



PRINCIPALES OBJETIVOS PARA INCLUIR CULTIVOS DE COBERTURA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL ESTE DE LA PAMPA Y OESTE DE BUENOS AIRES

Trabajo de integración Final presentado para obtener el título de: Especialista en Manejo
Integrado de Plagas en Cultivos Extensivos

Autor: Ing. Agr. Rodríguez, Laura Adriana

Tutor: Dr. Quiroga, Alberto Raúl. Cátedra: Manejo de Suelos

Evaluadores: Dr. Álvarez, Cristian Osvaldo. INTA ó Facultad de Agronomía (UNLPam)

Dr. Riestra, Diego René. Facultad de Agronomía (UNLPam)

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Santa Rosa (La Pampa) ó Argentina. 2023.

Resumen.

Son conocidos los beneficios del uso de cultivos de cobertura (CC) por los profesionales que trabajan en los sistemas productivos de la región semiárida/subhúmeda pampeana. Mediante una encuesta realizada a 50 profesionales, los mismos señalan los principales objetivos por los cuales se incluyen CC en la rotación: control de malezas (52% de los encuestados), mejora de las características físicas del suelo (48%), erosión eólica (40%), mejorar el balance del agua (30%), mejorar la fertilidad del suelo (24%), entre otros. En virtud de estos resultados obtenidos se decidió abordar distintos aspectos de los 2 objetivos que con mayor frecuencia fueron señalados por los profesionales de la región. En general, las investigaciones consultadas muestran que es posible mitigar la incidencia de malezas y reducir el uso de herbicidas mediante la inclusión de CC. De la misma manera existe información sobre la contribución de los CC a la mejora de las propiedades físicas de los suelos. En este sentido existe coincidencia en que se requieren efectos acumulados de varios años de CC para incidir positivamente sobre la estructura de estos.

Palabras claves: Molisoles, propiedades físicas, control malezas.

Abstract.

The benefits of using cover crops (CC) are well known by professionals who work in the production systems of the semiarid/subhumid Pampas region. Through a survey of 50 professionals, they indicate the following as the main objectives for which CC is included in the rotation: weed control (52% of those surveyed), improvement of the physical characteristics of the soil (48%), wind erosion (40%), improve water balance (30%), improve soil fertility (24%), among others. Based on these results, this work addressed different aspects of the 2 objectives that were most frequently indicated by professionals in the region. In general, the research consulted shows that it is possible to mitigate the incidence of weeds and reduce the use of herbicides by including CC. In the same way, there is information on the contribution of CC to the improvement of the physical properties of soils. In this sense, there is agreement that the cumulative effects of several years of CC are required to have a positive impact on their structure.

Keywords: Mollisols, physical properties, weed control.

INTRODUCCIÓN

El interés por cuidar y preservar el recurso suelo sigue aumentando, considerando tanto sus propiedades físicas (estructura, textura, aireación, etc.) como químicas (contenido de nutrientes, materia orgánica, etc.). A esto se suma la preocupación por el cuidado del ambiente, principalmente en lo referido al uso de agroquímicos para el control de plagas, y la necesidad de un manejo integrado de las mismas para reducir efectos no deseados sobre los recursos agua y suelo. Esto se enmarca en una constante búsqueda de sistemas de producción cada vez más sustentables. La inclusión de *cultivos de cobertura* (CC) en la rotación puede contribuir a mitigar varios de estos efectos no deseados. Erosión hídrica y eólica, pérdida de materia orgánica, densificación de suelos, incidencia de malezas y elevado uso de herbicidas, lixiviación de nutrientes, ascenso de napas, salinización de los suelos son algunos de los efectos que pueden afectar negativamente las propiedades de los suelos (Buratovich y Acciaresi, 2022; Giannini et al., 2020; Restovich et al., 2019; Álvarez et al., 2013; Unger y Vigil, 1998).

Según la Bolsa de Cereales (Retas, 2023), la siembra de cultivos de servicios es realizada por el 19 % de los productores argentinos (Figura 1). Después de cinco campañas de aumento constante, este indicador ha alcanzado un piso y se ha mantenido estable desde la campaña 2019/20. En la campaña 2020/21 la tendencia positiva pasó a estabilizarse, mostrando un piso de productores que incorporó la tecnología y que ha mantenido a pesar de las campañas secas.

