se afirma que a pesar de los cambios productivos y organizacionales que establecieron las empresas en red a partir del año 2003, aún existe una diversidad considerable de productores a nivel nacional, que muestran una marcada variabilidad en términos de organización y producción. Las diferencias están vinculadas al tamaño de las empresas agrícolas, el área de los cultivos comerciales, el enfoque en la agricultura especializada, la tenencia de la tierra, la mano de obra, la inversión en activos fijos por unidad de área, entre otras características (Silva et al., 2016).

Por otro lado, y teniendo en cuenta la región geográfica, el estudio de Ernst et al. (2021), afirma que, en los departamentos de Colonia, Soriano y Río Negro, durante el período 2014-2019, hubo una reducción en la superficie de barbecho debido a la implementación de los Planes de Uso. Asimismo, la proporción de cultivos invernales varía en función de la rentabilidad. Si los cultivos de renta invernales son rentables, ocuparán una proporción más destacada en la cobertura del suelo, en detrimento del área de cultivos de servicio. De lo contrario, si baja la

rentabilidad aumentará el área de cultivos de servicio. Por lo tanto, este estudio revela que la reducción en las tierras en barbecho es una consecuencia directa de la implementación de los Planes de Uso, y que la proporción de cultivos de renta invernales depende de las perspectivas económicas asociadas a estos cultivos.

## **2.3. CULTIVOS DE SERVICIO<sup>2</sup>**

### **2.3.1. Servicios ecosistémicos**

La inclusión de los cultivos de servicio en las rotaciones agrícolas en sustitución de períodos improductivos son una alternativa agronómica para lograr la sustentabilidad del sistema de producción basada en granos, porque ofrece la posibilidad de promover múltiples servicios ecosistémicos desde la agricultura (más allá del control de la erosión). Entre los mismos se destacan mejorar la estructura del suelo, disminuir malezas y plagas, maximizar la eficiencia del uso de agua y nutrientes, regular la calidad del aire y del agua, incorporar nitrógeno al sistema y mejorar la productividad neta y el secuestro de carbono (C) a más largo plazo (Buratovich & Acciaresi, 2019; Ernst, 2004; Pinto, 2018; Rimski-Korsakov et al., 2016; Ruffo & Parsons, 2004; Sawchik et al., 2015).

Cada especie que se incorpora al sistema de producción va a aportar distintos beneficios ecosistémicos, por lo que se debe conocer su impacto en el sistema al momento de seleccionar la especie (Sawchik et al., 2015).

En los ítems desarrollados a continuación se mencionan algunos aportes de cada servicio.

#### **2.3.1.1. Rol sobre el control de la erosión**

La presencia de cobertura vegetal en la superficie del suelo disminuye la erosión hídrica y eólica, la primera constituye uno de los principales problemas de la agricultura uruguaya. La erosión hídrica está dada por la disipación de la energía cinética de las gotas de lluvia. Por lo cual, dichos cultivos contribuyen a disminuir la separación de las partículas del suelo y la compactación superficial, aumentando la infiltración de agua (Blanco-Canqui et al., 2015; Sarrantonio & Gallandt, 2003). Cuando coinciden topografías de alto gradiente de pendiente con largas longitudes, la cual, está relacionada a suelos con alta erodabilidad, según Bentancor et al. (2012), la sostenibilidad del recurso suelo parece estar asociada a la inclusión de cultivos de servicio.

Según la ecuación USLE/RUSLE (utilizada en los Planes de Uso) las pérdidas de suelo por erosión dependen de varios factores que son los siguientes: el factor erosividad de la lluvia (R) que se define como el potencial de la lluvia y el escurrimiento asociado de causar erosión. La misma depende de la localidad, ya que

---

<sup>2</sup> Se denominan cultivos de servicio a aquellos que se siembran entre dos cultivos de renta, con el objetivo de contribuir con distintos servicios ecosistémicos y aumentar la cobertura vegetal al suelo; no se pastorean ni se cosechan (Restovich et al., 2006).

determina el régimen de precipitaciones. El siguiente factor es la erodabilidad del suelo (K) que se define como la susceptibilidad del suelo a sufrir erosión, dependiendo éste de la unidad de suelo. Esta última se diferencia por características físicas, contenido de agua en el suelo, topografía, y uso y manejo al que el suelo fue sometido. Otro factor es la longitud y gradiente de la pendiente (LS), la primera está relacionada con la erosión estimada por la longitud de una pendiente determinada y la segunda a la erosión producida por la inclinación de una pendiente dada. Las prácticas mecánicas de apoyo (P) es otro factor que incide, y está relacionado a si aplica laboreo en contorno, cultivos en fajas en contorno con su respectivo porcentaje de cobertura y construcción de sistemas de terrazas. Por último, el factor uso y manejo (C) que está asociado a la utilización del suelo, es decir, a las rotaciones aplicadas en el sistema productivo (Hill & Clérico, 2011). Dado lo anterior, la ecuación se representa de la siguiente manera:

$$A = R \times K \times L \times S \times P \times C = A \text{ (Mg/ha)}$$

Este modelo permite la toma de decisiones para realizar una correcta planificación del uso del suelo a nivel predial, y así, de esta manera, estimar las pérdidas de suelo por erosión que ocurriría al implementarse el uso y manejo propuesto y seleccionar las rotaciones que garanticen la sostenibilidad del recurso suelo (Liori & Sapriza, 2015).

### **2.3.1.2. Rol sobre la estructura del suelo y la compactación**

Según Ruffo y Parsons (2004), la inclusión de cultivos de servicio que generen una significativa cantidad de biomasa radicular, como las gramíneas, puede contribuir en el corto plazo a la regeneración de la estructura del suelo. Por otra parte, una mejora en la condición física de los suelos puede contribuir a disminuir su compactación (Frasier et al., 2016). Este beneficio está explicado por el ya mencionado aporte de biomasa radicular y por la protección física de la superficie del suelo durante el ciclo del cultivo y luego de que es finalizado por el rastrojo logrado (Blanco-Canqui et al., 2015).

Por su parte, Ridley (2013) infiere que la incorporación de diferentes volúmenes de rastrojos a través de cultivos de servicio favorece a la conservación de la materia orgánica total y sus fracciones. La continuidad en el largo plazo de esta práctica contribuirá a mejorar el estado estructural y disminuir la compactación, permitiendo (siempre y cuando se realice un correcto manejo) la prolongación de la agricultura continua.

### **2.3.1.3. Rol en el reciclaje de nutrientes**

Autores como Frasier et al. (2016), argumentan que los cultivos de servicio disminuyen la pérdida de nutrientes, debido a que los retiene en el suelo, evitando que se pierdan por escurrimiento superficial o percolación profunda. Un ejemplo, es la capacidad de aportar nitrógeno que se libera por mineralización de la materia orgánica y residuos del cultivo previo, disminuyendo las pérdidas potenciales del nutriente durante el barbecho. El aporte de nitrógeno proveniente de los cultivos de

servicio está relacionado con la producción total de materia seca, de la concentración de N en su biomasa, y si son leguminosas por su capacidad de fijar nitrógeno al suelo.

Según Sá Pereira et al. (2013), los microorganismos presentes en el suelo que obtienen el beneficio de descomponer los restos de los cultivos de servicio contribuyen a mejorar la salud del ecosistema. La presencia de materia orgánica enriquece el suelo, volviéndolo más fácil de trabajar, aumentando su capacidad de retención de agua. Además, esta materia orgánica se mineraliza con el tiempo, liberando distintos tipos de nutrientes como el nitrógeno que son beneficiosos para los cultivos siguientes.

#### **2.3.1.4. Rol en el balance de carbono**

Una de las funciones de los cultivos de servicio es proporcionar carbono al suelo mediante la incorporación de sus restos vegetales (Carfagno, 2008), esto genera una mejora en las propiedades físicas, microbiológicas y a la fertilidad del suelo.

En un estudio realizado por Salvagiotti et al. (2013), se observó que la inclusión de gramíneas en la rotación agrícola permitía incrementar la cantidad de rastrojo aportado al suelo y optimizar el balance de carbono en el sistema. La producción de biomasa en los cultivos de servicio está fuertemente influenciada por la especie y el cultivar utilizado, como se menciona en el estudio de Carfagno (2008).

Particularmente, algunos estudios han demostrado que las gramíneas tienen una producción de biomasa considerablemente mayor que las leguminosas, lo cual contribuye a mejorar el balance de carbono en el sistema. Cuando se emplean los cultivos de servicio durante varios años, fomentan un flujo constante de carbono hacia el suelo, tanto en la capa superficial mediante la biomasa aérea como en capas más profundas mediante la contribución de las raíces. A largo plazo, esta situación debería resultar en un mayor aumento del contenido de materia orgánica en comparación con sistemas que no incluyeron cultivos de servicios (Verde, 2013).

#### **2.3.1.5. Rol sobre el control del enmalezamiento**

De acuerdo al estudio realizado por Buratovich y Acciaresi (2019), los cultivos de servicio pueden cumplir un rol importante en la dinámica de malezas, ya que al tener el suelo cubierto se restringen las condiciones de germinación de malezas estivales por competencia, tanto durante su ciclo de crecimiento como durante la descomposición de los residuos, sin afectar el rendimiento en el cultivo de soja. Por otra parte, la siembra de cultivos de servicio, y el rastrojo que queda luego de finalizado su ciclo, permite disminuir las aplicaciones de herbicidas y, por tanto, los costos de producción. Además, tiene como beneficio disminuir la presión de selección sobre las malezas, mitigando la expansión de la resistencia de malezas en los sistemas agrícolas. De esta manera, Alessandria et al. (2013) agregan que

cuando se logran implantar los cultivos de servicio de manera exitosa, se logra un eficaz manejo de las malezas en la rotación agrícola.

En un estudio llevado a cabo por Pérez y Scianca (2009) como se cita en Alessandria et al. (2013) utilizando avena, centeno y raigrás como cultivos de servicio, se observó que, debido a efectos de competencia y alelopatía, los cultivos de servicio redujeron la presencia de malezas.

### **2.3.1.6. Rol sobre el aporte de nitrógeno**

Para el caso de las leguminosas, estas pueden cumplir un rol importante en la incorporación de nitrógeno (N) al sistema. A nivel nacional, Ernst (2006), utilizó trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) puro como cultivo de servicio, previo a la siembra de maíz, bajo siembra directa. El aporte estimado de nitrógeno para esta especie fue de 24 kg N/ha. Por su parte, Perdomo et al. (2021), analizando tres safras, concluyeron que el aporte de nitrógeno osciló entre 17 a 72 kg N/ha para el género *Lupinus* y 44 a 58 kg N/ha para trébol alejandrino, donde los mayores aportes se relacionan a rendimientos superiores de materia seca. Los resultados de estos autores confirman que los aportes de nitrógeno de cada leguminosa son muy variables y que, por lo tanto, el correcto manejo de cada especie es fundamental. Además, según el trabajo de Perdomo et al. (2021), la inclusión de lupino como cultivo de servicio es recomendable, ya que, además de fijar nitrógeno, sus raíces solubilizan fósforo, lo cual reduciría la necesidad de fertilización fosfatada, reduciendo el riesgo de eutrofización de las aguas superficiales.

En cuanto a la importancia de la utilización de mezclas de gramíneas con leguminosas como cultivos de servicio, el trabajo de Grahmann et al. (2020) en ensayos experimentales realizados en predios del INIA en Uruguay, utilizando mezclas de centeno (*Secale cereale*) con *Vicia villosa*, muestra que la vicia al ser una leguminosa aporta una elevada cantidad de nitrógeno al suelo por fijación biológica principalmente de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y a su vez, el centeno contribuyó a una elevada biomasa radicular.

### **2.3.1.7. Rol en la dinámica de insectos**

En el trabajo de Gomez y Galo (2016), que tuvo como objetivo evaluar el efecto de la siembra de cultivos de servicio estivales (una leguminosa *Crotalaria juncea*, una gramínea *Sorghum bicolor* × *S. bicolor* var. *sudanense* y una crucífera *Brassica rapa*) y su impacto en la población de artrópodos, muestra que a los 60 días después de la siembra hubo un aumento del 92% en la población de artrópodos, explicado por el incremento de la vegetación que condiciona la temperatura y humedad del suelo. Ello deriva en que los cultivos de servicio suministran alimento y refugio a insectos que actúan como depredadores, así como a parásitos y parasitoides (Primavesi, 1984).

De este modo, los cultivos de servicio son una alternativa agronómica que permiten incrementar la biodiversidad del sistema productivo, a través de la inclusión de nuevas especies. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la



adopción de los cultivos de servicio no reemplaza los beneficios de una buena rotación de cultivos, indispensable para una agricultura sustentable desde el punto de vista productivo y ambiental, sino que constituye una herramienta para que el productor pueda llevar adelante buenas prácticas agrícolas (Verde, 2013).

### **2.3.2. Manejo de los cultivos de servicios**

Según el trabajo de Martin et al. (2021) en Argentina, una alternativa diferente al método de siembra tradicional y, que está siendo utilizada frecuentemente por los productores para la implantación de cultivos de servicio, es la siembra al voleo; donde generalmente se utiliza un sistema neumático marca “Altina” o mediante avión. Las ventajas que presenta el método de siembra precosecha “Altina”, es poder ingresar a sembrar con el cultivo de verano anterior en pie o antes que se realice la cosecha del mismo. Esto permite ganar un adelantamiento importante en la fecha de siembra, aumento de la capacidad operativa, costo de la labor más económica comparado con una sembradora convencional y oportunidad de entrar antes al potrero o parcela en condiciones de exceso de humedad, etc. Además, los autores identificaron como desventajas menores coeficientes de logro comparado a la siembra tradicional, por lo que debemos tener en cuenta la necesidad de aumentar la densidad de siembra para conseguir la densidad objetivo una vez implantado el cultivo de servicio. Esto llevaría a un incremento de los costos, asociado al aumento de la densidad de siembra.

De acuerdo al trabajo de Siri-Prieto y Ernst (2011), para finalizar el ciclo de los cultivos de servicio, la práctica más común es mediante la aplicación de un herbicida como el glifosato. Para ello, se debe respetar las condiciones climáticas, es decir, secar el cultivo de servicio en el momento adecuado, para permitir que se recargue el perfil del suelo durante las precipitaciones. También se debe tratar de realizar una importante acumulación de biomasa tanto aérea como radicular, debido a que las diferencias en cantidad de rastrojo a la siembra de soja están dadas por el estado fenológico de la especie al momento de aplicado el herbicida (diferentes relaciones C/N) y el tiempo transcurrido desde la aplicación del herbicida hasta la siembra. Lo cual, se explica por el mayor tiempo de descomposición de los rastrojos, es decir, barbechos más largos.

Una práctica menos dañina para el medio ambiente, y en general, poco utilizada, es el secado mecánico o rolado. El método de rolado consiste en herir los tallos del cultivo de servicio, permitiendo que el residuo del mismo se deposite uniformemente sobre la superficie del suelo, produciendo que se desequen más rápidamente, teniendo como resultado la presencia de rastrojo en menos tiempo (Creamer et al., 1996; Teasdale, 1996).

El secado mecánico presenta algunos beneficios en el medio ambiente, los mismos se enumeran a continuación: i) se suprimen las malezas existentes, ii) se conserva la humedad del suelo, iii) al suprimir las malezas existentes se disminuye la utilización de herbicidas, disminuyendo el impacto ambiental en comparación a

un manejo tradicional como es el control químico o la labranza (Creamer et al., 1996; Morse, 1993; Teasdale, 1996).

Las especies que pueden sembrarse como cultivo de servicio difieren en cuanto a la susceptibilidad al secado mecánico, donde las mismas dependen de su estado fenológico. Por lo tanto, en gramíneas el período más recomendado para el secado es durante la antesis debido a que en esta etapa se minimizan los riesgos de rebrote (Mirsky et al., 2009). En *Vicia villosa*, la eficacia del rolado se encontró cuando el secado se realizó al estado de floración con vainas pequeñas visibles (Baigorria et al., 2019).

Según Baigorria et al. (2019), el rolado es un método eficaz para finalizar el ciclo de los cultivos de centeno, triticale y vicia. Además, agrega que la utilización de la técnica del rolado no afecta al rendimiento del cultivo siguiente, para dicho experimento se utilizó soja. Por ende, estos autores consideran que la utilización de cultivos de servicio y el rolado de los mismos, permitirían un uso más sustentable de los recursos naturales y sería una alternativa prometedora en áreas con restricciones en la aplicación de herbicidas, como, por ejemplo, en predios con agricultura orgánica, zonas periurbanas, entre otras.

Los cultivos de servicio brindan la posibilidad de ser pastoreados en períodos cortos a baja frecuencia e intensidad y esto constituye una oportunidad para el rubro ganadero (Dubosc, 2018). El trabajo de Dubosc (2018) sugiere el pastoreo con categorías livianas, considerando la refertilización del cultivo de servicio para un rápido rebrote, y retirar a los animales en un determinado momento del año, para permitir que el cultivo de servicio tenga tiempo suficiente como para presentar importante acumulación de materia seca. Asimismo, al momento de finalización, tener como objetivo un barbecho con rastros suficientes en la superficie del suelo; ya que si no se logran altas productividades no cumple la función de cultivo de servicio.