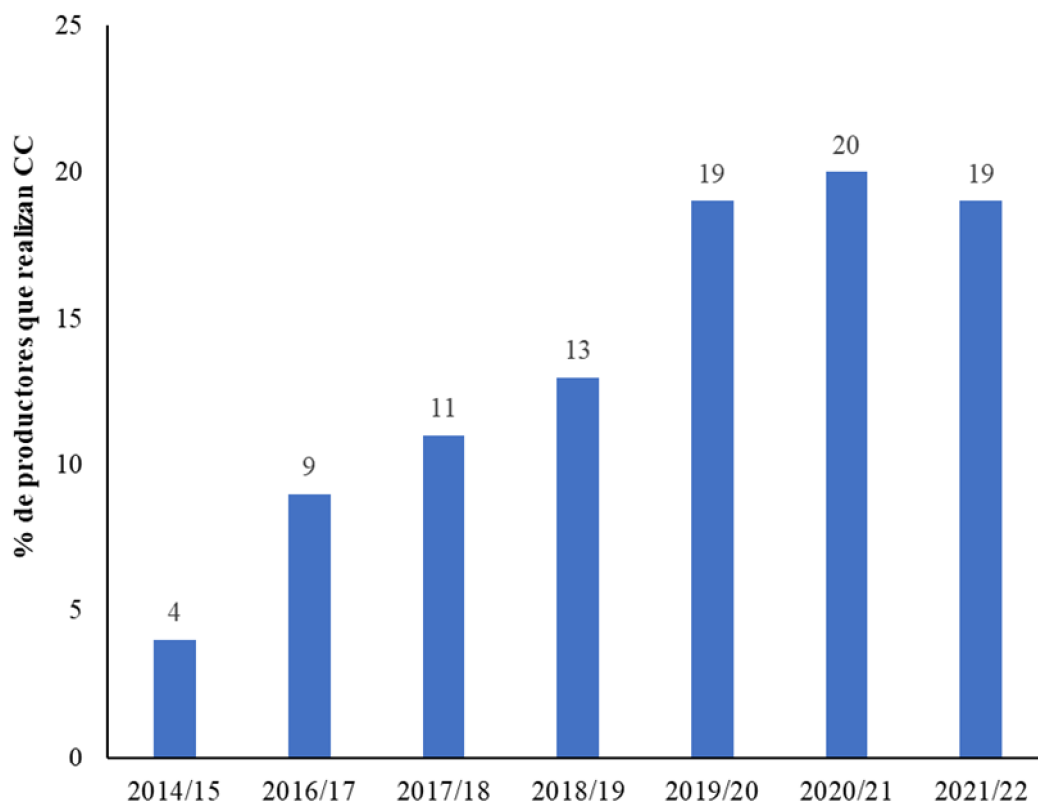


Figura 1. Evolución de los cultivos de coberura/servicio según datos relevados a productores en Argentina. Tomado de Retas, 2023.

La inclusión de CC consiste en sembrar un cultivo con el fin de generar cobertura y disminuir algunos de los efectos negativos considerados anteriormente, se presentan también como una oportunidad para mejorar el ciclo/dinámica de los nutrientes, fijar biológicamente N reduciendo los requerimientos de fertilizantes e incrementando la eficiencia de uso de agua (EUA) al incidir positivamente sobre la captación, almacenaje, conservación y uso de esta. Principalmente durante barbechos largos que median entre secuencias continuas de cultivos de verano, donde el agua de las precipitaciones puede perderse por evaporación (Rimski-Korsakov et al. 2015, Restovich et al., 2022; Fernández et al., 2008). Las prácticas agronómicas también afectan el consumo y la eficiencia en el uso del agua (EUA) (Videla Mensague et al., 2020), recurso que constituye una de las principales limitantes de la producción agrícola. La EUA varía entre especies, debido a su tipo de metabolismo C3 o C4, composición de la biomasa y a las características del uso del agua (Rattalino Edreira et al., 2018). Sin embargo, los resultados de incluir CC en la rotación resulta

muy variables entre sitios (Unger y Vigil, 1998), dada la cantidad de factores involucrados (clima, suelo, manejo) y la fuerte interacción entre ellos durante el ciclo del CC, barbecho y cultivo sucesor (Galantini, 2008).

Los CC pueden mejorar la infiltración del agua de lluvia y con ello el almacenaje en el perfil, reduciendo la pérdida de agua por escurrimiento superficial, dando lugar a mayores rendimientos en los años secos (Hoyt et al., 2004). Diversos autores (Fernández et al., 2005; Duarte, 2002 y Quiroga, 2011), en estudios desarrollados sobre Haplustoles de la región semiárida y subhúmeda pampeana comprobaron que, en años con precipitaciones normales, durante barbechos largos y en suelos de baja capacidad de retención de agua, los CC aumentaron la EUA de los cultivos de cosecha respecto a los sin CC. Sin embargo, también se admite que el consumo hídrico de los CC durante el invierno podría interferir en la recarga del perfil y en la disponibilidad de agua para el cultivo sucesor (Duarte, 2002; Sicana et al., 2008, Munawar et al., 1990). Fernández et al. (2007) lo denominaron *costo hídrico* y calcularon la disminución en el contenido de agua útil para el cultivo de verano por haber incluido CC entre 30 y 100 mm. Al respecto, Unger y Vigil (1998) hallaron que los CC disminuyen el agua en el suelo en su etapa de crecimiento y conservan agua cuando finalizan su ciclo, y se encuentran como residuos sobre la superficie del suelo. Estos autores manifiestan que en regiones húmedas y subhúmedas los CC permiten recargar el perfil de suelo con agua de las precipitaciones, pero en regiones semiáridas los CC a menudo disminuyen los rendimientos de los cultivos sucesores en la medida que condicionan la recarga hídrica de los perfiles.

Otro aspecto potencialmente beneficioso de los CC sería la absorción (captura) de nitratos con la consecuente retención del nitrógeno en su biomasa (N), lo que disminuiría las pérdidas por lixiviación que ocurrirían sin presencia del cultivo, principalmente durante barbechos largos. Esta incorporación de N en biomasa de los CC puede condicionar la disponibilidad del mismo de acuerdo a la relación C/N de los residuos. A bajas relaciones (<25) predominan procesos de mineralización (aporte de N al cultivo sucesor) mientras que, a altas relaciones predominan procesos de inmovilización y los nutrientes contenidos en biomasa no estarían disponibles cuando el cultivo sucesor los requiere. Reicosky y Archer (2005) mencionan que el N incorporado al suelo proveniente de biomasa es más eficientemente utilizado por las plantas que el N derivado

de fertilizantes. Scianca et al. (2006), en un Hapludol thapto-árgico, encontraron que la retención de N por parte de centeno como CC puede representar entre 36 y 41 kg N ha⁻¹ con relación a sin CC. Esto mismo fue hallado en Haplustoles énticos por Fernández et al. (2007), que cuantificaron entre 18 y 34 kg ha⁻¹ menos de N en el suelo bajo centeno como CC comparado con su par sin CC. Sin embargo, el efecto benéfico de la contribución de N por parte del CC sucedería si este N estuviera disponible durante el período de mayor demanda del cultivo de verano (Ranells y Wagger, 1996). Es decir, de una adecuada sincronización entre oferta del N contenido en el CC y momento en que es requerido el mismo por el cultivo sucesor. Además, la disponibilidad del N de los residuos de los CC dependerá de la tasa de mineralización, que se encuentra directamente relacionada a las condiciones ambientales y como se expresó con anterioridad a su relación C/N. Kuo y Jellum (2002), concluyeron que los CC con especies no leguminosas de alta relación C/N presentaron escaso o nulo aporte de N al cultivo sucesor. En relación con lo expresado anteriormente, Allison (1966) ya mencionaba que podrían ocurrir procesos antagónicos, como inmovilización con alta relación C/N o mineralización neta con baja relación C/N. Valores entre 25 y 30 para la relación C/N han sido sugeridos como umbrales entre mineralización neta e inmovilización de N (Fu et al. 2021; Manso y Forján, 2016; Menéndez y Hilbert, 2013; Sarkar et al., 2020; Turmel et al., 2015).

Fernández et al. (2007) y Scianca (2010) encontraron rendimientos de cultivos de maíz y soja iguales o mayores en aquellas secuencias que incluían CC como antecesores, respecto de los testigos sin CC (barbecho largo); mientras que Álvarez et al. (2006) no encontraron diferencias en el rendimiento de soja establecida sobre CC secados en distintos momentos. En tanto, Ross, 2017 trabajando en suelos de Sudeste Bonaerenses registró mermas en el rendimiento de maíz sobre CC al demorar el secado.

Los CC brindan múltiples servicios/contribuciones (Figura 2). Una de las indicadas con mayor frecuencia, es la importante incidencia sobre las malezas, reduciendo la densidad y diversidad de estas y propiciando un menor uso de herbicidas (Baigorria et al., 2022; Buratovich y Acciaresi, 2022). Numerosos estudios muestran el efecto benéfico de los CC ha sobre el control de malezas y da sustento a la posibilidad de reducir dosis y/o suprimir en algunos casos el uso de herbicidas durante los cultivos sucesores (Liebman y Davis, 2000; Fisk et al., 2001; Fernández et al., 2012;

Alessandria et al., 2012; Servera et al., 2016; Trolowe et al., 2017; Buratovich y Acciaresi, 2022). Aunque la mayoría de los CC generalmente reducen el desarrollo de las malezas, las gramíneas pueden tener mayor control sobre las mismas, respecto a las leguminosas, ya que son más precoces en el desarrollo de biomasa aérea/tasa de crecimiento y sistema radicular más rápido (Rillo, 2022).

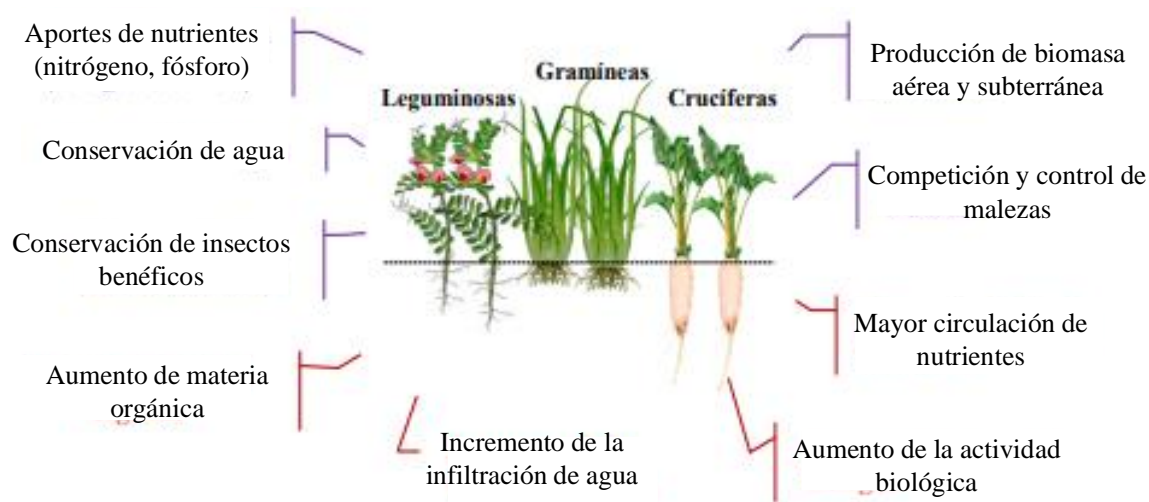


Figura 2. Aportes principales de los cultivos de cobertura según sean Leguminosas, Gramíneas o Crucíferas. Las líneas moradas indican los beneficios directos que los CC generan en el cultivo sucesor y las líneas rojas, los que se producen en el suelo. Tomado de Restovich (2023).

Con la finalidad de conocer la importancia que se le asigna a los CC y los principales objetivos por los cuales los mismos son incluidos en los sistemas de producción de la región semiárida/subhúmeda pampeana se plantearon los siguientes objetivos:

- Relevar, mediante encuesta a profesionales, los beneficios por los cuáles se utilizan los CC en los sistemas de producción del centro-este de La Pampa y del oeste de Buenos Aires.
- Analizar, en base a la información disponible, la importancia de la cobertura y la contribución de los CC sobre los dos objetivos que con mayor frecuencia fueron señalados por los profesionales de la región.

METODOLOGÍA

Se realizó una encuesta dirigida a profesionales vinculados a la actividad agropecuaria en los sistemas productivos centro-este de La Pampa y del oeste de Buenos Aires. La encuesta se confeccionó en formato de Formularios Google y se difundió por comunicación telefónica. Constó de 2 preguntas tendientes a conocer los principales objetivos por los cuales el profesional decide incluir CC en la rotación y cuáles son las especies/cultivares que utiliza para alcanzar los mismos. A fin de ubicar geográficamente el área de trabajo se realizaron preguntas complementarias (Figura 3).