### **2.3.2.1. Efecto de los cultivos de servicio sobre el cultivo siguiente**

Generalmente en las rotaciones agrícolas con alta frecuencia de soja se generan largos periodos de barbecho, con alto riesgo de erosión entre cultivos de verano, principalmente en la cosecha de soja de segunda y la soja o maíz de primera. Esto genera problemas que están explicados fundamentalmente por los rastros de soja en superficie, generando un barbecho con bajos niveles de materia orgánica en el suelo, debido a que este cultivo es de fácil descomposición (Sawchik et al., 2015). Además, según Caviglia et al. (2010), trae otros problemas relacionados, como la alta exportación de nitrógeno en el grano, determinando en el suelo balances negativos de dicho nutriente. Para mitigar este problema, una solución posible, es la siembra de cultivos de servicio en la etapa invernal (Sawchik et al., 2015).

Los resultados de Siri-Prieto y Ernst (2011), muestran que el principal problema del uso de cultivos de servicio en el Uruguay es el consumo de agua que los mismos realizan, y que está directamente relacionado con las condiciones

hídricas que presenta el suelo. Por ende, el manejo de la duración del barbecho es fundamental debido a que podría transformarse en una limitante para el cultivo de renta. Esta información se puede complementar con el estudio realizado por Restovich y Andriulo (2013), quienes analizaron un escenario en el cual las lluvias primaverales estaban por debajo del promedio histórico, lo que resultó en una recarga de agua principalmente en los primeros horizontes del suelo. En este escenario, se observó que el consumo registrado en esta profundidad podría afectar el rendimiento del cultivo siguiente. Sin embargo, en años normales o muy lluviosos, este efecto no se presentaría. Por lo tanto, las especies adoptadas como cultivo de servicio que tienen una alta demanda de agua podrían condicionar el crecimiento del cultivo de renta, especialmente en años muy secos.

Por otro lado, el estudio de Kette Eberle et al. (2022), destacó la importancia del manejo del barbecho, ya que condiciona la cantidad de agua almacenada en el suelo, la disponibilidad de nitrógeno, la cantidad de rastrojos en superficie y la siembra del cultivo siguiente. Si el momento de finalización del cultivo se retrasa, se disminuye el rendimiento del cultivo siguiente. Por lo tanto, el momento de finalización de los cultivos de servicio en la rotación es un aspecto importante a considerar. Una estrategia para establecer buenos momentos de quemado es la duración del barbecho. En condiciones experimentales, dichos autores observaron, que en barbechos cortos y medios la disponibilidad de agua a la siembra del cultivo estival fue mayor. Mientras que en barbechos largos la disponibilidad de agua disminuye, esto es debido a que existe una mayor tasa de descomposición de los rastrojos, generando que el suelo quede descubierto más rápidamente. Además, genera problemas de enmalezamiento, implicando un mayor uso de herbicidas comparado a barbechos cortos y medios.

Este estudio también afirma que en barbechos cortos disminuyó el contenido de nitrógeno disponible en el suelo en comparación a barbechos medios y largos, debido al tiempo de descomposición de los rastrojos, que está asociado a la relación C/N de los mismos. Entonces, al finalizar el cultivo de servicio en fechas tempranas, dejando un barbecho largo o medio, se liberan antes los nutrientes al suelo, evitando la inmovilización de los mismos, en comparación a fechas tardías, que generan una mayor inmovilización de los nutrientes (Kette Eberle et al., 2022).

Por otra parte, en barbechos largos y medios el rendimiento de los cultivos estivales fue mayor. En cuanto a la fertilización nitrogenada aplicada al cultivo de maíz, tuvo una mayor respuesta significativa en el rendimiento en relación a sin fertilización del mismo (Kette Eberle et al., 2022). Además, en un trabajo realizado por Fernández et al. (2013) en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Argentina), utilizaron como cultivo de servicio centeno (*Secale cereale*). El objetivo del trabajo era evaluar cómo impacta el uso de la fertilización nitrogenada en cultivos de servicio sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Se utilizaron 3 tratamientos; el cultivo de servicio testigo, cultivo de servicio con una aplicación de 40 kgN/ha y cultivo de servicio con una aplicación de 80 kgN/ha. Las dosis de nitrógeno fueron aplicadas en Z 2.1. Se observó, que cuando se fertiliza

con nitrógeno a los cultivos de servicio, el rendimiento del cultivo de maíz es mayor, donde el tratamiento con 80 kgN/ha alcanzó la mayor productividad respecto a 40 kgN/ha. Además, los resultados de estos autores, determinaron que la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) tanto para el cultivo de servicio como para el maíz se relaciona positivamente con la fertilización nitrogenada, donde con 80 kgN/ha se alcanzó una mayor eficiencia. En general, se puede afirmar que los cultivos de servicio son una alternativa viable a tener en cuenta para retener carbono, nitrógeno y fósforo a un bajo costo hídrico, donde realizando un correcto manejo agronómico se puede incrementar el rendimiento del cultivo de maíz. Todos estos nutrientes aumentan debido a la alta correlación con la fertilización nitrogenada, donde se produce mayor productividad de materia seca en residuos del cultivo de servicio.

Según Verde (2013), uno de los factores clave para lograr coberturas exitosas con gramíneas anuales es fertilizarlas adecuadamente y gestionar el momento de su secado. Es importante realizar el secado antes de que ocurra un aumento en el consumo de agua, que suele coincidir con el período previo a la espigazón. El centeno (*Secale cereale*) se destaca como la gramínea más resistente al frío y al estrés hídrico, y produce una cantidad abundante de residuos que se descomponen más lentamente que los de otras gramíneas de invierno, debido a su mayor contenido de lignina. Dado que estos residuos no se retiran ni se consumen, los nutrientes agregados a los cultivos de servicio se reciclan para el cultivo de renta, constituyendo un fertilizante orgánico para el suelo.

#### **2.4. RACIONALIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES**

La mayoría de los productores, apuntan a un mismo camino en la toma de decisiones de su sistema productivo, el cual es aumentar el ingreso económico de una manera ordenada y lógica, mediante el incremento en la producción o rendimiento de sus cultivos (Torrado, 2019). A este pensamiento se le denomina “racionalidad económica”.

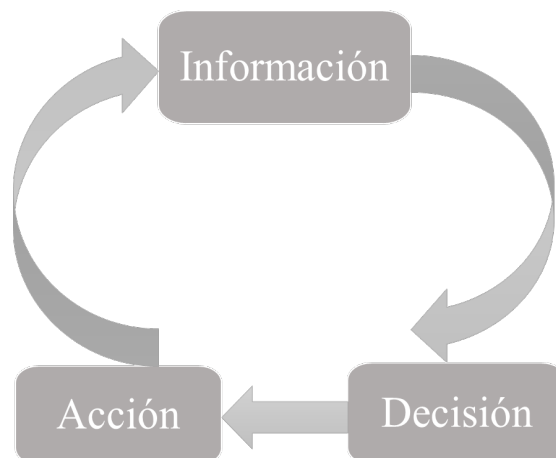
Originariamente, este concepto fue fundamentado por Adam Smith, a finales del siglo XVIII, al argumentar que el sujeto actúa con “racionalidad económica”, es decir, razona, decide y actúa con el objetivo de maximizar sus beneficios económicos, pero también tiene valores y tiene en cuenta el entorno cuando toma decisiones (D'Elia, 2009). Sin embargo, estos actores muchas veces toman decisiones erróneas por limitaciones de conocimiento, capacidad de procesamiento de información y por falsas interpretaciones (D'Elia, 2009).

Para Torrado (2019), el modelo de toma de decisiones se basa en un enfoque racional o “modelo de hombre económico” proveniente de la teoría económica clásica. Se define que la toma de decisiones es el proceso que facilita la conversión de información en acción. De acuerdo con estas teorías, el proceso ocurre partiendo de información con la cual se puede tomar una decisión, que, a su vez, conlleva a la puesta en marcha de una acción. Esta acción produce nueva información con la que

se retroalimenta el proceso y nuevamente se vuelven a tomar nuevas decisiones (Figura 3).

### Figura 3

*Ciclo para la toma de decisiones*



Para Simon (1960), la “racionalidad económica” está limitada por distintos factores, basados en la experiencia y observación de cada unidad productiva en particular, que influyen en la toma de decisiones de los productores. Dos factores que influyen en la búsqueda de resultados positivos, en lugar de soluciones económicamente óptimas, son la cultura y los hechos; esta última se define como eventos, circunstancias y recopilación de información que pueden ser confirmados y verificados. La colecta de información puede ser a través de observación directa, evidencia empírica y la verificación mediante métodos científicos (Borea, 2008; Simon, 1977).

De esta manera, la toma de decisiones se ve limitada por elementos de hechos y valores, por características tradicionales del productor que gestiona su sistema productivo y por su capacidad de procesamiento y uso de la información (Torrado, 2019). Además, Simon (1977) agrega que las limitantes de la “racionalidad económica” están dadas por diferentes condiciones, por ejemplo, las condiciones o infraestructura de las explotaciones agropecuarias, los precios del mercado agropecuario, la oferta de recursos productivos (tierra, agua, mano de obra) y el acceso a la información que disponen los distintos tipos de productores.

Además, Borea (2008) considera que los elementos que influyen en la toma de decisiones son la visión a futuro de la unidad productiva, los recursos disponibles durante el proceso de la toma de decisiones y, por último, las condiciones individuales, personales, familiares, afectivas y culturales que inciden en el productor que toma la decisión.

Por su parte, Sardi et al. (2012) agregan que los productores perciben, proponen soluciones y toman decisiones de acuerdo a los principales problemas ambientales de su establecimiento y esto depende del grupo social al cual pertenecen. Para estos autores, estos grupos sociales se diferencian por sus tradiciones o identidad cultural. Los productores identifican distintos tipos de problemas que son de su interés y que tienen mayor difusión en la comunidad, es decir, que tienen un cierto conocimiento de los principales problemas de carácter ambiental. No obstante, a estos problemas le asignan un grado de importancia posiblemente menor al que realmente ocurren; dado que los productores poseen una visión productivista, ignorando las causas reales y argumentando que los problemas de su establecimiento se deben a cuestiones climáticas que provocan la degradación de los recursos naturales. Según dichos autores, los productores proponen soluciones de carácter educativo, tecnológico, económico y político.

Dentro de las decisiones que toman los productores, está la adopción de innovaciones tecnológicas con el fin de mejorar la eficiencia productiva y/o “solucionar” un problema ambiental. Según Pannell (1999), los productores mundialmente suelen afrontar cualquier innovación tecnológica con escepticismo, incertidumbre, prejuicios y preconcepciones. Con seguridad, los productores estarán preocupados por un sistema que es radicalmente diferente al que están acostumbrados y con el que se sienten cómodos. Para superar estas posturas y creencias iniciales existen obstáculos que deben ser superados antes que la innovación tecnológica sea adoptada.

Para este autor, el productor debe tener claro dos aspectos fundamentales. En primer lugar, es importante que sepa de la existencia de la innovación tecnológica. En segundo lugar, el productor debe comprender la importancia práctica de dicha innovación para su sistema productivo. Una vez que el productor alcanza este nivel de comprensión, empieza a demostrar interés, y comienza a buscar información detallada sobre la innovación. Este conocimiento le permite tomar la decisión de implementarla en su práctica (Pannell, 1999).

Es por ello que Lipton (1968) afirma que la fuerza decisiva que encamina al proceso de toma de decisiones de los sistemas productivos es, entonces, la aversión al riesgo o incertidumbre y no el fundamento de la maximización de las utilidades. Esto explica el apego a las “técnicas tradicionales” y no se consideran actitudes irracionales, sino, formas de minimizar la incertidumbre para evitar la pérdida total y como consecuencia la pérdida de las unidades productivas (Cáceres, 1994). Por otro lado, Allub (2001), identificó tres variables determinantes de la aversión (o reducción) al riesgo por parte del productor y son: (i) el *status* socioeconómico del productor, (ii) la motivación en participar en programas de extensión o desarrollo rural y (iii) la percepción del productor por las condiciones agroecológicas del establecimiento. Estas variables determinantes se caracterizan por:

1. *Status socioeconómico del productor*: de acuerdo a Mason y Halter (1985), los productores de tipo empresarial tienden a adoptar innovaciones

tecnológicas con mayor frecuencia por tener más recursos y acceso a financiación. Por el contrario, los productores menos capitalizados y con menores recursos de inversión, presentan mayores dificultades para acceder al acceso de la información y poner en práctica dichas innovaciones tecnológicas. Además, experimentar con una tecnología nueva implica gastos de tiempo, energía, dinero y tierra. Estos costos sólo pueden ser asumidos por productores con recursos económicos adecuados para realizar pruebas a pequeña escala. A medida que se acumule conocimiento y confianza en los resultados, la adopción de la tecnología puede aumentar o disminuir, dependiendo de si los resultados son positivos o no (Binswanger & Sillers, 1983; Feder & O'Mara, 1981; Pannell, 1999). Por lo tanto, los productores de estatus socioeconómico alto, pertenecientes a sistemas productivos cultivados por propietarios, con ingresos económicos elevados y mayor nivel educativo, serán más propensos a asumir riesgos en comparación con otros.

2. *Motivación en participar en programas de extensión rural*: el acceso al conocimiento es difícil para los pequeños productores, lo que limita su disposición para adoptar nuevas tecnologías (Burt, 1987; Coleman et al., 1957). Factores como actitudes, interés, capacitación y comunicación son cruciales para la velocidad de adopción de innovaciones tecnológicas entre los productores (Burt, 1987; Coleman et al., 1957). Allub (2001) planteó la hipótesis de que la inexperiencia es una fuente importante de incertidumbre. Al participar en programas de extensión rural y observar cómo otros productores manejan la innovación, se puede disminuir la aversión al riesgo y reducir la incertidumbre. Esto sugiere que una mayor participación de los productores en programas de extensión rural debería estar vinculada a una disminución en su nivel de incertidumbre y aversión al riesgo.
3. *Percepción de las condiciones agroecológicas del predio*: se incluye esta variable dado que, al decidir adoptar una innovación tecnológica, el productor tiene cierta percepción de las condiciones ambientales de su predio. Esto incluye aspectos como la calidad del suelo para ciertos cultivos, ubicación geográfica, facilidad para implementar sistemas de riego, etc. Entonces, se esperaría que los productores que perciban desfavorablemente las características agroecológicas de sus predios tendrán un mayor grado de aversión al riesgo (Allub, 2001).

Por otro lado, Rosas et al. (2019) señalaron que, en términos de inversión, los cultivos que no generan una renta directa tienen más probabilidades de ser manejados de manera inadecuada. Esto se debe a que los productores en su toma de decisiones tienden a considerarlos como un costo de corto plazo y no como una inversión en calidad de suelo que se reflejarán a mediano y largo plazo.

Es por ello, que la decisión de implementar prácticas de conservación de los recursos naturales, principalmente el suelo, se puede plantear como una inversión

en calidad de suelo. No obstante, este incentivo en muchos casos es insuficiente para promover prácticas de manejo adecuadas (Deininger & Feder, 2001), debido a que muchas veces las consecuencias de la erosión de suelos tardan en ser visibles a los productores (Crookston et al., 1991).

Con respecto a los arrendamientos, en el trabajo de Rosas et al. (2019) se observó, que, en zonas del país con mejores suelos, principalmente en Soriano, los contratos presentaron una tendencia a ser de menor duración, generalmente de un año. Esta corta duración, se explica por un esquema de agricultura continua donde las rotaciones con cultivos, no les permite mantener la productividad del sistema de producción a largo plazo, por lo tanto, los arrendatarios utilizan la racionalidad económica y no tienen como prioridad la conservación de suelos. No obstante, según los autores, la mayoría de los acuerdos de arrendamiento suelen tener una duración de entre 2 y 3 años.

Con base en lo anterior, el trabajo Rosas et al. (2019), refleja que existen diferencias técnico-productivas en los incentivos hacia la conservación de suelos, por ejemplo, en el tipo de tenencia de la tierra. Ya que productores de tipo empresarial que arriendan la tierra, tendrían menores incentivos a conservar el recurso suelo en relación con productores propietarios. Esto dependerá del tipo de contrato de arrendamiento y su duración, debido a que contratos más cortos (menor a 3 años) tienden a explotar más el suelo con el objetivo de obtener mayores rendimientos. Por lo tanto, los autores consideran que un factor que incide en la conservación del recurso suelo, son los tipos de actores que tienen el poder de decisión de las prácticas de manejo en el sistema productivo, como, por ejemplo, productores propietarios de tierra, arrendatarios, empresa de insumos, comercializadores, entre otros.



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo de investigación se realizó en el marco de un proyecto del Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA) financiado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y ejecutado por Facultad de Agronomía y la Asociación Uruguaya pro Siembra Directa (AUSID). El mismo tiene como interés poder determinar estrategias de manejo que promuevan la adopción de los cultivos de servicio.

La investigación llevada a cabo fue de carácter cuantitativo, con base en datos cualitativos. De acuerdo a Batthyány et al. (2011), este tipo de investigación presenta una serie de características que se enumeran a continuación: (i) en general, la recolección de datos en este tipo de investigación se produce en un contexto experimental; (ii) el rol del investigador, debe mantenerse distanciado del objetivo de estudio, siendo lo más neutral como para influir lo menos posible en la información que va a recoger; (iii) en este tipo de investigación pueden utilizarse distintas fuentes de información, tanto primarias como secundarias; (iv) en la investigación cuantitativa, la teoría se antecede a la observación, es previa a la o las hipótesis planteadas y tiene un lugar central en la definición de los objetivos y también en la selección de la estrategia metodológica a utilizar; (v) por último, es muy importante la participación de los individuos en la población objetivo, ya que se analizaran de manera agregada y no individualmente representando a la población objetivo.

Se utilizó como técnica de recolección de datos la encuesta. La selección de la técnica de recolección de información se debió a que presenta una serie de ventajas (Díaz de Rada, 2012), tales como: (i) es fácil de aplicar, ya que son preguntas de opinión y cerradas, (ii) no se gasta en recursos económicos y tiempo de traslados hacia cada establecimiento rural, (iii) mejor organización del ambiente de comunicación (llamada, videollamada, correo electrónico, etc.), se puede ajustar el horario según disponibilidad para realizar la encuesta, y (iv) una vez realizadas las encuestas el conteo y codificación de los datos es más sencillo (el modelo de recolección de datos se encuentra en el anexo).

#### **3.1. ELABORACIÓN Y REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA**

Según Corbetta (2007), una encuesta por muestreo es un método de recolección de datos a través de una serie de preguntas a los individuos, que forman parte de una muestra representativa de la investigación y no de toda la población. La misma se realiza mediante un procedimiento estandarizado de cuestionario, con la finalidad de analizar las relaciones existentes entre las variables.

La encuesta de esta investigación se diseñó en formato Google Form y fue elaborada por el equipo del proyecto. La misma estuvo dirigida a productores y técnicos asesores pertenecientes a diferentes instituciones de la región sur y litoral

oeste del Uruguay; entre ellas se encuentran además de AUSID, Unión Rural de Flores (URF), Sociedad de Fomento Rural Colonia Suiza (SFRCS), Cooperativa Agropecuaria Suplementada San Pedro (CASSPE), Cooperativa Agraria Nacional (COPAGRAN) y Sociedad Rural de Río Negro (SRRN). El objetivo de la encuesta fue caracterizar a los productores, mediante preguntas cerradas, donde las mismas eran de tipo múltiple opción y de valoración, además, incluía preguntas de opinión.

La encuesta indagó sobre los siguientes aspectos: (i) dimensión ambiental, donde se preguntó qué factores ambientales le preocupan al productor cuando realiza agricultura y en qué medida el cultivo de servicio puede mitigar determinado factor, (ii) visión de los cultivos de servicio, donde se indagaron temas vinculados a los beneficios y factores que dificultan la adopción de dicha tecnología, y (iii) caracterización de los cultivos de servicio utilizados, en esta sección se abordó el manejo agronómico que realiza el productor de estos cultivos.

La ejecución de la encuesta comenzó en el mes de septiembre de 2021 y terminó en enero de 2022. La misma fue realizada por 7 estudiantes de grado, en su etapa final de estudios; cada uno de los cuales contactó aproximadamente a 20 productores o técnicos responsables de sistemas productivos. La vía de realización fue telefónica, videollamada y/o por correo electrónico con una duración de aproximadamente 20 minutos promedio. Se realizaron 98 encuestas de una base de datos de 150 productores/técnicos objetivos de la investigación, de la región sur y litoral oeste del país (Figura 4, Tabla 1). Los 52 productores o técnicos restantes no pudieron ser contactados o se negaron a responder por diversas razones. Además, durante la realización de la encuesta se observó que algunos productores nunca sembraron cultivos de servicio. Por lo tanto, para estos productores, la encuesta finalizó en la pregunta sobre los años de experiencia en la siembra de cultivos de servicio, donde tenían la opción de responder “nunca he sembrado cultivos de servicio”. Esto determinó que, de los 98 productores encuestados, 81 de ellos respondieron todas las preguntas de la encuesta.

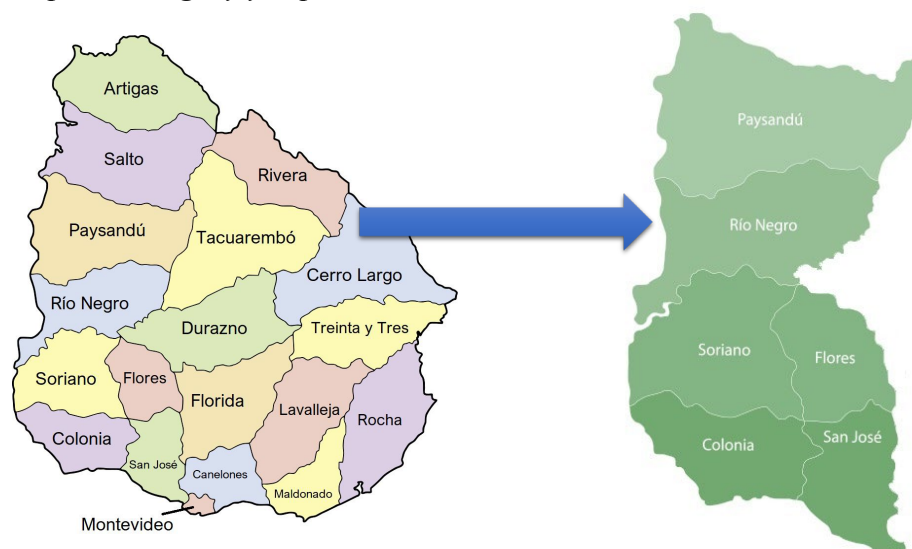
**Tabla 1**

*Número de encuestas realizadas por institución a la cual pertenecen productores y técnicos asesores*

<b>Institución/ Organización</b>	COPAGRAN	AUSID	URF	SFRCS	SRRN	CASSPE	Total
<b>N.º de encuestas</b>	27	20	20	14	13	4	98

**Figura 4**

*Mapa de Uruguay y departamentos donde se realizaron las encuestas*



*Nota.* Elaborado a partir de Mapamundi (s.f.) y Maltería Oriental S.A. (2022).

### **3.2. SISTEMATIZACIÓN DE LA ENCUESTA Y VARIABLES OBTENIDAS**

Todas las respuestas recolectadas se ordenaron en variables, relacionadas al manejo y factores que inciden positiva o negativamente en la adopción de los cultivos de servicio. La encuesta permitió identificar y elaborar a partir de las variables analizadas 11 grandes áreas o dimensiones de los cultivos de servicio (CS): dimensión ambiental, visión de los CS, limitantes en la adopción de dicha tecnología, importancia de los CS, principales especies sembradas, experiencia en CS, elección de los CS, método de siembra, finalización de los CS, pastoreo de los mismos. Por último, la toma de decisiones agronómicas en el manejo de los CS por parte del productor o técnico asesor, según tenencia de la tierra, y si las decisiones son tomadas de forma similar en las distintas zonas del país donde produce o trabaja (Tabla 2 y 3).

De acuerdo al nivel de medición, las variables se clasifican en cualitativas o cuantitativas. Las variables cualitativas son aquellas cuyos elementos de variación se identifican por su cualidad, este tipo de variables se clasifican en nominales, ordinales y binomiales (Batthyány et al., 2011). Las variables nominales, solo nombran y hacen referencia a la cualidad del objeto que se analiza, sin establecer ninguna escala de graduación, ya sea numérica o conceptual, entre las categorías que conforman la variable, tampoco se puede establecer ningún tipo de relación entre las categorías de la variable. Las variables cualitativas ordinales, además de nombrar, ordenan, miden, mediante un juicio de valor, qué observaciones son mayores o menores que otras, pero tiene como limitante que no puede determinar la magnitud exacta que diferencia a un atributo de otro. Las variables cualitativas

binomiales o binarias se utilizan cuando tenemos únicamente dos opciones, por ejemplo, si o no, o verdadero o falso (Ávila, 2018; Batthyány et al., 2011).

Para este trabajo de investigación se eligió agrupar las variables en binomiales, nominales y ordinales. La misma presentó mayoritariamente variables de tipo cualitativa binaria, explicado por cómo estaba estructurada la encuesta, dado que en las preguntas de tipo cualitativa binaria, el productor/técnico tenía la posibilidad de elegir múltiples opciones de respuesta. Ello implicó que al ordenarlas en variables binomiales se facilita el conteo y codificación de los datos facilitando un correcto análisis estadístico e interpretación más sencilla (Tabla 2 y 3).

En la Tabla 2, se presentan las primeras tres dimensiones junto con sus variables que se investigaron en la encuesta. El propósito del análisis fue examinar, desde una perspectiva ambiental, los factores que mayor preocupación le generan a los productores/técnicos al realizar agricultura. Asimismo, se indagó en la percepción de los productores/técnicos en cuanto a los beneficios derivados de la adopción e implementación de cultivos de servicio en sus sistemas productivos, así como en la determinación de si han adoptado esta tecnología en sus ciclos de rotación. Posteriormente, se indagó sobre la perspectiva y experiencia de los productores/técnicos en relación a las posibles limitaciones que puedan surgir al incorporar estos cultivos en sus rotaciones agrícolas, independientemente de si ya los han incluido o no en su práctica.

**Tabla 2***Dimensiones relacionadas a la percepción y adopción de cultivos de servicio*

<b>Dimensión</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>
Ambiental	Degradación del suelo Contaminación ambiental Estrés hídrico del suelo Malezas Plagas y malezas Clima  CS para mitigar impacto ambiental	Cualitativa binaria  Ordinal
Visión de los CS	Reducción erosión Reducción fitosanitarios Reducción compactación Aumento de enemigos naturales Mejora la eficiencia en el uso del agua Reducción de la fertilización Aumento de polinizadores	
Adopción de tecnología	Inversión necesaria Incremento actividades del campo Pocas especies se adaptan a mi sistema Falta de información para un correcto manejo Inmovilización de nutrientes Consumo de agua para cultivo siguiente Problemas de implantación cultivo siguiente Problemas de hospedante de plagas y enfermedades Problemas de malezas luego de finalizado el cultivo Sin efectos a corto plazo Adopción sin dificultades	Cualitativa binaria

*Nota.* Estas dimensiones incluyen productores que sembraron y nunca sembraron cultivos de servicio.

En la Tabla 3, se observan las siguientes ocho dimensiones que se investigaron en la encuesta, donde se solicitó información sobre los años de experiencia en la siembra de cultivos de servicio (CS). Se cuestionó el criterio de elección de los CS, la importancia de los CS, principales especies utilizadas y manejo general de los mismos por parte de los productores/técnicos que ya implementaron CS en su sistema productivo.

**Tabla 3**

*Dimensiones relacionadas a la implementación y toma de decisiones agronómicas en los cultivos de servicio*

<b>Dimensión</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>
Experiencia en CS	Experiencia de años sembrando CS	Ordinal
Elección de los CS	Criterio de elección cultivo	Nominal
Importancia de los CS	Control erosión Control de malezas Aporte de nutrientes Aporte de carbono Disminución compactación Pastoreo Disminución impacto ambiental Disminución costos	Ordinal
Principales especies	Avena blanca Avena negra Raigrás Centeno Otras gramíneas Leguminosas <i>Vicia villosa</i> Crucíferas Mezclas consociadas	Cualitativa binaria
Método de siembra	Sembradora Precosecha “altina” Precosecha avión Precosecha otra	Cualitativa binaria
Finalización de los CS	Supresión química Labranza Rolado	
Pastoreo de CS	Pastoreo Si/No	
Toma de decisiones según tenencia y zona	Toma mismas decisiones en campo propio o arrendado Toma mismas decisiones en las distintas zonas del país	

*Nota.* Estas dimensiones incluyen productores que sembraron cultivos de servicio.

### **3.3. ANÁLISIS DE DATOS**

El análisis de datos se basó en una instancia donde se trabajaron las variables por separado en planilla Excel electrónica y se realizaron gráficas de frecuencias relativas.

Utilizando una planilla electrónica se realizó el análisis de frecuencias, en el cual se obtuvieron una serie de gráficas, donde cada gráfica se elaboró de acuerdo a la agrupación de las variables en relación a la dimensión a la que pertenecen. Se obtuvo para cada variable su frecuencia relativa, que corresponde al número de respuestas de los productores expresado en porcentaje, de acuerdo a las variables que se repiten en un conjunto de datos, respecto al total analizado. Posteriormente, se caracterizaron las variables, se analizaron y se discutieron los resultados que se obtuvieron sobre las diferentes dimensiones de la respectiva investigación para comparar los mismos con los obtenidos en investigaciones previas.

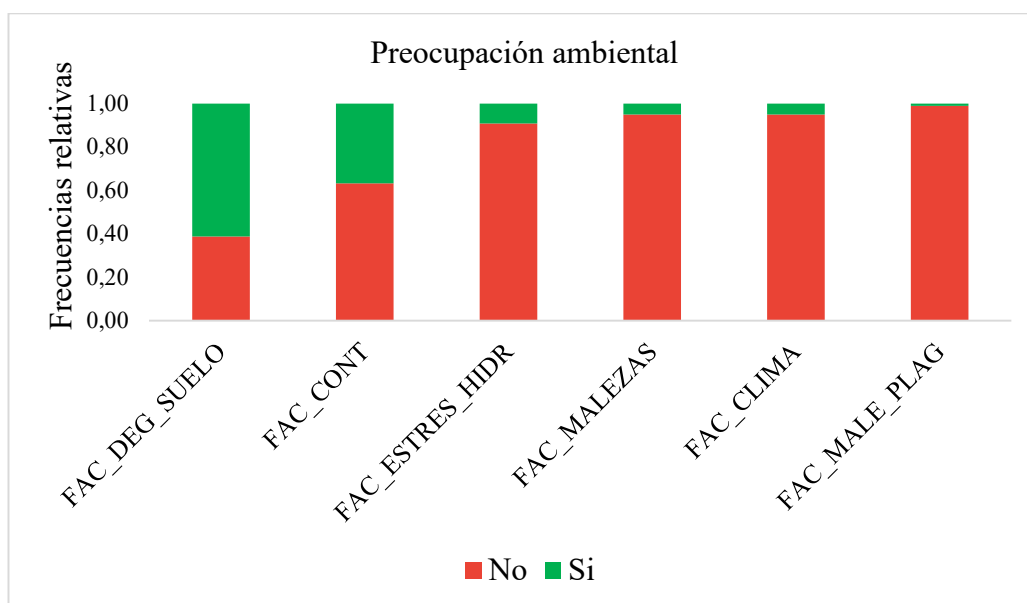
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PERCEPCIÓN AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

La mayor preocupación que tienen los productores encuestados, independientemente si sembró o no cultivos de servicio, es la degradación o erosión del suelo (61%), seguido por la carga de fitosanitarios en el sistema de producción o la contaminación ambiental que estos generan (37%). Mientras que los factores ambientales que menos les preocupan son: el estrés hídrico del suelo, los problemas de enmalezamiento, la combinación de malezas y plagas, y las condiciones climáticas, donde la sumatoria de las variables de menor preocupación fueron mencionadas por el 20% de los productores (Figura 5).

**Figura 5**

*Preocupación ambiental que presentan los productores encuestados sobre la agricultura que realizan*



*Nota.* FAC\_DEG\_SUELO = Degradación del suelo; FAC\_CONT = Contaminación ambiental; FAC\_ESTRES\_HIDR = Estrés hídrico del suelo; FAC\_MALEZAS = Malezas; FAC\_CLIMA = Clima; FAC\_MALE\_PLAG = Plagas y malezas.

Estos resultados están explicados en gran medida por el nuevo modelo agrícola de sojización a partir del cual Arbeletche (2020) diferenció tres etapas, comenzando desde la instalación del cultivo a inicios del siglo XXI hasta su evolución actual. Este modelo agrícola, basado en un esquema productivo de agricultura continua, ocasionó importantes pérdidas de suelos por erosión, explicado por el uso intensivo de suelos de aptitud agrícola y de menor aptitud agrícola (Arbeletche, 2020; Figueredo et al., 2019). Además, según Bianco (2015) el nuevo modelo productivo basado en la adopción de semillas genéticamente modificadas y los agroquímicos que lo acompañan, generó un impacto negativo en el agroecosistema. A partir de los efectos negativos que se reflejaron en el mediano y



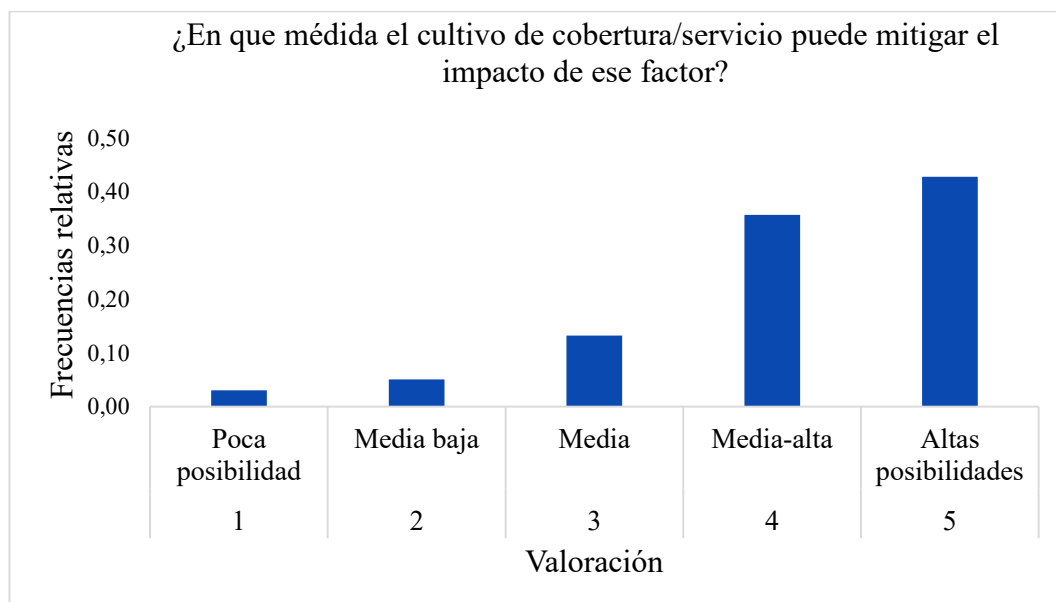
largo plazo, la mayoría de los productores encuestados observaron que el uso inadecuado de dichas tecnologías provocó distintos tipos de problemas, donde los más perceptibles fueron la erosión de suelos y contaminación ambiental, esta última por el uso abundante de agroquímicos, principalmente glifosato.