The image shows a Google Form titled "Datos de contacto" (Contact Data). The form is designed to collect information from agricultural professionals. It includes a title, a brief description of the survey's purpose, and several input fields:

- Nombre y Apellido ***: A required short text field for the respondent's name and surname.
- Correo electrónico ***: A required short text field for the respondent's email address.
- Localidad ***: A required long text field for the respondent's location.
- Número de teléfono**: A short text field for the respondent's phone number.
- ¿Con qué finalidad incluiría cultivos de cobertura en los sistemas de producción en donde usted desarrolla la actividad? ***: A required long text field asking for the purpose of including cover crops.
- ¿Qué especies/cultivares usted está utilizando para dicha finalidad? ***: A required long text field asking for the species or cultivars used for the stated purpose.

Figura 3. Encuesta dirigida a los profesionales tendiente a reconocer los principales objetivos por los cuales deciden incluir CC y las principales especies utilizadas.

A partir de esta información se realizó un análisis de frecuencia de los beneficios por los cuales el profesional incluye CC en los sistemas productivos y de cuáles son los cultivos más utilizados.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Se realizaron 50 encuestas de las cuales el 63.4 % corresponden al este de La Pampa, el 32.6% al oeste de Buenos Aires y un 4% al sur de Córdoba. En la Figura 4, se puede observar la distribución geográfica de los encuestados, lo cual permite analizar si existe una relación directa entre objetivos/beneficios y el ambiente en donde desarrollan la actividad.

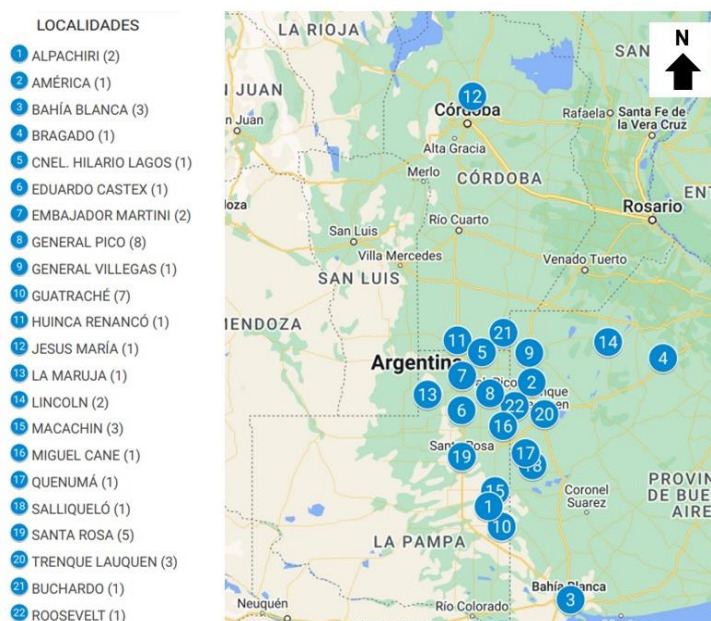


Figura 4. Mapa de distribución geográfica de los encuestados agrupados por localidades. Entre paréntesis se indica el número de encuestados por localidad (n=50).

En cuanto a la finalidad que persiguen los técnicos al incluir CC, se mencionaron 14 objetivos distintos (Figura 5), siendo los de mayor frecuencia el control de malezas (52%) y la mejora de las características físicas del suelo (48%). Según información de productores en SD (red cultivos

de cobertura Aapresid, 2019) la práctica reduce significativamente el nivel de malezas e incrementa la captación de agua/productividad, rendimiento y sanidad.

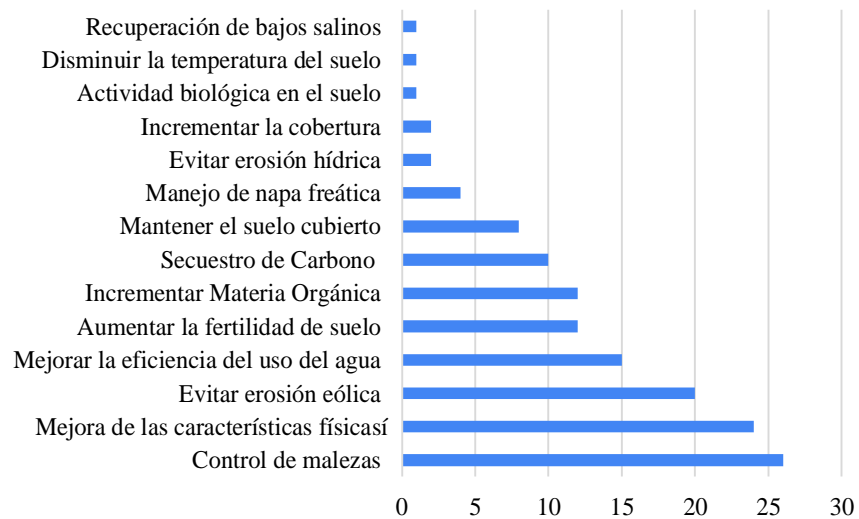


Figura 5. Frecuencia de objetivos por los cuales incluir cultivos de cobertura en la rotación.

En la Figura 6 a se representa geográficamente aquellos sitios en los cuales los profesionales utilizan CC para mitigar la incidencia de malezas e influenciar positivamente sobre propiedades físicas (Figura 7).