Además, estos problemas ambientales que percibieron los productores encuestados se pueden sustentar con el trabajo de Sardi et al. (2012), donde de acuerdo a los autores, los productores perciben distintos tipos de problemas que son de su interés a nivel predial y que también tienen mayor difusión en la comunidad. Por ejemplo, la erosión de suelos es más fácilmente perceptible dentro de la comunidad de productores, debido a malas experiencias en sus sistemas productivos en el mediano y largo plazo. Sin embargo, es más difícil percibir el impacto ambiental de otros factores y por ende los productores le asignan un grado de importancia posiblemente menor al que realmente ocurren.

Cuando se les preguntó a los productores sobre en qué medida el cultivo de servicio puede mitigar los factores que más le preocupan de la agricultura que realizan, el 43% de los encuestados opinaron que tiene altas posibilidades de mitigar el impacto de dichos factores y el 36% respondieron con una valoración media-alta. Mientras que el 21% restante, que involucra la valoración del 1 al 3, opina que el cultivo de servicio tiene poca a media posibilidad de mitigar el impacto de los factores involucrados (Figura 6).

### Figura 6

*Valoración de cultivos de servicio para mitigar factores ambientales negativos en sistemas agrícolas*



Estos resultados indican que la mayoría de los productores encuestados, tienen una visión positiva sobre la utilización de cultivos de servicio como medida para mitigar el impacto ambiental de sus sistemas productivos. Asociándolo con la Figura 5, donde los principales problemas ambientales mencionados fueron la

erosión de suelos (61%) y la carga de fitosanitarios (37%), se justifica que los productores observen a los cultivos de servicio como una alternativa viable para mitigar la degradación de los recursos naturales.

Estos efectos son explicados por varios autores, donde la incorporación de cultivos de servicio en las rotaciones agrícolas en lugar de períodos improductivos representa una estrategia agronómica altamente beneficiosa para asegurar la sostenibilidad en el sistema de producción basado en granos. Esto se debe a que ofrece una amplia variedad de beneficios ecosistémicos, que van más allá del control de la erosión. Estos beneficios incluyen la mejora de la calidad del suelo, la reducción de la presencia de malezas y plagas, la optimización del uso del agua y nutrientes, la regulación de la calidad del aire y del agua, la incorporación de nitrógeno en el sistema y la mejora de la productividad general, así como el secuestro de carbono a largo plazo (Buratovich & Acciaresi, 2019; Ernst, 2004; Pinto, 2018; Rimski-Korsakov et al., 2016; Ruffo & Parsons, 2004; Sawchik et al., 2015). Es por ello que los productores encuestados le otorgan un grado de valoración alto a los cultivos de servicio.

Vale la pena destacar que estas percepciones provienen de todos los productores/técnicos encuestados (utilicen o no cultivos de servicio) lo que refleja que la población participante de esta investigación tiene o maneja conocimientos acerca de la utilidad de la tecnología cultivos de servicio.

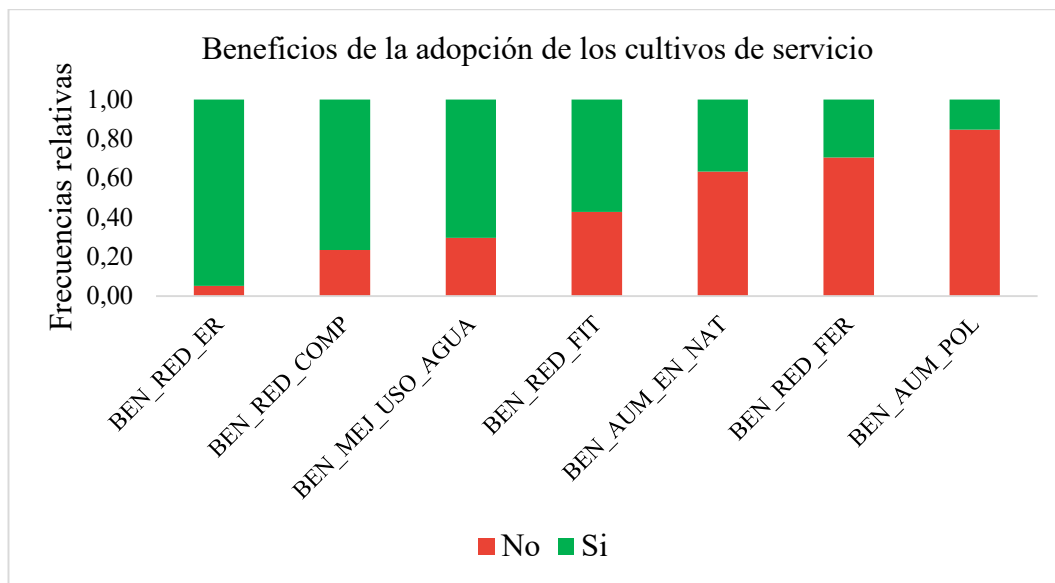
También es importante tener en cuenta que las percepciones de los encuestados pueden estar influenciada por la información que manejan, ya que la mayoría de los productores están vinculados a instituciones, cooperativas o asociaciones y la probabilidad de que reciban información a través de jornadas o boletines es mayor que aquellos productores que no tienen una vinculación institucional u organizacional.

## **4.2. VISIÓN DE LA ADOPCIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO**

La mayor parte de los productores consideran que la reducción de la erosión (95%), la disminución de la compactación del suelo (77%), la mejora en la eficiencia en el uso del agua (70%) y reducción del uso de fitosanitarios (57%) representan los principales beneficios de la inclusión de los cultivos de servicio en sus sistemas de rotación. Es importante destacar, que todas las respuestas contemplan algún beneficio asociado a la inclusión de cultivos de servicio. Esto se debe a que los encuestados tenían la opción de mencionar varios beneficios y también de responder la falta de observación de cualquier beneficio. Por otro lado, la consideración acerca del aumento de enemigos naturales representó el 37%, la reducción en la fertilización un 30% y el aumento de polinizadores un 15% (Figura 7).

**Figura 7**

*Principales beneficios de la adopción de los cultivos de servicio*



*Nota.* BEN\_RED\_ER = Reducción erosión; BEN\_RED\_COMP = Reducción compactación; BEN\_MEJ\_USO\_AGUA = Mejora la eficiencia en el uso del agua; BEN\_RED\_FIT = Reducción fitosanitarios; BEN\_AUMENTO\_EN\_NAT = Aumento de enemigos naturales; BEN\_RED\_FER = Reducción de la fertilización; BEN\_AUM\_POL = Aumento de polinizadores.

En base a la interpretación se puede decir que los productores principalmente visualizan a los cultivos de servicio con una amplia variedad de beneficios ecosistémicos, pero principalmente enfocados en lo que respecta a la conservación del suelo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por varios autores, donde los principales beneficios que brindan estos cultivos son el de disminuir la erosión de suelos por la alta cobertura vegetal que proporcionan y que está directamente relacionado a la alta productividad de biomasa que estos generan, cabe destacar que la productividad varía según la especie y el cultivar utilizado (Carfagno, 2008). Además, contribuyen en el corto plazo a la regeneración de la estructura del suelo, explicado por la alta biomasa radicular de determinadas especies, llevando a que disminuya la compactación del mismo (Frasier et al., 2016; Ruffo & Parsons, 2004). Al disminuir la compactación se aumenta la infiltración de agua hacia el suelo, por ende, al tener más agua almacenada en el perfil del suelo, el cultivo de renta aumenta su eficiencia en el uso del agua explicado por una mayor exploración radicular, lo que se traduce en mayor rendimiento del cultivo de verano (Ernst, 2004; Sawchik et al., 2015). También en el estudio de Ridley (2013) se resalta la relevancia de los diversos niveles de residuos vegetales en la superficie del suelo para preservar tanto la materia orgánica en su totalidad como sus distintas fracciones. Mantener esta práctica a lo largo del tiempo beneficia la mejora de la estructura del suelo y la reducción de la compactación, donde es más probable un sistema de agricultura continua a largo plazo.

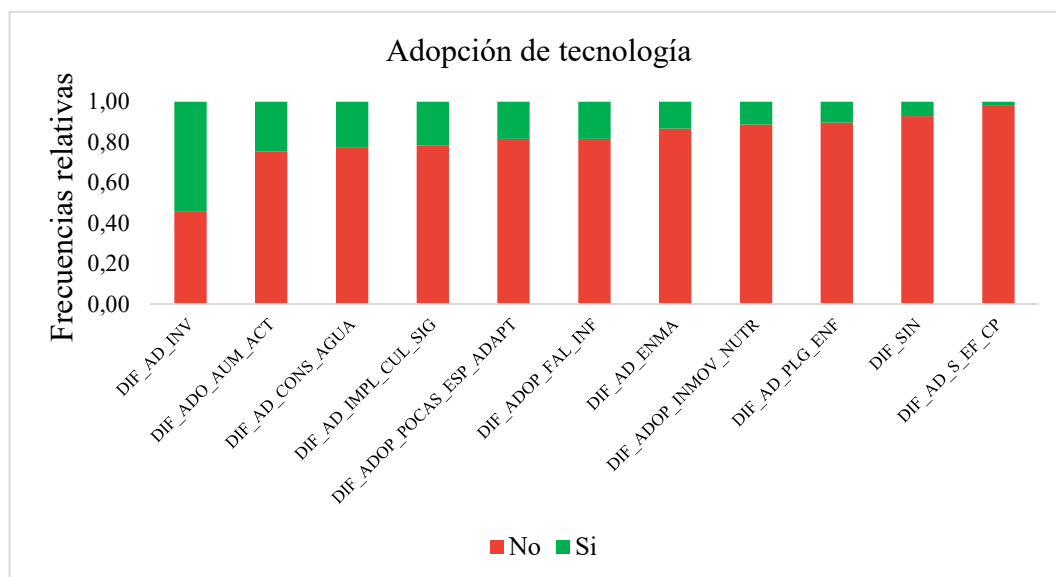
Lo anterior, si bien justifica que las variables con mayor frecuencia relativa están relacionadas a la conservación del recurso suelo, también se alinea con el fin

que persiguen los Planes de Uso, a partir de los cuales se impulsa el uso de esta tecnología.

Por otro lado, la encuesta reveló que los productores encuestados en su mayoría han tenido dificultades para adoptar la tecnología; destacando que solamente el 7% mencionó no haber tenido ningún tipo de dificultades. El 54% adjudica que la principal dificultad que tuvieron para incorporar dicha tecnología es la inversión necesaria (incluye costos anuales de instalación de los cultivos) o que no genere beneficios económicos perceptibles en el corto plazo. Otros factores que se mencionaron son aspectos de manejo o prácticos, como el aumento en las actividades en el campo (24%), el consumo de agua para el cultivo siguiente (22%) y la dificultad para lograr una correcta implantación del cultivo de renta (21%). En menor frecuencia, los productores respondieron con un 18% que pocas especies se adaptan a su sistema productivo y que no hay información suficiente para realizar un correcto manejo. Los factores menos mencionados fueron problemas de malezas luego de finalizado el cultivo de servicio, baja disponibilidad de nutrientes para el cultivo de renta, problemas de hospedante de plagas y enfermedades, adopción sin ningún tipo de dificultades y que no se presenten beneficios a corto plazo, los que representaron 13, 11, 10, 7 y 2%, respectivamente (Figura 8).

**Figura 8**

*Factores que dificultan la adopción de los cultivos de servicio como práctica de manejo*



*Nota.* DIF\_AD\_INV = Inversión necesaria; DIF\_ADO\_AUM\_ACT = Incremento actividades del campo; DIF\_AD\_CONS\_AGUA = Consumo de agua para el cultivo siguiente; DIF\_AD\_IMPL\_CUL\_SIG = Problemas de implantación cultivo siguiente; DIF\_ADOP\_POCAS\_ESP\_ADAPT = Pocas especies se adaptan a mi sistema; DIF\_ADOP\_FAL\_INF = Falta de información para un correcto manejo; DIF\_AD\_ENMA = Problemas de malezas luego de finalizado el cultivo; DIF\_AD\_PLG\_ENF = Problemas de hospedantes de plagas y enfermedades; DIF\_SIN = Adopción sin dificultades; DIF\_AD\_S\_EF\_CP = Sin efectos a corto plazo.

A partir de estos resultados se interpreta que la principal limitante para la adopción es el beneficio económico. Esto podría deberse a la racionalidad económica de los productores, la cual, está basada en tomar decisiones de una manera ordenada y lógica con el objetivo de maximizar sus beneficios económicos de forma inmediata (Torrado, 2019). En este sentido, el trabajo de Rosas et al. (2019) afirma que los cultivos de servicio, al no ser un cultivo de renta directa y que no tiene beneficios económicos en el corto plazo, provoca que los productores en su toma de decisiones consideren a estos como un costo de corto plazo y no como una inversión en mejorar el agroecosistema en el mediano y largo plazo. No obstante, en el trabajo de estos autores se destaca como la tecnología o estrategia mayormente utilizada por los productores, principalmente aquellos donde presentan un tipo de suelo que los obliga a tener una rotación sustentable en lo que respecta a la conservación de suelos (Rosas et al., 2019). Esto implica, que los productores incorporan cultivos de servicio u otras estrategias de conservación de los recursos naturales, debido a que deben cumplir obligatoriamente con los Planes de Uso, de lo contrario, se comunicaran distintos tipos de sanciones por el MGAP según la gravedad de la infracción, de acuerdo con la ley 18.564 (2009). Por tanto, estos incentivos implementados llevan a que los productores actúen sobre la racionalidad económica más que sobre la consideración de los problemas ambientales (Sardi et al., 2012) que puedan tener en sus sistemas de producción.

Siguiendo con la discusión anterior, esto lleva a que los productores muchas veces tomen malas decisiones en el manejo de los sistemas productivos, por diversas razones (D'Elia, 2009). Por lo tanto, se genera una limitante en la disposición de los productores para invertir en prácticas agronómicas que promuevan mejoras ambientales a mediano y largo plazo, pero que no generan ganancias en el corto plazo (Deininger & Feder, 2001). También, aspectos de manejo y prácticos, como que incrementan las actividades en el campo (24%), está relacionado a la inversión necesaria debido a que los cultivos de servicio agregan costos de producción. Sin embargo, este incremento en los costos de producción se puede compensar en el mediano y largo plazo, a través de la reducción posterior en lo que refiere a preparación del suelo, control de malezas, plagas y fertilización.

Por otro lado, una parte de los productores (22%) indica que el problema para adoptar esta tecnología es el consumo de agua que realizan los cultivos de servicio. Esto coincide con los resultados de investigaciones previas, realizadas por Siri-Prieto y Ernst (2011), los que afirmaron que el problema principal que presentan dichos cultivos en Uruguay, es el consumo de agua, y que está directamente relacionado a las condiciones hídricas que presenta el suelo. Según los autores, esto se soluciona con un correcto manejo en la duración del barbecho, de lo contrario se convertiría en un problema para el cultivo de renta. Este problema radica en que, al momento de la siembra, el suelo tenga poca agua almacenada para la demanda hídrica que presenta el cultivo de renta, dificultando la correcta implantación de este último (21%). Estos aportes podrían indicarnos que estas

opiniones pueden estar basadas en “malas” experiencias o “falsas” interpretaciones, que condicionaron el resultado de la adopción de los cultivos de servicio.

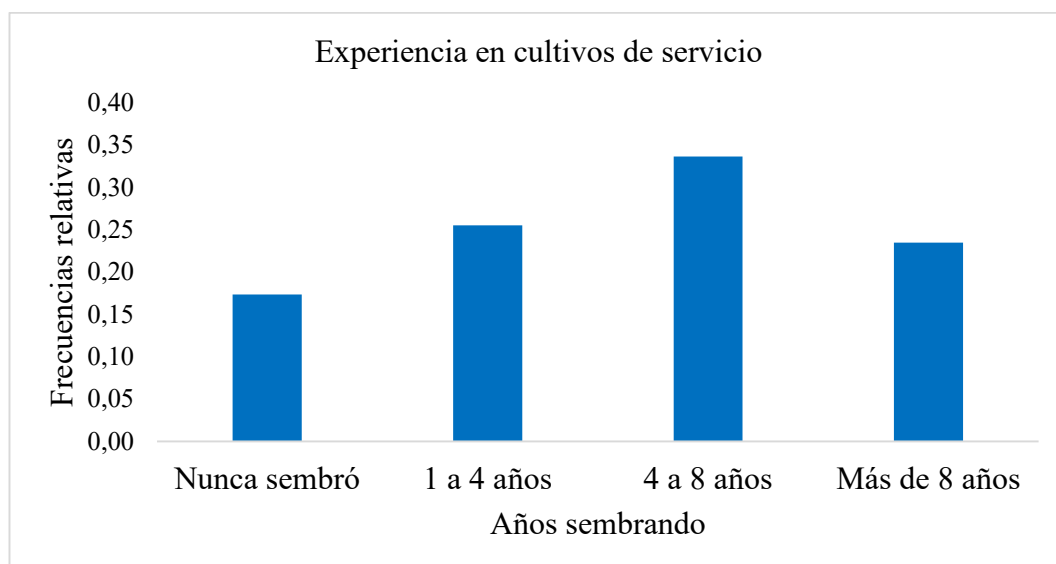
No obstante, es de importancia tener en cuenta que los encuestados, en su mayoría, eran técnicos. Esto conlleva a que tengan mayores conocimientos acerca de la utilización de los cultivos de servicio y, a su vez, mayores posibilidades de acceder a la información, lo cual, probablemente, no refleja al productor promedio en el país. Por lo tanto, las respuestas obtenidas en las encuestas pueden estar sesgadas o influenciadas por las características específicas de los encuestados. Este sesgo podría estar condicionando los resultados y haciendo que se observen similitudes en lo que se presenta en la revisión bibliográfica.

### 4.3. ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO

En cuanto a los años de experiencia sembrando cultivos de servicio, se observó que mayoritariamente el 34% de los productores encuestados, hace 4 a 8 años, adoptó esta tecnología, detrás se ubicó con un 26% productores que siembran dichos cultivos hace 1 a 4 años y con el 23% más de 8 años. Es importante destacar que solo el 17% nunca sembró cultivos de servicio, pudiendo afirmar que el 83% de los productores encuestados tiene experiencia en cultivos de servicio (Figura 9).

**Figura 9**

*Años sembrando cultivos de servicio por el encuestado*



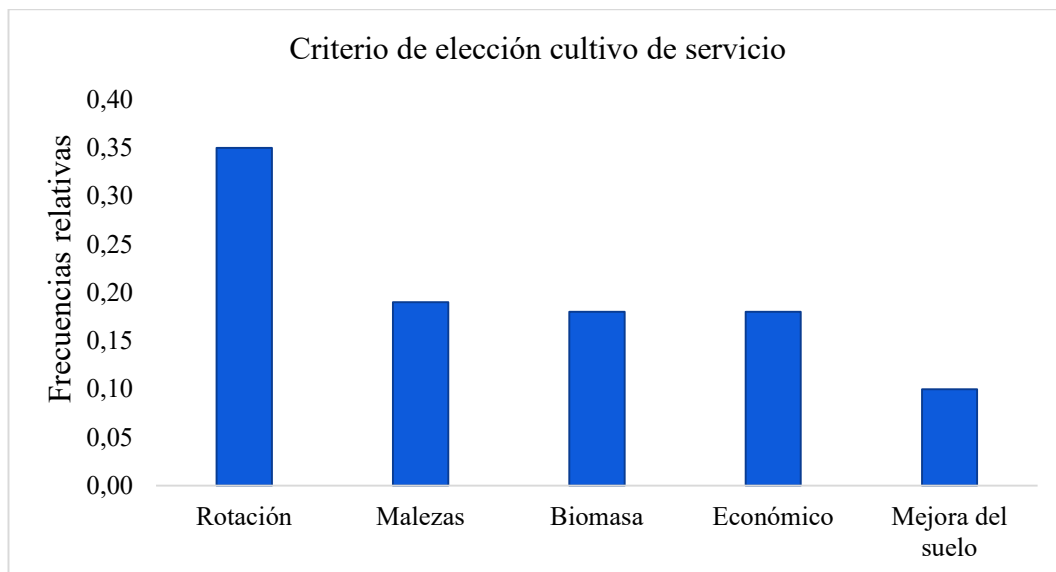
Estos resultados pueden deberse a que en 2013 se hace obligatoria la presentación de los Planes de Uso. Esto tuvo como consecuencia, que los productores se vieran obligados a considerar en la planificación de sus rotaciones, no solo aspectos relacionados con el mercado, sino también factores vinculados con la conservación ambiental, particularmente en lo que se refiere a la erosión del suelo (Rosas et al., 2019). Es por este motivo, que se empieza a observar un aumento en

el área sembrada con cultivos de servicio (Hill et al., 2015), lo que puede ser explicado por una mayor incidencia de aspectos vinculados a la conservación del suelo en la toma de decisiones.

El 17% restante de los productores encuestados que nunca han cultivado cultivos de servicio, puede deberse, a que no han tenido la obligación de incluir cultivos de servicio en su rotación agrícola. Ello puede estar explicado por el sistema de rotación que manejan, donde no superan el límite de tolerancia de erosión para cada tipo de suelo presente en sus sistemas productivos. Un ejemplo, es el caso de una rotación cultivos-pasturas, donde las pasturas permiten cierta recuperación de las propiedades físico-químicas del suelo, contribuyendo a disminuir la degradación generada en la fase agrícola y así la erosión de suelos (INIA, 2019). Sin embargo, otro factor que determina que los productores no implementen cultivos de servicio, son los suelos con alta aptitud agrícola, donde les permite poner en práctica un sistema de rotación de agricultura continua. Por lo tanto, la toma de decisiones de los técnicos va a depender de la combinación de varios factores presentes en cada sistema productivo, los que determinarán las rotaciones sustentables a implementarse, con el objetivo de cumplir con los Planes de Uso (Ernst & Siri-Prieto, 2011; Rosas et al., 2019).

Otro aspecto importante a considerar es que el Plan de Uso utiliza como criterio para determinar las rotaciones sustentables para cada tipo de suelo el software denominado Erosión 6.0, el cual utiliza la ecuación universal de pérdida de suelos USLE/RUSLE, adaptado a las condiciones de Uruguay. Este modelo desempeña un papel fundamental, al facilitar la toma de decisiones para una correcta planificación del uso del suelo a nivel predial, permitiendo calcular las pérdidas por erosión que podrían ocurrir al implementarse las prácticas de manejo propuestas. Asimismo, ayuda a los técnicos a elegir las rotaciones que aseguren la sostenibilidad del recurso del suelo (Clérico & García Préchac, 2001; Liori & Sapriza, 2015).

El 35% de los productores encuestados incluyen los cultivos de servicio como parte de las rotaciones agrícolas de su sistema productivo. El 19% de los productores utiliza el cultivo de servicio para prevenir la emergencia de malezas. Se observan proporciones iguales en cuanto a la utilización de dichos cultivos para acumulación de biomasa aérea y radicular (18%) y por motivos económicos (18%). En cuanto a la utilización para mejora del suelo, sólo un 10% indicaron que las siembra para ese fin, este último resultado refleja un criterio generalizado, ya que la mejora del suelo implica considerar diversos factores, como por ejemplo control de la erosión, disminuir malezas, aportar nutrientes al suelo, entre otros (Figura 10).

**Figura 10***Criterio de elección de los cultivos de servicio*

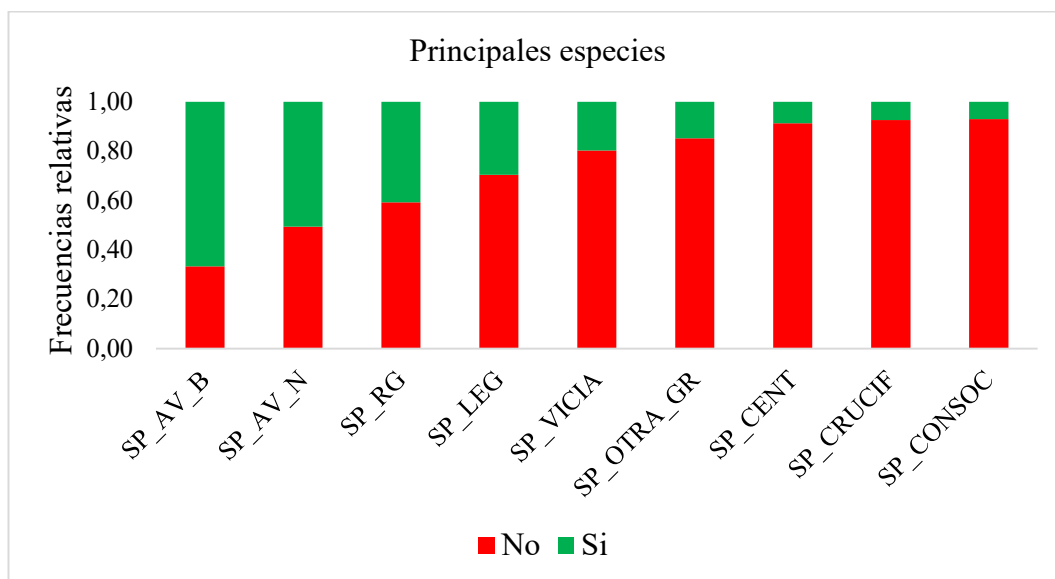
Estos hallazgos van en línea con el trabajo de Ernst y Siri-Prieto (2011), quienes señalan que la preocupación de los productores ya no se basa en la elección de realizar o no laboreo, sino en la planificación de la rotación de cultivos, las innovaciones tecnológicas asociadas a ellas y las implicaciones que estas tienen para el agroecosistema. Una de estas innovaciones tecnológicas destacadas son los cultivos de servicio. Esto surge por las consecuencias que tuvo la expansión agrícola, como fuera mencionado anteriormente, la cual generó grandes pérdidas de suelos por erosión. Es en ese entonces, que, a partir de la implementación obligatoria de los Planes de Uso, los productores deben tener en cuenta como criterio de elección una secuencia de cultivos que no supere las pérdidas de erosión para el suelo dominante de cada establecimiento, una de las estrategias para cumplir este objetivo es la adopción e implementación de cultivos de servicio (Dubosc, 2018; Rosas et al., 2019).

Las principales especies utilizadas por los productores encuestados como cultivo de servicio son las gramíneas puras. Un 67% respondió sembrar avena blanca (*Avena sativa*), el 51% avena negra (*Avena strigosa*) y el 41% raigrás (*Lolium multiflorum*). Mientras que para las leguminosas puras el 30% las utilizó y el 20% mencionó haber sembrado *Vicia villosa*. Por otra parte, la siembra de otras gramíneas puras diferentes a las mencionadas representó solo un 15%, centeno (*Secale cereale*) un 9%. El 7% de los productores eligió sembrar especies crucíferas, mientras que otro 7% optó por sembrar mezclas de especies consociadas (Figura 11).



**Figura 11**

*Principales especies sembradas utilizadas por los productores como cultivos de servicio*



*Nota.* SP\_AV\_B = Avena blanca; SP\_AV\_N = Avena negra; SP\_RG = Raigrás; SP\_LEG = Leguminosas; SP\_VICIA = *Vicia villosa*; SP\_OTRA\_GR = Otras gramíneas; SP\_CENT = Centeno; SP\_CRUCIF = Crucíferas; SP=CONSOC = Mezclas consociadas.

Estos resultados son coincidentes con la bibliografía. La mayor presencia de gramíneas dentro de las especies elegidas se debe generalmente a su rápida implantación, crecimiento y desarrollo temprano durante el otoño y además de presentar altas tasas de crecimiento durante el invierno, ocasionando una rápida cobertura del suelo, y disminuyendo la probabilidad de emergencia de malezas (Sawchik et al., 2015). A ello se puede agregar que las gramíneas poseen una mayor influencia sobre las condiciones físicas de los suelos, debido a su alta biomasa aérea y radicular, y el rastrojo presente cuando es finalizado el cultivo de servicio (Blanco-Canqui et al., 2015; Frasier et al., 2016).

En lo que respecta a las leguminosas, de acuerdo a la bibliografía, su uso se recomienda porque tienen un mayor impacto en la dinámica del nitrógeno en el suelo en comparación con las gramíneas. Esto se debe a su capacidad para incorporar nitrógeno atmosférico (Frasier et al., 2016). Sin embargo, los resultados de esta tesis, muestran que la proporción de leguminosas sembradas es menor en comparación con las gramíneas. Esto puede deberse a un menor nivel de productividad y tasa de crecimiento (Verde, 2013). También a un mayor costo de semilla, limitaciones para lograr la productividad deseada, menor posibilidad de ser pastoreadas y una menor valoración del aporte de nitrógeno al suelo (S. Alvarez, comunicación personal, 27 de octubre, 2023). La adopción de *Vicia villosa* se podría deber a la difusión de información técnica acerca de la elevada cantidad de nitrógeno que aporta al suelo, principalmente de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (Grahmann et al., 2020). También por su alta contribución de materia seca, buen sistema radicular, resiembra natural, semilla con alta persistencia en el suelo, entre otras características positivas

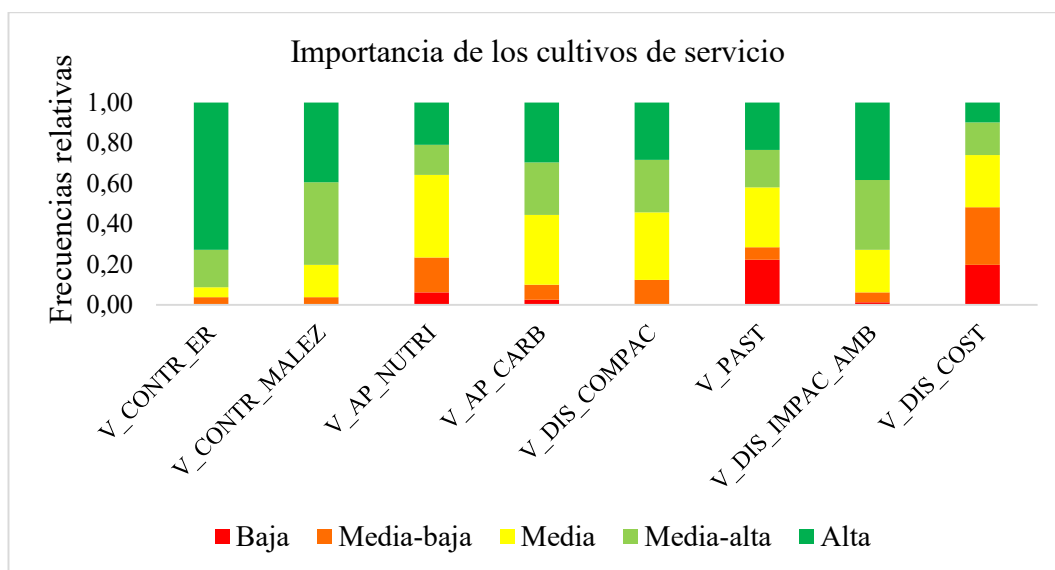
(INTA Informa, 2014). Es por ello, que algunos de los productores la implementan en su sistema productivo.

Vale destacar que cada especie utilizada como cultivo de servicio va a contribuir con distintos beneficios ecosistémicos (Sawchik et al., 2015). Además, en el estudio de Verde (2013), destaca que al momento de planificar el uso de los cultivos de servicio se debe tener en cuenta la rotación que presentan los productores. Esta planificación debe considerar diversos factores clave, como la secuencia de cultivos antecesores, los niveles de humedad al momento de la siembra, la elección adecuada de las especies a sembrar, tomando en cuenta las preferencias del productor en si decide pastorear o no el cultivo de servicio. Tal como se menciona en el trabajo de Sawchik et al. (2015) donde la decisión de utilizar determinado cultivo de servicio va a depender de los objetivos productivos que presente el productor. Otro aspecto a tener en cuenta, son las recomendaciones de fertilización, la fecha de finalización del cultivo de servicio, la elección de la especie y fecha de siembra del cultivo de renta.

En cuanto a la importancia que se les asignan a los cultivos de servicio por parte de los encuestados, un 92% considera que el cultivo de servicio cumple un beneficio muy importante sobre el control de la erosión del suelo, dado que los patrones de respuestas son de alta importancia. También cumplen un rol muy importante sobre el control de las malezas, debido a que un 81% de los encuestados respondieron con valores de alta importancia. En relación al aporte de nutrientes al suelo, el 41% indicaron que no es valorado positiva ni negativamente. Por otra parte, al aporte de carbono le asignaron una importancia que oscila entre media (35%) y alta (56%). En cuanto a disminuir la compactación del suelo, se observa un patrón de respuestas similar al aporte de carbono, oscilando entre media (33%) y alta (54%). En lo que respecta al pastoreo del cultivo de servicio, se observan patrones de respuesta desde media a alta, donde el 72% de los encuestados tiende a observar al cultivo de servicio como una oportunidad para ser pastoreados. Por otro lado, la mayoría considera que dichos cultivos contribuyen a disminuir el impacto ambiental, donde el 73% le asignaron una importancia que oscila entre media-alta y alta. Finalmente, en la disminución de los costos de producción, los productores respondieron mayormente con una importancia baja, donde la sumatoria de baja y media-baja representan un 48% (Figura 12).