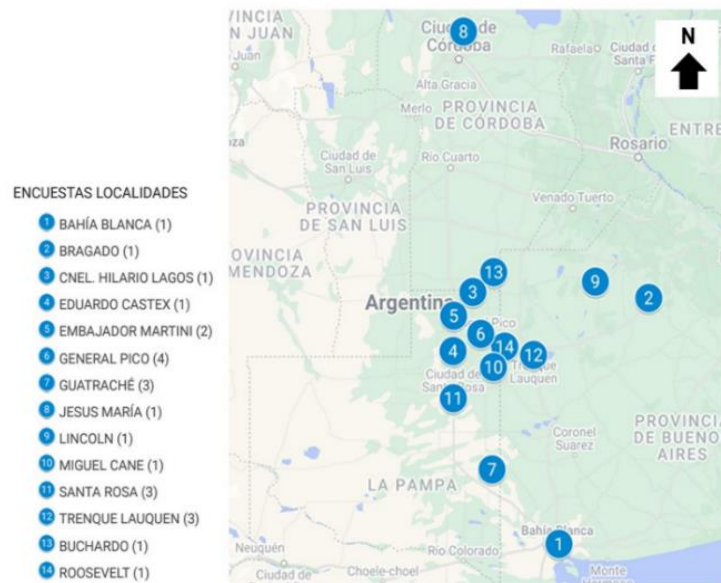


Figura 6. Mapa de distribución geográfica de los encuestados cuyo principal objetivo es el control de maleza (n=50).

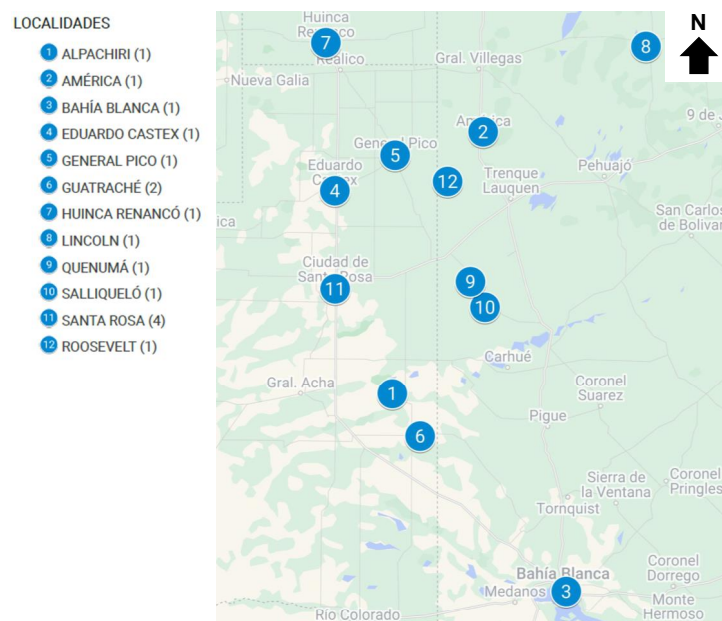


Figura 7. Mapa de distribución geográfica de los encuestados cuyo principal objetivo es mejora de las propiedades físicas (n=50).

En el área del estudio estuvo presente el objetivo de contribuir al control de malezas a través de la

inclusión de CC (Figura 6). Complementariamente los profesionales señalaron como ventaja el menor uso de herbicidas y lo estratégico que pueden resultar los CC ante la presencia de malezas (diversidad y número) resistentes al control con herbicidas.

Como resultado de la encuesta se observa que son diversas las especies utilizadas como CC (Figura 8). Del análisis se descartaron las respuestas que consideraban a los cultivos de cosecha (sorgo, maíz, moha y soja) y pasturas (agropiro y melilotus), ya que no son CC. Entre las gramíneas predominan en el siguiente orden: centeno (*Secale cereale*), triticale (*Triticosecale*) y avena (*Avena sativa*). Entre las leguminosas se destaca vicia (*Vicia sp*), sola o en combinación con gramíneas, principalmente centeno y avena. En estos casos se indica que las gramíneas aportan su elevada producción de materia seca y la leguminosa el aporte de nitrógeno por fijación biológica. En definitiva, se suman ambos beneficios siendo centeno + vicia la combinación más utilizada.

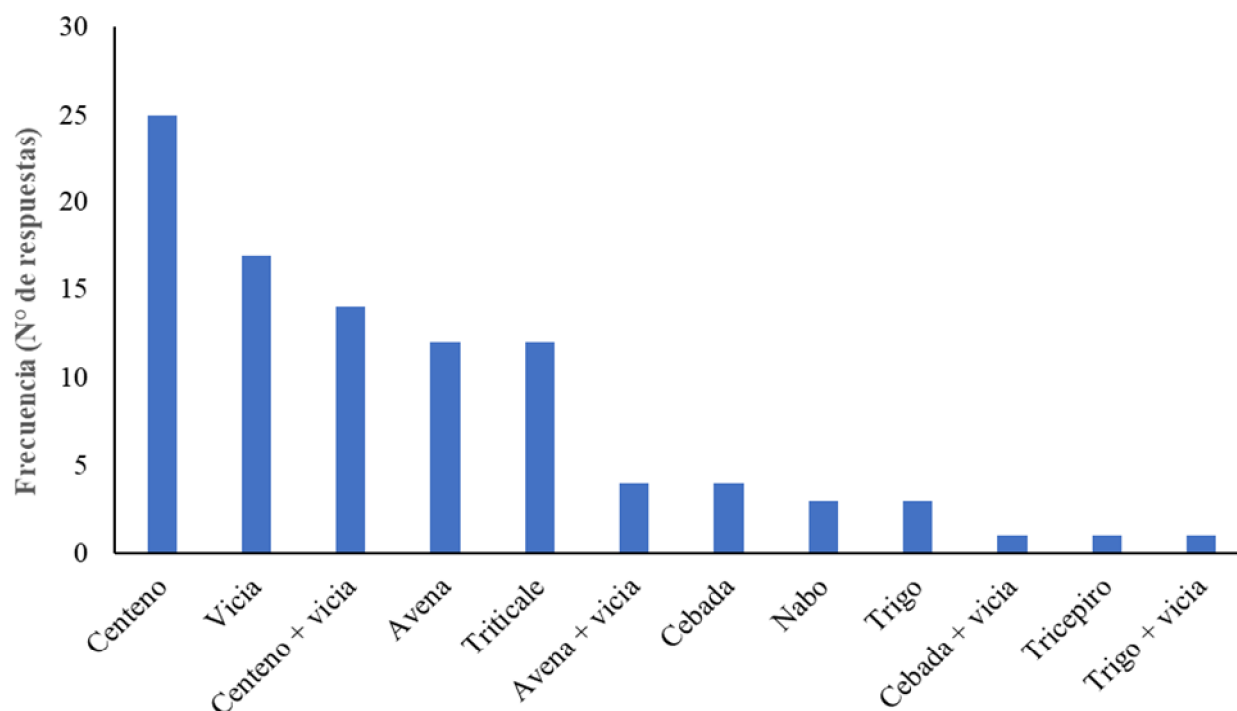


Figura 8. Frecuencia de utilización de cultivos para CC obtenidos de los resultados de la encuesta realizada a profesionales.