**Figura 12**

*Importancia que tiene el cultivo de servicio en su sistema de producción*



*Nota.* V\_CONTR\_ER = Control erosión; V\_CONTR\_MALEZ = Control de malezas; V\_AP\_NUTRI = Aporte de nutrientes; V\_AP\_CARB = Aporte de carbono; V\_DIS\_COMPAC = Disminución compactación; V\_PAST = Pastoreo; V\_DIS\_IMPAC\_AMB = Disminución impacto ambiental; V\_DIS\_COST = Disminución costos.

La alta importancia dada en las respuestas de los encuestados al control de la erosión del suelo radica en que el cultivo de servicio aparece como una tecnología impulsada a partir del Plan de Uso, que apunta a este objetivo. Por tanto, los productores/técnicos visualizan a los cultivos de servicio como una herramienta de conservación de suelos, debido a que contribuye al aporte de cobertura vegetal disminuyendo la erosión hídrica que en Uruguay es la principal causa de erosión (Blanco-Canqui et al., 2015; Sarrantonio & Gallandt, 2003). Además, Bentancor et al. (2012) resalta que la sostenibilidad del recurso suelo se vincula con la implementación de cultivos de servicio, principalmente es útil en suelos de pendientes pronunciadas y largas longitudes, factores que guardan relación con suelos con alta erodabilidad.

Por otro lado, según los resultados obtenidos, la alta importancia atribuida al control de malezas por parte de los cultivos de servicio concuerda con los estudios llevados a cabo por diferentes autores. Donde afirman, que, al tener el suelo cubierto con un amplio volumen de biomasa, se restringen las condiciones de germinación de malezas estivales por competencia, tanto durante el ciclo del cultivo de servicio como durante la descomposición de sus residuos, sin afectar al rendimiento del cultivo de renta. Por otro lado, la siembra de avena, centeno y raigrás como cultivo de servicio disminuye la emergencia de malezas por competencia y por efectos alelopáticos. También, tiene como beneficio, disminuir los costos asociados a las aplicaciones y compra de herbicidas, disminuyendo la presión de selección sobre las malezas y mitigando la expansión de malezas resistentes en los sistemas

agrícolas (Pérez & Scianca, 2009 como se cita en Alessandria et al., 2013; Buratovich & Acciaresi, 2019).

Otro beneficio que fue valorado por los encuestados fue el aporte de carbono por parte de dichos cultivos. De acuerdo a la bibliografía, una de las contribuciones de los cultivos de servicio, es suministrar carbono al suelo mediante la incorporación de los residuos del cultivo. Esta acción contribuye a mejorar las características físicas, microbiológicas y la fertilidad del suelo (Carfagno, 2008). Además, Salvagiotti et al. (2013), notaron que la implementación de gramíneas dentro de la secuencia de cultivos agrícolas tendría el potencial de aumentar la cantidad de rastrojos incorporados al suelo, al mismo tiempo mejorar el balance de carbono en el sistema productivo. La generación de biomasa en los cultivos de servicio depende de la especie como del cultivar utilizado, tal como se hace referencia en el estudio efectuado por Carfagno (2008). Por otro lado, está demostrado que las gramíneas tienen una producción de biomasa mayor que las leguminosas, mejorando el balance de carbono del sistema. Si se emplean a largo plazo, cultivos de servicio con altos niveles de biomasa (como las gramíneas) tanto aérea como radicular, se aumentan los niveles de materia orgánica, volviendo al suelo más fértil (Verde, 2013). No obstante, el trabajo de Verde (2013) refleja la experiencia de un productor, actualmente existen investigaciones que demuestran que tanto gramíneas como leguminosas pueden mejorar el nivel de carbono en el suelo. Una de estas investigaciones es el trabajo de Restovich et al. (2019), donde utilizaron leguminosas que fueron menos productivas que las gramíneas durante seis años y observaron una mejora en el balance de carbono. Por tanto, se afirma que no solamente importa la cantidad de rastrojo incorporado al sistema, sino también la relación C/N de la especie.

La alta importancia asignada en la disminución del impacto ambiental por el uso de cultivos de servicio está relacionada principalmente con el control de la erosión de suelos y de malezas. Debido a que estos dos factores le otorgan un grado de importancia mucho mayor comparado a los demás factores indagados. Diversos estudios respaldan la relevancia de los cultivos de servicio en la reducción del impacto ambiental, debido a sus beneficios en el agroecosistema. Es por ello, que los cultivos de servicio representan una herramienta que aumenta la biodiversidad en el sistema de producción agrícola, mediante la incorporación de nuevas especies vegetales. No obstante, es fundamental reconocer que la implementación de cultivos de servicio no sustituye los beneficios de una adecuada rotación de cultivos, la cual es esencial para una agricultura sostenible tanto en términos de productividad como de impacto ambiental (Verde, 2013). Estas investigaciones previas demuestran su papel fundamental en la sustentabilidad del sistema de producción agrícola, en donde si son utilizados con un correcto manejo, se logran obtener sus diferentes beneficios ecosistémicos, logrando disminuir el impacto ambiental y el cumplimiento de los Planes de Uso.

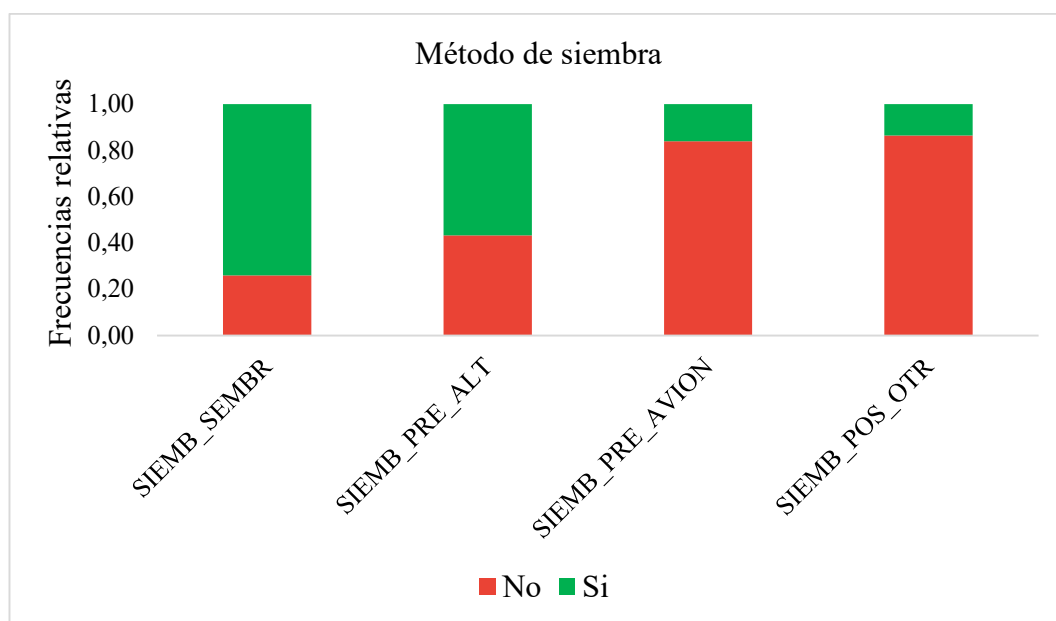
En síntesis, los resultados reflejan que los productores valoran los servicios ecosistémicos de las especies que siembran. Las gramíneas se destacan por su rápido

crecimiento inicial y rastrojo de baja descomposición, permitiendo un mejor control de la erosión y las malezas. El alto aporte radicular de las gramíneas mejora el balance de carbono. También, se puede interpretar que los productores no valoren el servicio ecosistémico de aporte de nutrientes por dos motivos. El primero es la calidad del rastrojo de la gramínea que inmovilizan nutrientes, principalmente nitrógeno. El segundo motivo es la baja siembra de leguminosas puras o en mezclas, la cual, no permite tener una mayor visión y valoración de este servicio por parte de los encuestados.

El 74% de los productores y técnicos encuestados mencionó que utilizan preferentemente la siembra poscosecha con sembradora, mientras que el 57% utiliza siembras de precosecha “altina”, esta última se realiza con maquinaria adaptada para sembrar por encima del cultivo anterior<sup>3</sup>. Es muy poco frecuente el uso de precosecha avión y otros tipos de siembra, los que representan el 16 y 14%, respectivamente (Figura 13).

**Figura 13**

*Método de siembra utilizado principalmente*



*Nota.* SIEMB\_SEMBR = Sembradora; SIEMB\_PRE\_ALT = Precosecha “altina”; SIEMB\_PRE\_AVION = Precosecha avión; SIEMB\_POS\_OTR = Poscosecha otra.

La menor relevancia de la siembra precosecha “altina” podría deberse a que es un método de siembra reciente, que viene incrementando su participación a partir de los beneficios que presenta. Algunas de ellas es la posibilidad de sembrar antes de la cosecha del cultivo de verano, lo que permite un adelanto en la fecha de siembra y ahorros en costos operativos. También facilita la entrada a campos con exceso de humedad. Sin embargo, se ha observado que tiene una menor implantación en comparación con la siembra poscosecha con sembradora, lo que

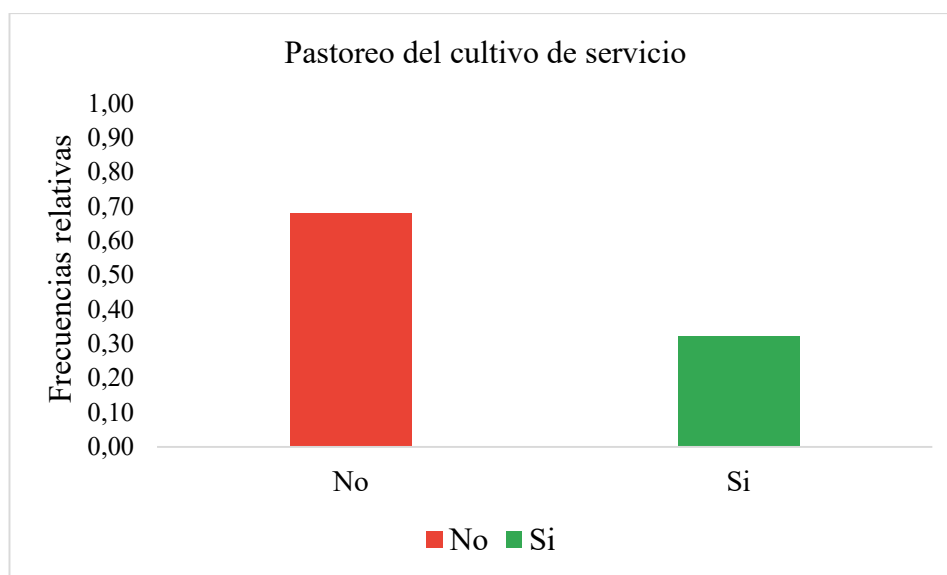
<sup>3</sup> Cabe destacar que para esta pregunta las respuestas son binomiales para cada método de siembra, superponiendo algunos productores métodos pre y poscosecha.

significa que se necesita aumentar la densidad de siembra para lograr una correcta implantación (Martin et al., 2021). Por ende, en términos de costos, se puede interpretar, que algunos disminuyen, mientras que los costos en semillas aumentan, debido a la necesidad de aumentar la densidad de siembra.

Respecto a la realización de pastoreo de los cultivos de servicio, el 68% de los encuestados indicaron que no pastorea y el 32% respondieron que sí realiza pastoreo (Figura 14).

**Figura 14**

*Pastoreo al cultivo de servicio*



De acuerdo a los resultados, esta proporción de productores que indicaron que no pastorea, principalmente se puede interpretar por dos factores. Uno de ellos es el sistema de producción que presentan, es decir, productores que se dedican exclusivamente a la agricultura y no a un sistema agrícola-ganadero. El otro factor a considerar, sería que, si son productores con un sistema agrícola-ganadero, optan por no utilizar el cultivo de servicio para pastorear, por darle un mayor valor al aporte que realiza al sistema agrícola que al ganadero. Esta decisión se debe a la necesidad de cumplir con el propósito principal del cultivo de servicio, que es proporcionar cobertura al suelo, disminuyendo la erosión y generar diversos beneficios ecosistémicos (Blanco-Canqui et al., 2015; Sarrantonio & Gallandt, 2003; Sawchik et al., 2015).

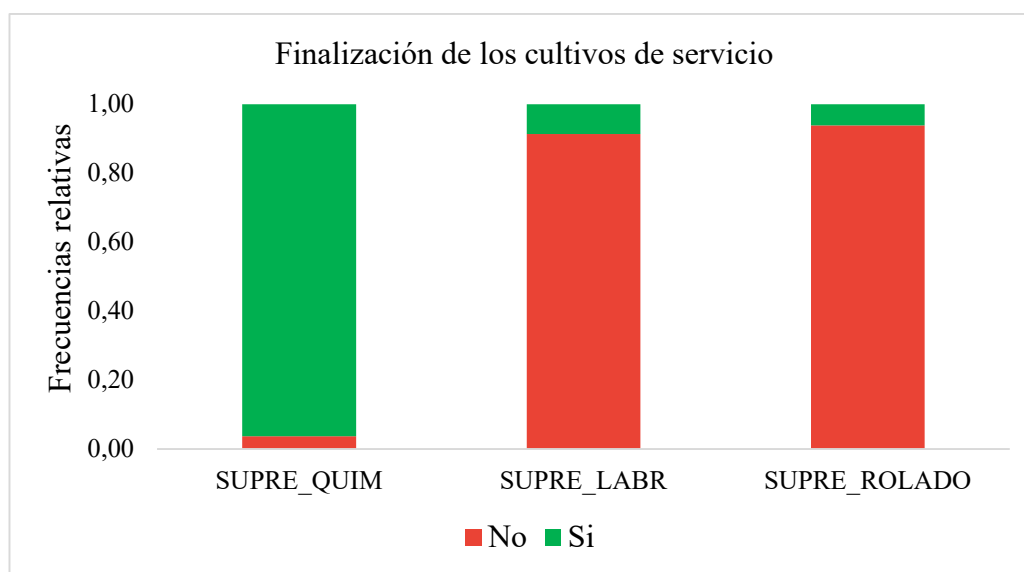
El problema de pastorear el cultivo de servicio radica en limitar su capacidad para lograr los objetivos deseados, como la cobertura del suelo, la acumulación de materia seca y otros servicios ecosistémicos relevantes. Es por ello, que si se decide pastorear el cultivo de servicio se deben tener en cuenta algunos aspectos como el utilizar categorías livianas, refertilizar el cultivo de servicio para un rápido rebrote (Dubosc, 2018). Además, no se debe realizar el pastoreo meses antes de la finalización del cultivo de servicio, esto es para que el mismo tenga tiempo suficiente para acumular un importante volumen de materia seca y lograr altas

productividades. Estos aspectos tienen como objetivo que, al momento de finalización del mismo, se pueda contar con rastros suficientes en la superficie del suelo, debido a que si no se logran altas productividades no se considera un cultivo de servicio, sino un verdeo de invierno.

El principal método utilizado por los encuestados para finalizar los cultivos de servicio es el control químico, representando el 96% de las respuestas. La supresión por labranza y rolado solamente representan el 9 y el 6%, respectivamente (Figura 15).

**Figura 15**

*Finalización del ciclo del cultivo de servicio*



*Nota.* SUPRE\_QUIM = Supresión química; SUPRE\_LABR = Labranza; SUPRE\_ROLADO = Rolado.

Este resultado puede deberse a que a partir de la década del '90 se empieza a implementar la siembra directa y la mayoría de los productores adoptan esta tecnología (Ernst, 2009; INIA, 2019). La adopción de ésta ha llevado a un aumento en la aplicación de agroquímicos, especialmente el glifosato, acompañando el paquete tecnológico de las semillas genéticamente modificadas (Bianco, 2015). Estas prácticas han otorgado una mayor experiencia en la utilización de la técnica, lo que puede explicar el mayor porcentaje respecto a los otros métodos de finalización.

El bajo porcentaje que utiliza supresión por laboreo mecánico y rolado podría deberse a que, en el primer caso, corremos riesgo de pérdidas de suelo por erosión por encima de la tolerancia para cada tipo de suelo, siendo además una técnica en desuso, ya que aumentan los costos de producción en comparación con la siembra directa (Ernst, 2009). En cuanto al rolado, los productores encuestados indicaron que hay poca información al respecto y que se necesita una mayor difusión de información sobre esta técnica. También por el requerimiento de maquinaria específica en el establecimiento (equipo de rolado). Lo cual explicaría su menor

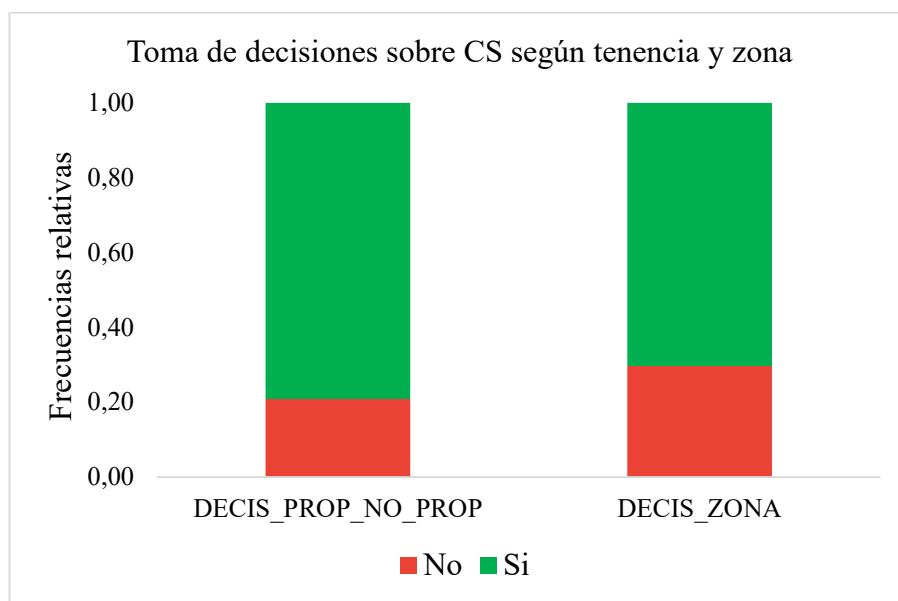
adopción como método de supresión. De acuerdo a la bibliografía, es una práctica poco utilizada generalmente, pero menos dañina para el medio ambiente, ya que ofrece distintos beneficios, algunos de ellos son suprimir las malezas existentes, se disminuye la utilización de herbicidas, se conserva la humedad del suelo y por último se logra tener rastrojo en menos tiempo debido a que se desecan más rápidamente (Creamer et al., 1996; Morse, 1993; Teasdale, 1996).

#### 4.4. TOMA DE DECISIONES SOBRE CULTIVOS DE SERVICIO

Según las encuestas realizadas, el 79% de los productores y técnicos toman decisiones técnicas similares al incorporar cultivos de servicio tanto en campos "propios" como "no propios". No obstante, al preguntarles acerca de si toman decisiones similares en cuanto a la inclusión de cultivos de servicio en diferentes zonas del país, el 70% respondió afirmativamente, mientras que el restante 30% indicó lo contrario (Figura 16).

**Figura 16**

*Decisiones en cultivos de servicio según tenencia de la tierra y zona del país*



*Nota.* DECIS\_PROP\_NO\_PROP = Toma mismas decisiones en campo propio o arrendado;  
DECIS\_ZONA = Toma mismas decisiones en las distintas zonas.

Los datos de esta investigación se contraponen al trabajo de Rosas et al. (2019), quienes evidencian que existen diferencias técnico-productivas en los incentivos de conservación de suelos por el tipo de tenencia de la tierra. Asimismo, dichos autores agregan la variable "largo de contrato" en sus resultados que en esta investigación no se tuvo en cuenta. Si consideramos que la mayor parte de la tierra agrícola es arrendada (Figueredo et al., 2019) y que los contratos tienen una duración menor a tres años (Rosas et al., 2019), se podría inferir que los resultados de la investigación reflejan la priorización del beneficio económico en las decisiones. Asimismo, los contratos cortos (menos de 3 años) ofrecen menores



incentivos en conservar el recurso suelo, dado que el agricultor no tiene seguridad de que seguirá cultivando ese suelo, por tanto, utilizará en su toma de decisiones el enfoque de racionalidad económica. Es decir, con contratos más cortos tienden a explotar más el suelo con el objetivo de obtener mayores rendimientos, traduciéndose en un mayor ingreso económico (Rosas et al., 2019).

Por último, según los resultados, se observa una tendencia a la adopción de decisiones técnicas similares en la implementación de cultivos de servicio en diversas regiones del país. Esta tendencia puede ser atribuida al cumplimiento de las regulaciones establecidas en los Planes de Uso (MGAP, 2020). Ello obliga a la implementación de determinadas prácticas de manejo, definiendo rotaciones que aseguren la sostenibilidad del recurso suelo y considerando necesaria la cobertura del mismo, tanto por cultivos comerciales como por cultivos de servicio (Liori & Sapriza, 2015).

## **5. CONCLUSIONES**

En términos generales, en el estudio se observó que a partir de la implementación de la normativa Planes de Uso, los cultivos de servicio empezaron a tomar relevancia en las rotaciones agrícolas. Ello condujo a que en el proceso de toma de decisiones los productores hayan incorporado estrategias vinculadas a la conservación de los suelos. La visualización de los efectos negativos de la agricultura continua (sobre todo erosión y contaminación por agroquímicos), la difusión de información al respecto, la conciencia generada sobre el impacto de los cultivos de servicio en el ecosistema, pero sobre todo la obligatoriedad del cumplimiento de la ley, fueron los principales factores que explican dicho comportamiento.

Los productores que utilizaron cultivos de servicio se caracterizaron por emplear como principales especies a las gramíneas puras, especialmente avena blanca, avena negra y raigrás; siendo sembradas generalmente mediante poscosecha con sembradora y finalizadas a través de control químico. En cuanto a las prácticas de pastoreo existió una tendencia a no pastorear, reflejando que el área de dichos cultivos no está integrada a sistemas ganaderos. Las decisiones técnicas son tomadas independientemente del tipo de tenencia de la tierra, es decir son iguales tanto en tierras propias como arrendadas; así como de la zona geográfica en donde se ubican las chacras. Para los productores que tienen experiencia en el uso de cultivos de servicios los principales beneficios de su adopción radican en el control de la erosión de suelos, de las malezas y el aporte de carbono al suelo.

La visión positiva por parte de los encuestados de los beneficios de incluir cultivos de servicio en los sistemas de rotación (más allá de si adopta o no los cultivos de servicio), tales como disminuir la erosión, controlar las malezas, mejorar la eficiencia en el uso del agua y reducir el uso de fitosanitarios, fueron coincidentes con los resultados académicos tanto nacionales como internacionales, y estuvieron asociados al grado de formación y manejo de conocimientos de los encuestados.

A pesar de lo anterior, la adopción no ha sido generalizada, lo cual se debe a la inversión necesaria y la ausencia de un beneficio económico en el corto plazo. Estas limitaciones marcan que la toma de decisiones basada en la maximización del beneficio económico a corto plazo genera una limitante a la hora de incorporar tecnologías que generan beneficios en el sistema más a largo plazo, como son los cultivos de servicio.

Finalmente, esta investigación revela que aún es necesaria la generación de información vinculada a la implementación de los cultivos de servicio y las prácticas de manejo, para optimizar su funcionalidad dentro de los sistemas de producción. Para ello, además de los aspectos estrictamente agronómicos, la generación y difusión de información debería considerar aspectos económicos que posibiliten no solo visualizar las ventajas productivas en la implementación de los cultivos de servicio, sino también los beneficios económicos a largo plazo que también contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alessandria, E., Arborno, M., Leguía, H., Pietrarelli, L., Sanchez, J. V., & Zamar, J. L. (2013). Introducción de cultivos de cobertura en agroecosistemas extensivos de la región central de Córdoba. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 128-137). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1#page=129](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1#page=129)
- Allub, L. (2001). Aversión al riesgo y adopción de innovaciones tecnológicas en pequeños productores rurales de zonas áridas: Un enfoque causal. *Estudios Sociológicos*, 19(2), 467-493.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59819208>
- Arbeletche, P. (2015). *Análisis de la agricultura desde la perspectiva de la Economía Industrial: El caso de Uruguay* [Disertación doctoral, Universidad de Alicante]. Agritrop.  
<https://agritrop.cirad.fr/596896/1/ID596896.pdf>
- Arbeletche, P. (2020). El agronegocio en Uruguay: Su evolución y estrategias cambiantes en el siglo XXI. *RIVAR*, 7(19), 109-129.  
<https://www.scielo.cl/pdf/rivar/v7n19/0719-4994-rivar-7-19-109.pdf>
- Arbeletche, P., & Carballo, C. (2009). La expansión agrícola en Uruguay: Algunas de sus principales consecuencias. *Revista de Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario*, (12), 7-19.
- Arbeletche, P., & Gutiérrez, G. (2010). Crecimiento de la agricultura en Uruguay: Exclusión social o integración económica en redes. *Pampa*, (6), 113-138.
- Ávila, J. J. (2018). *Interpretación automática de clases a partir de la extensión del cuadro termómetro a variables cualitativas a través de KCLASS* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. UPCommons.  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/120696/134673.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baigorria, T., Alvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., & Tiesca, D. (2019). Impacto ambiental y rolado de cultivos de cobertura en producción de soja bajo siembra directa. *Ciencia del suelo*, 37(2), 355-366.  
<https://ojs.suelos.org.ar/index.php/cds/article/view/474/259>
- Batthyány, K., Cabrera, M. (Coords.), Alesina, L., Bertoni, M., Mascheroni, P., Moreira, N., Piccaso, F., Ramírez, J., & Rojo, V. (2011). *Metodología de la investigación para las ciencias sociales: Apuntes para un curso inicial*. Universidad de la República.  
<https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4544/Metodolog%c3%ada%20de%20la%20investigaci%c3%b3n%20para%20las%20ciencias%20sociales%20apuntes%20para%20un%20curso%20inicial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bentancor, G., Herrera, J. P., & Long, D. E. (2012). *Plan de uso y manejo sustentable del suelo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1692/1/3835ben.pdf>
- Bianco, M. (2015). El valor de la semilla: Propiedad intelectual y acumulación capitalista. *Revista de Ciencias Sociales*, 28(36), 37-54.  
<http://www.scielo.edu.uy/pdf/racs/v28n36/v28n36a03.pdf>
- Binswanger, H. P., & Sillers, D. A. (1983). Risk aversion and credit constraints in farmers' decision-making: A reinterpretation. *The Journal of Development Studies*, 20(1), 5-21.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A., & Hergert, G. W. (2015). Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*, 107(6), 2449-2474.  
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/agronj15.0086>
- Borea, F. (2008). *La Toma de Decisiones: Un modelo de análisis integrador*. Universidad Nacional de la Matanza.  
<https://www.cienciared.com.ar/ra/usr/4/26/m0.pdf>
- Buratovich, M. V., & Acciaresi, H. A. (2019). Manejando malezas con cultivos de cobertura: Una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 51-55.  
<https://es.calameo.com/read/004612594f9269ab752d1>
- Burt, R. S. (1987). Social contagion and innovation: Cohesion versus structural equivalence. *American Journal of Sociology*, 92(6), 1287-1335.
- Cáceres, D. (1994). Estrategias campesinas y riesgos. *Desarrollo Agroforestal y Comunidad Campesina*, 3(13), 2-6.
- Carfagno, P. (2008). *Cultivos de cobertura en agricultura de secano en región pampeana*. INTA.
- Castro, A., Castro, M., & Germán, S. (2017). Cambios en la oferta varietal de cebada: Desafíos para la producción. *Cangué*, (38), 6-12.  
[http://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/cangué\\_38/Cangué38\\_OVdeC.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/cangué_38/Cangué38_OVdeC.pdf)
- Caviglia, O. P., Novelli, L., Gregorutti, V. C., Van Opstal, N. V., & Melchiori, R. J. (2010). Cultivos de cobertura como alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos. *INTA Agricultura Sustentable*, (58), 13-23.
- Clérici, C., & García Préchac, F. (2001). Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la región sur de la cuenca del Río de la Plata. *Agrociencia (Uruguay)*, 5(1), 92-103. <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/VOL5/1/p92-103.pdf>
- Coleman, J., Katz, E., & Menzel, H. (1957). The diffusion of an innovation among physicians. *Sociometry*, 20(4), 253-270.

- Coppola, M. L., & Palladino, M. C. (2011). *Estudio del funcionamiento de las nuevas empresas agrícolas y la cadena logística* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9690/1/3654cop0.pdf>
- Corbetta, P. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social* (ed. Rev.). McGraw-Hill.  
<https://sociologiaccpp2010.files.wordpress.com/2011/10/metodologic2a6c3bca-y-tec2a6c3bcnicas-de-investigacioc2a6c3bcn-social-piergiorgio-corbetta.pdf>
- Creamer, N. G., Bennett, M. A., Stinner, B. R., Cardina, J., & Regnier, E. E. (1996). Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience*, 31(3), 410-413.
- Crookston, R. K., Kurle, J. E., Copeland, P. J., Ford, J. H., & Lueschen, W. E. (1991). Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. *Agronomy Journal*, 83(1), 108-113.
- Decreto n° 333/004: *Regulación de usos y conservación de suelos y aguas superficiales*. (2004, 22 de agosto). IMPO.  
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/333-2004>
- Decreto n° 405/008: *Regulación de uso y conservación de suelos y aguas superficiales*. (2008, 27 de agosto). IMPO.  
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/405-2008>
- Deininger, K., & Feder, G. (2001). Land institutions and land markets. *Handbook of Agricultural Economics*, 1, 287-331.
- D'Elia, V. V. (2009). El sujeto económico y la racionalidad en Adam Smith. *Revista de economía institucional*, 11(21), 37-43.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41911848004>
- Díaz, R. (1992). Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. *Revista INIA de Investigaciones Agronómicas*, 1(1), 27-35.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8835/1/15630031207141001.pdf>
- Díaz de Rada, V. (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet. *Papers: Revista de Sociología*, 97(1), 193-223.  
<https://raco.cat/index.php/Papers/article/view/248512/332636>
- Dubosc, M. (2018). Coberturas verdes invernales. *Revista Plan Agropecuario*, (165), 58-60.  
[https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/179\\_2754.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/179_2754.pdf)
- Ernst, O. (2004). Leguminosas como cultivo de cobertura. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (21), 16-21. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2004/03/Leguminosa-Cultivo-Cobertura-Ernst.pdf>

- Ernst, O. (2006). Efecto de una leguminosa invernal como cultivo de cobertura sobre rendimiento en grano y respuesta a nitrógeno de maíz sembrado sin laboreo. *Agrociencia (Uruguay)*, 10(1), 25-35.  
<https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/937/996>
- Ernst, O. (2009). Hacia una agricultura inteligente y sostenible. *Zona Agropecuaria*, 19, 27-29.
- Ernst, O., Alzueta, M., Ernst, F., Romero, F., Barriola, I., Bagnato, C., Álvarez, S., & Piñeiro, G. (2021). Cuantificación de los cambios recientes en el uso del suelo en el litoral Oeste Uruguayo. *Cangüé*, (44), 26-32.  
[http://www.eemac.edu.uy/cangue/images/revistas/revista\\_44/Cang%C3%BC%C3%A9%2044\\_5NT3.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangue/images/revistas/revista_44/Cang%C3%BC%C3%A9%2044_5NT3.pdf)
- Ernst, O., & Siri-Prieto, G. (2011). La agricultura en Uruguay: Su trayectoria y consecuencias. En E. Hoffman & A. Ribeiro (Eds.), *II Simposio Nacional de Agricultura: No se llega, si no se sabe a dónde ir: El abordaje necesario para que el proceso de expansión agrícola madure en Uruguay* (pp. 149-163). Facultad de Agronomía.  
<http://www.eemac.edu.uy/investigacion/produccion-vegetal/rotacion-cultivos/publicaciones1/La-agricultura-en-Uruguay-su-trayectoria-y-consecuencias.pdf>
- Feder, G., & O'Mara, G. T. (1981). Farm size and the diffusion of green revolution technology. *Economic Development and Cultural Change*, 30(1), 59-76.
- Fernández, R., Quiroga, A., & Noellemeyer, E. (2013). Cultivo de cobertura como antecesor del cultivo de maíz en la Región Semiárida Pampeana. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 117-127). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=118](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=118)
- Figueredo, S., Guibert, M., & Arbeletche, P. (2019). Ciclo sojero y estrategias de los actores de la producción agropecuaria en el litoral uruguayo. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (16), 99-118.  
<https://revistas.flacsoandes.edu.ec/eutopia/article/view/4103/3226>
- Frasier, I., Quiroga, A., & Noellemeyer, E. (2016). Effect of different cover crops on C and N cycling in sorghum NT systems. *Science of The Total Environment*, 562, 628-639.
- Gomez, L. E., & Galo, R. (2016). *Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo* [Trabajo final de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. Biblioteca Wilson Popenoe.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6b012576-0b1f-45d1-94a9-9890296f236e/content>