Los resultados de la encuesta se complementaron con una revisión bibliográfica tendiente a reunir parte de la información que se ha generado en relación con la inclusión de CC tendiente a reducir la presión de malezas (1) y beneficiar la condición física de los suelos (2). Teniendo en cuenta que ambos usos resultaron los más frecuentes señalados en la encuesta.

En relación con la influencia sobre malezas.

Un estudio conducido por Fernández et al. (2008), coincidente con el área encuestada (sur de Córdoba, este de La Pampa y oeste de Bs As), muestra el efecto de la interacción entre las condiciones específicas del sitio, la cobertura de residuos y el control de malezas sobre el almacenamiento de agua durante el barbecho. Se analizaron los siguientes parámetros: nivel de

residuos, presencia de malezas, agua disponible, profundidad del perfil y precipitaciones durante el barbecho. Las condiciones específicas del sitio relacionadas con la capacidad de almacenaje de agua (CRA) afectaron el almacenamiento de agua durante el barbecho (Figura 9). Los suelos con valores más altos de CRA mostraron al final del barbecho mayores contenidos de agua útil. Sin embargo, la densidad de malezas fue, en cada ambiente, el factor más importante que incidió sobre la disponibilidad de agua, con un promedio de 35 mm menos en los barbechos donde no se controló la maleza.

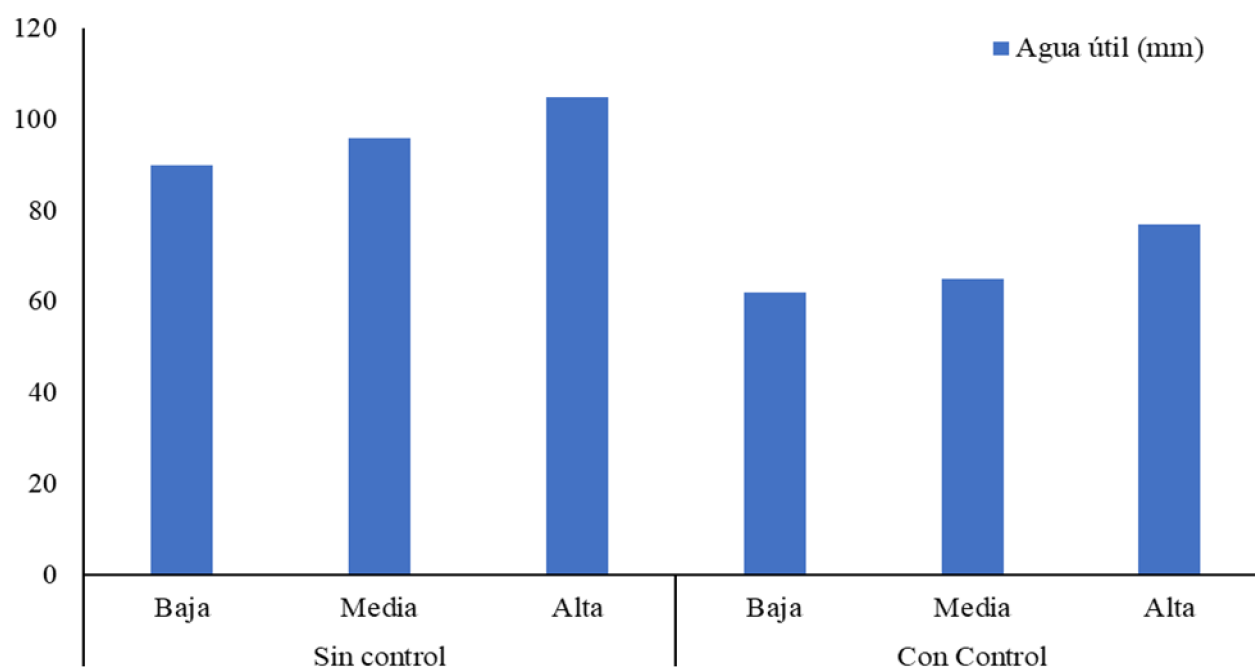


Figura 9. Contenidos de agua disponible inicial y final en tratamientos con distintos niveles de cobertura de residuos con y sin control de malezas. Adaptado de Fernández et al. (2008).

En segundo lugar, el nivel de cobertura de residuos alto (6000 kg ha^{-1}) tuvo un efecto positivo sobre el almacenaje de agua (+ 18,5 mm) respecto del tratamiento con baja (2000 kg ha^{-1}) cobertura (Figura 10). Entre los manejos del barbecho, los manejos alternativos con CCA y CCM mejoraron la mayoría de los indicadores analizados, respecto al barbecho testigo. En

concordancia con estos resultados, en experimentos de largo plazo conducidos en Córdoba (Basanta et al., 2016), Santa Fé y Buenos Aires (Martínez et al., 2013), se observó que la inclusión de una gramínea como cultivo de cobertura (CC) en un sistema de monocultivo de soja, mejora significativamente los aportes de residuos vegetales, manejo del agua y como consecuencia mayores niveles de carbono orgánico del suelo.