- Grahmann, K., Quincke, A., Barolín, E., & Ciganda, V. (2020). Cultivos de cobertura: Reducción de la erosión y aportes a la nutrición del suelo: El caso de la mezcla de Centeno (Secale cereale) con Vicia Villosa. *Revista INIA*, (60), 71-74.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Rev-INIA-60-Marzo-2020-p-71-74.pdf>
- Hill, M., & Clérici, C. (2011). Planes de uso y manejo del suelo. *Revista INIA*, (26), 65-69.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429130112162256.pdf>
- Hill, M., Clérici, C., Sánchez, G., & Kacevas, A. (2015). Planes de uso y manejo de suelos: Base de la política de conservación de suelos en Uruguay, a dos años de su implementación. En A. Ribero & M. Barbazán (Eds.), *IV Simposio Nacional de Agricultura: Buscando el camino para la intensificación sostenible de la agricultura* (pp. 191-198). Facultad de Agronomía.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2019). Erosión hídrica y buenas prácticas: Las dos caras que definen la realidad de los suelos uruguayos. En *INIA Informa: Especial suelos*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13875/1/INIA-Informa-Especial-Suelos-Diciembre-2019.pdf>
- INTA Informa. (2014). *Resiembra natural de Vicia villosa* [Video]. Youtube.  
[https://www.youtube.com/watch?v=dsY5\\_sQ3kyM&t=5s](https://www.youtube.com/watch?v=dsY5_sQ3kyM&t=5s)
- Kette Eberle, L. D., Maceda, N. E., Kloster, N., Pérez, M., Fernández, R., & Quiroga, A. (2022). Efecto de los cultivos de cobertura en tres momentos de secado sobre uso consuntivo del agua, dinámica de nitrógeno y el rendimiento del cultivo de maíz tardío. *Semiárida*, 32(1), 41-52.  
<https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/5694/7389>
- Ley n° 15.239: *Declaración de interés nacional: Uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinados a fines agropecuarios*. (1981). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-ley/15239-1981>
- Ley n° 18.564: *Regulación del uso y manejo de las aguas y el suelo: Sanciones por incumplimiento*. (2009). IMPO.  
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18564-2009>
- Liori, F., & Sapriza, J. I. (2015). *Determinación de cobertura del suelo durante el período I (modelo erosión 6.0) para cultivos de soja sembrados luego de distintos antecesores* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8656/1/4013lio.pdf>
- Lipton, M. (1968). The Theory of Optimising Peasant. *The Journal of Development Studies*, 4(3), 327-351.
- Maltería Oriental S.A. (2022). *Departamento agrícola*.  
<https://www.malteriaoriental.com.uy/departamento-agricola/>

- Mapamundi. (s.f.). *Mapa de Uruguay*. <https://mapamundi.online/america/del-sur/uruguay/>
- Martin, G., Giorgis, P., Cignetti, N., Milanese, G., Nicola, C., & Turchi, D. (2021). *Evaluación de especies sin finalidad de cosecha - cultivos de servicio*. CREA. <https://www.crea.org.ar/wp-content/uploads/2021/04/Informe-final-Cultivos-de-Servicio-Eusebia-CRosquin-PM-RSFC-20-21.pdf>
- Mason, R., & Halter, A. N. (1985). The application of a system of simultaneous equations to an innovation diffusion model. *Social Forces*, 47(2), 182-195.
- Menéndez, V., & Cardeillac, J. (2013). *Informe cadenas globales de valor: Los casos de la soja y el trigo*. Universidad de la República. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/7287/1/DT%20S%202013%2089.pdf>
- Merlo, S., & de Nadal, M. (2014). Análisis de costos comparados de la producción agrícola en Uruguay y Argentina. En J. Pierri (Ed.), *Producción y comercio de granos 1980-2012: Políticas públicas, grandes empresas y dependencia* (pp. 77-98). Biblos.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2020, 1 de enero). *Planes de uso y manejo de suelos*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/planes-uso-manejo-suelos>
- Mirsky, S. B., Curran, W. S., Mortensen, D. A., Ryan, M. R., & Shumway, D. L. (2009). Control of cereal rye with a roller/crimper as influenced by cover crop phenology. *Agronomy Journal*, 101(6), 1589-1596.
- Morse, R. D. (1993). Components of sustainable production systems for vegetables conserving soil moisture. *HortTechnology*, 3(2), 211-214.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2009). *Anuario estadístico agropecuario 2009*. MGAP. [https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Documentos%20compartidos/Anuario2009/anuario2009\\_0.zip](https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Documentos%20compartidos/Anuario2009/anuario2009_0.zip)
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2015). *Anuario estadístico agropecuario 2015*. MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Documentos%20compartidos/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Anuario estadístico agropecuario 2022*. MGAP. [https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O\\_MGAP\\_Anuario\\_estad%3%ADstico\\_%202022-DIGITAL.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O_MGAP_Anuario_estad%3%ADstico_%202022-DIGITAL.pdf)
- Oficina de Programación y Política Agropecuaria. (2017). *Anuario OPYPA 2017*. MGAP. [https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario%202017/anuario\\_opypa\\_2017.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario%202017/anuario_opypa_2017.pdf)
- Oficina de Programación y Política Agropecuaria. (2022). *Anuario OPYPA 2022*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/book/16089/download>



- Pannell, D. J. (1999, 20-22 de enero). *Uncertainty and Adoption of Sustainable Farming Systems* [Contribución]. 43<sup>rd</sup> Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Christchurch, New Zealand.
- Perdomo, C., Espinoza Troncoso, S., & Mori, C. (2021). *Informe final publicable de proyecto puentes verdes de leguminosas invernales en rotaciones agrícolas: Efectos en el balance de N y P del sistema*. ANII; Udelar.  
[https://redi.anii.org.uy/jspui/bitstream/20.500.12381/547/1/Informe\\_final\\_publicable\\_FMV\\_1\\_2017\\_1\\_135487.pdf](https://redi.anii.org.uy/jspui/bitstream/20.500.12381/547/1/Informe_final_publicable_FMV_1_2017_1_135487.pdf)
- Pinto, P. (2018). *Evaluación de la fijación biológica de nitrógeno y la producción de raíces en distintos cultivos de servicios y sus efectos sobre las reservas de C y N orgánico del suelo* [Disertación doctoral, Universidad de Buenos Aires]. CONICET Digital.  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/147928/CONICET\\_Digital\\_Nro.0ffe9c68-4881-4c62-b014-b4f92f19987a\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/147928/CONICET_Digital_Nro.0ffe9c68-4881-4c62-b014-b4f92f19987a_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Piñeiro, D. (2012). *El caso de Uruguay*. En F. Soto Baquero & S. Gómez (Eds.), *Dinámicas en el mercado de la tierra en América Latina y el Caribe: Concentración y extranjerización* (pp. 521-552). FAO.  
<https://www.fao.org/3/i3075s/i3075s.pdf>
- Piñeiro, D. E., & Cardeillac, J. (2017). The Frente Amplio and agrarian policy in Uruguay. *Journal of Agrarian Change*, 17(2), 365-380.
- Primavesi, A. (1984). *Manejo ecológico del suelo: La agricultura en regiones tropicales*. Ateneo.
- Restovich, S., & Andriulo, A. (2013). Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: Biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 29-35). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1#page=30](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1#page=30)
- Restovich, S. B., Andriulo, A. E., Armas-Herrera, C. M., Beribe, M. J., & Portela, S. I. (2019). Combining cover crops and low nitrogen fertilization improves soil supporting functions. *Plant and Soil*, 442, 401-417. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04205-8>
- Restovich, S., Andriulo, A., Sasal, C., Irizar, A., Rimatori, F., Darder, M., & Hanuch, L. (2006, 19-22 de setiembre). *Absorción de agua y nitrógeno edáficos de diferentes cultivos de cobertura* [Contribución]. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta-Jujuy, Argentina.

- Ridley, N. (2013). Cultivos de cobertura en el sur de Santa Fe: Efectos sobre la eficiencia de barbecho y la porosidad del suelo. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 7-15). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1#page=8](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1#page=8)
- Rimski-Korsakov, H., Álvarez, C. R., & Lavado, R. S. (2016). Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (3), 2-6.  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48332/CONICET\\_Digital\\_Nro.3cf6d0d3-73e7-446e-9d1a-6066312acc7b\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48332/CONICET_Digital_Nro.3cf6d0d3-73e7-446e-9d1a-6066312acc7b_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Rosas, F., Arbeletche, P., Mazzilli, S., Silva, M., Pelocche, D., & Mondelli, M. (2019). *Cuantificación del impacto en el uso de recursos naturales y el medio ambiente de diversos sistemas productivos agrícolas por taxonomía organizacional*. INIA.
- Ruffo, M. L., & Parsons, A. (2004). Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 21(1), 13-15.  
[http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/\\$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf)
- Sá Pereira, E., Galantini, J., & Quiroga, A. (2013). Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño-invierno: Sus efectos sobre la disponibilidad de agua. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 76-82). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=77](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=77)
- Salvagiotti, F., Vernizzi, A., Bodrero, M., & Bacigaluppo, S. (2013). Cambios en el corto plazo en distintas fracciones de la materia orgánica en respuesta a la inclusión de cultivos de cobertura en secuencias basadas en soja. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 88-91). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=89](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=89)
- Sardi, G. M., Flores, M. C., & Herrero, M. A. (2012). Percepción ambiental de productores agropecuarios y docentes rurales del partido de Arrecifes, Buenos Aires (Argentina). *AUGMDOMUS*, 4, 62-79.  
<https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/439/497>
- Sarrantonio, M., & Gallandt, E. (2003). The role of cover crops in North American cropping systems. *Journal of Crop Production*, 8(1-2), 53-74.

- Sawchik, J., Siri Prieto, G., Ayala, W., Barrios, E., Bustamante, M., Ceriani, M., & Zarza, R. (2015). El sistema agrícola bajo amenaza: ¿Qué aportan los cultivos de cobertura y/o las pasturas cortas? En A. Ribeiro & M. Barbazán (Eds.), *IV Simposio Nacional de Agricultura: Buscando el camino para la intensificación sostenible para la agricultura* (pp. 149-168). Facultad de Agronomía.  
[https://www.researchgate.net/profile/Jose-Terra/publication/283582178\\_El\\_sistema\\_agricola\\_bajo\\_amenaza\\_que\\_aportan\\_los\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_yo\\_las\\_pasturas\\_cortas/links/5640f69708ae24cd3e40ce97/El-sistema-agricola-bajo-amenaza-que-aportan-los-cultivos-de-cobertura-y-o-las-pasturas-cortas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Terra/publication/283582178_El_sistema_agricola_bajo_amenaza_que_aportan_los_cultivos_de_cobertura_yo_las_pasturas_cortas/links/5640f69708ae24cd3e40ce97/El-sistema-agricola-bajo-amenaza-que-aportan-los-cultivos-de-cobertura-y-o-las-pasturas-cortas.pdf)
- Silva, M., Mondelli, M., Arbeletche, P., Peloche, D., Rosas, F., & Mazzilli, S. (2016, 20-22 de Julio). *Taxonomía organizacional de la agricultura uruguaya* [Contribución]. III Congreso de Ciencias Sociales Agrarias: Desafíos para el desarrollo rural sostenible frente a los nuevos escenarios, Montevideo.
- Simon, H. A. (1960). *The new science of management decision*. Harper & Brothers.
- Simon, H. A. (1977). *Administrative behavior: A study of decision-making processes in administrative organization* (4<sup>th</sup> ed.). The Free Press.  
[https://accord.edu.so/course/material/administrative-theory-and-behavior-478/pdf\\_content](https://accord.edu.so/course/material/administrative-theory-and-behavior-478/pdf_content)
- Siri-Prieto, G., & Ernst, O. (2011). Raigrás como cultivo de cobertura: Efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. *Cangué*, (31), 18-27.  
[http://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/cangué031\\_siri.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/cangué031_siri.pdf)
- Soutullo, A., Oyhantcabal, G., Santos, C., Nin, M., Arbeletche, P., Achkar, M., & Brazeiro, A. (2013). Impactos socioambientales de la expansión agrícola en Uruguay: Una mirada interdisciplinaria al proceso de “sojización”. En L. Fernández & A. V. Volpedo (Eds.), *Evaluación de los cambios de estado en ecosistemas degradados de Iberoamérica* (pp. 73-90). RED CYTED.
- Teasdale, J. R. (1996). Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*, 9(4), 475-479.
- Torrado, R. (2019). *Diversidad y complejidad de los modelos de toma de decisiones y organización productiva en el sector agropecuario del Noreste Pampeano: Aportes para la mejora de la extensión y el desarrollo rural* [Disertación doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio Institucional de la UNLP.  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74582/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74582/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Verde, S. (2013). Inclusión de cultivos de cobertura en la rotación: Experiencia de un productor. En. C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 165-169). INTA.  
[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1\\_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=166](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/1_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=166)

## **7. ANEXO**

*Encuesta realizada a la población objetivo.*

### **A. Dimensión ambiental**

1. Desde el punto de vista ambiental ¿Cuál es el factor que más le preocupa de la agricultura que realiza? \_\_\_\_
2. ¿En qué medida el cultivo de cobertura/servicio puede mitigar el impacto de ese factor? Marca solo una opción. Menos valorada a más valorada.

1 \_\_\_\_

2 \_\_\_\_

3 \_\_\_\_

4 \_\_\_\_

5 \_\_\_\_

### **B. Visión de los cultivos de cobertura/servicio.**

1. Indique para usted cuales representan los principales beneficios de la inclusión de los cultivos de cobertura/servicio en su sistema de rotación. Seleccione todas las opciones que correspondan.

Reducción de la compactación \_\_\_\_

Reducción de la erosión \_\_\_\_

Reducción del uso de fitosanitarios \_\_\_\_

Reducción del uso de fertilizantes \_\_\_\_

Mejora la eficiencia en el uso del agua \_\_\_\_

Aumento de la diversidad de enemigos naturales \_\_\_\_

No le encuentro beneficios \_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_

2. ¿Cuáles son los factores que más dificultan la adopción de los cultivos de cobertura/servicio como práctica de manejo? Seleccione todas las opciones que correspondan

Consumo de agua para el cultivo siguiente \_\_\_\_

Baja disponibilidad de nutrientes para el cultivo siguiente \_\_\_\_

Incremento de actividades dentro del campo \_\_\_\_

Inversión necesaria \_\_\_\_

Dificultad en la implantación del cultivo siguiente \_\_\_\_

Hospedante de plagas y enfermedades \_\_\_\_

Problemas de malezas luego de finalizado el cultivo \_\_\_\_

Pocas especies se adaptan a mi sistema de producción \_\_\_\_

No hay información suficiente para realizar un correcto manejo \_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_

### C. Caracterización de los cultivos de cobertura/servicio.

1. Años sembrando cultivos de cobertura/servicio. Marca solo una opción.

No siembro cultivos de servicio \_\_\_\_

1 a 4 años \_\_\_\_

4 a 8 años \_\_\_\_

Más de 8 años \_\_\_\_

2. ¿Cuál es el criterio que utiliza para la elección del cultivo de servicio/cobertura? \_\_\_\_\_
3. Indique la importancia que tiene para usted el cultivo de cobertura/servicio sobre las siguientes opciones. Marca solo una opción por fila. 1= Poco importante - 5= Muy importante

Control de la erosión del suelo: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Control de malezas: 1 - 2 - 4 - 5

Aportar nutrientes al suelo: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Aporte de carbono: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Disminuir la compactación del suelo: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Pastoreo: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Disminución del impacto ambiental: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Disminución de costos: 1 - 2 - 3 - 4 - 5

4. Indique la/s especie/s que utiliza principalmente como cultivo de cobertura/servicio. Puede marcar 1 o varias. Seleccione todas las opciones que correspondan.

Avena blanca \_\_\_\_

Avena negra \_\_\_\_

Raigrás \_\_\_\_

Centeno \_\_\_\_

Vicia villosa \_\_\_\_

Trébol Persa \_\_\_\_

Trébol Alejandrino \_\_\_\_

Nabo forrajero \_\_\_\_

Otro cultivo de cobertura gramínea \_\_\_\_

Otro cultivo de cobertura leguminosa \_\_\_\_

Consociaciones Leguminosa + Gramíneas \_\_\_\_

Consociaciones Gramíneas + Crucíferas \_\_\_\_

Consociaciones Leguminosas + Gramíneas + Crucíferas \_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_

5. Método de siembra utilizado principalmente. Puede marcar más de una respuesta. Seleccione todas las opciones que correspondan.

Precosecha altina \_\_\_\_

Poscosecha altina \_\_\_\_

Precosecha avión \_\_\_\_

Poscosecha avión \_\_\_\_

Poscosecha sembradora \_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_

6. ¿Cómo finaliza el ciclo de los CS? Puede marcar más de una respuesta. Seleccione todas las opciones que correspondan.

Control químico \_\_\_\_

Rolado \_\_\_\_

Labranza \_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_

¿Realiza pastoreo de los cultivos de cobertura/servicio?

Si \_\_\_\_

No \_\_\_\_

7. Pensando en los cultivos de cobertura/servicio: ¿Usted toma las mismas decisiones sobre campo “propio” y “no propio”? Responda sólo si realiza cultivos de servicio/cobertura en campo propio y no propio. Marca solo una opción.

Si \_\_\_\_

No \_\_\_\_

8. Pensando en los cultivos de cobertura/servicio: ¿Usted toma las mismas decisiones en las distintas zonas? Responda sólo si realiza agricultura en distintas zonas (Ejemplo: departamentos diferentes). Marca sólo una opción.

Si \_\_\_\_

No \_\_\_\_