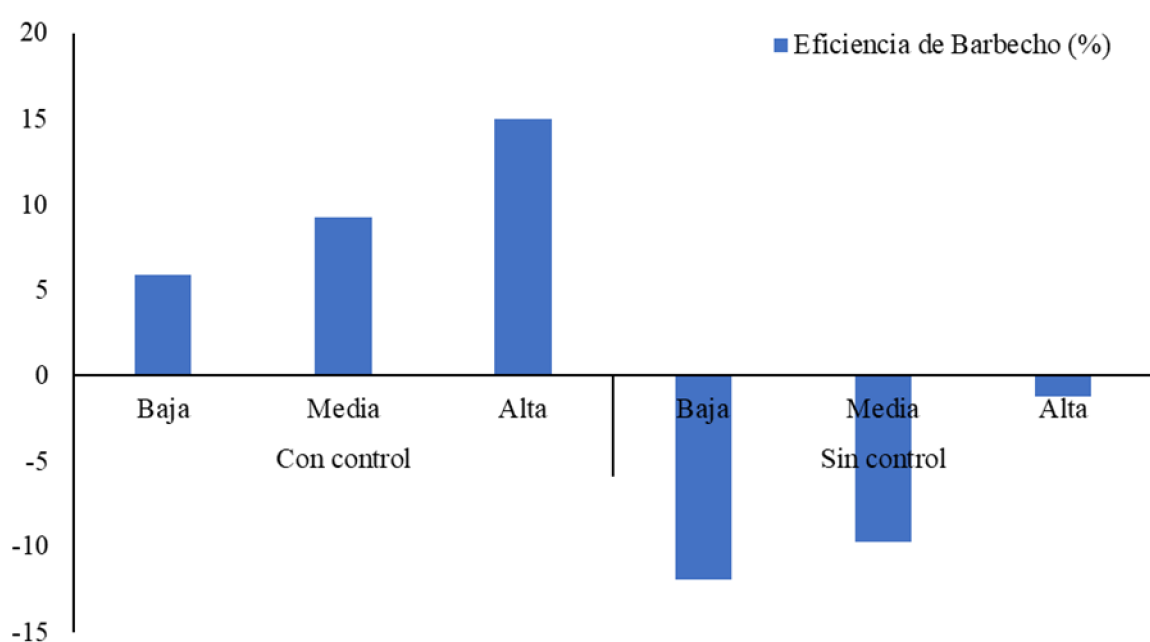


Figura 10. Eficiencia del barbecho en tres niveles de cobertura de residuos (bajo, medio y alto) con control y sin control (testigo) de malezas. Adaptado de Fernández et al. (2008).

Se observó una interacción entre el nivel de residuos y la densidad de malezas (Figura 11). De esta manera, este estudio muestra que los resultados de incluir CC en la rotación (efecto sobre malezas) resultarían dependientes del ambiente (textura, profundidad perfil, CRA) y del nivel de cobertura.

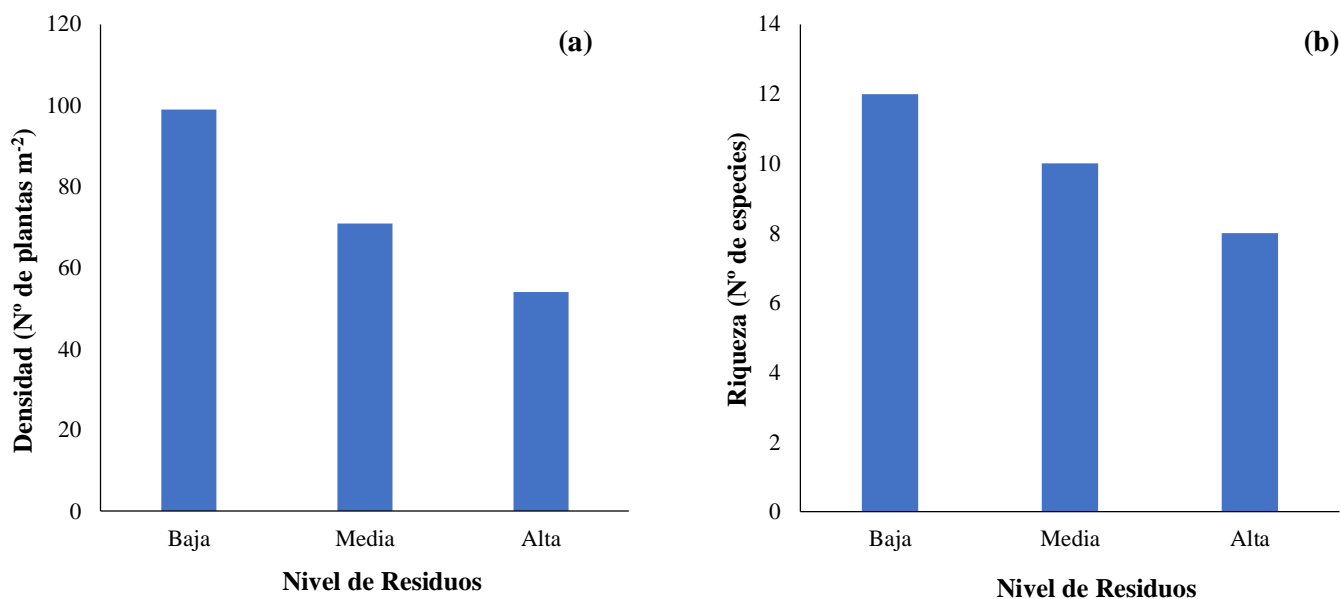


Figura 11. Densidad (a) y riqueza de especies (b) en el tratamiento sin control de malezas durante el barbecho para tres niveles de residuos (bajo, medio y alto). Adaptado de Fernández et al 2012.

La menor incidencia de malezas en los CC ha sido comprobada con distintos estudios (Liebman y Davis, 2000; Fisk et al., 2001; Fernández et al., 2012; Servera et al., 2016) y posibilita la reducción y/o supresión de algunos herbicidas en los cultivos sucesores. Aunque la mayoría de los CC generalmente reducen el desarrollo de las malezas, las gramíneas pueden tener un mayor y más temprano control respecto a las leguminosas, ya que las mismas son más precoces en su desarrollo (Rillo, 2022). Este estudio fue conducido sobre un Hapludol de la provincia de Bs As, donde en monocultura de soja (periodo 2005-2015) se evaluó el efecto de la inclusión de cereales de invierno como CC sobre las malezas (Figura 12).

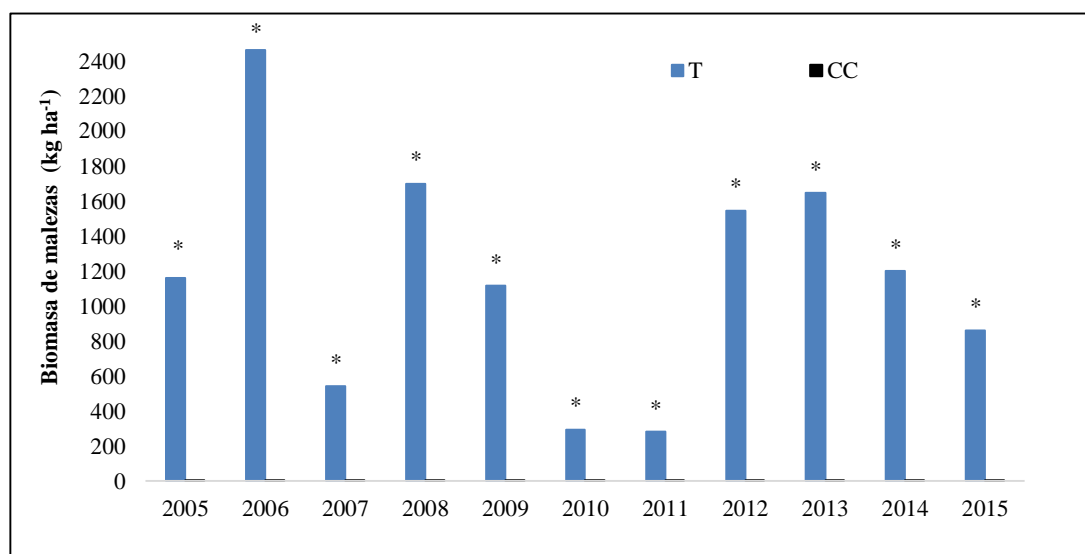


Figura 12. Biomasa aérea de malezas (kg MS ha⁻¹) para los tratamientos testigo (T, sin CC) e inclusión de CC durante el barbecho que tiene lugar entre cultivos sucesivos de soja (CC). * indica diferencias significativas entre tratamientos. Adaptado de Rillo (2022).

De manera coincidente, en diferentes estudios (Scianca et al., 2006, Liebman y Davis 2000) se ha comprobado que la cobertura puede reducir la densidad y biomasa de malezas. Mholer (1996) observó que la cobertura del suelo condicionó negativamente la cantidad de malezas, limitando la emergencia de las mismas. Trabajos realizados por Baigorria (2022), muestran cambios significativos en el número y biomasa de malezas asociados a tipo de especie utilizada (gramíneas y leguminosas) y forma de secado (herbicida vs rolado).

En relación con la condición física de los suelos.

Distintos autores coinciden en que los CC pueden influir sobre propiedades físicas del suelo a través de distintos mecanismos: (i) incremento de la cobertura superficial, (ii) incorporación de materia orgánica (MO) y (iii) presencia de sistemas radicales. Comprobándose efectos positivos sobre propiedades tan importantes como la estabilidad estructural (Blanco-Canqui et al., 2015).

Al mejorar la estructura y agregación pueden aumentar la porosidad total y macroporosidad y disminuir parámetros de compactación de los suelos como densidad aparente y resistencia a la penetración (Rillo, 2022; Villareal, 2023). Este comportamiento estaría dado por la sensibilidad de estos parámetros a pequeños cambios en MO que reducen la compactabilidad; por incremento en la resistencia del suelo a la deformación y/o por incremento en la elasticidad del suelo dando lugar a una menor susceptibilidad de los suelos a la compactación (Quiroga et al., 1998). Se ha comprobado que los CC pueden reducir el encostramiento superficial incrementando la tasa de infiltración y consecuentemente la actividad biológica de los suelos. Un mayor aporte de raíces normalmente afecta la estabilidad estructural del suelo en forma directa, mediante la liberación de compuestos orgánicos hacia la rizósfera (efecto de adhesión o cementante) e indirecta mediante estimulación microbiana y las hifas de hongos (Frasier et al., 2020). Otro efecto es el entramado de agregados por parte de las raíces como así también de las hifas de hongos micorrízicos, frecuentemente asociados a las mismas, que pueden influir en la agregación del suelo (Rillo, 2022; Torres Gerrero et al., 2013) y salud de los suelos (Kaye y Quemada, 2017).

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de un ensayo de larga duración de Fernández et al. (2020), los cuales encontraron cambios en las propiedades físicas del suelo. La cobertura vegetal fue un 18% superior en los tratamientos Soja en Rotación (SR). La infiltración fue influenciada positiva y significativamente por la inclusión de gramíneas, incrementándose en un 70% respecto de la Soja Continua (SC). La distribución del agua en el perfil del suelo, luego de realizado el ensayo de infiltración, muestra que en SR el frente de humedad se extendió a mayor profundidad, lo cual se relaciona con el mejor funcionamiento del sistema poroso y la mayor

conductividad hidráulica respecto de SC. Esta mejora en la captación y distribución del agua estaría indicando, al mismo tiempo, una mejora en el acceso al agua almacenada en el suelo (y seguramente nutrientes) por parte de los cultivos. Esto podría explicar en parte las diferencias de rendimiento registradas. Por otra parte, se puede inferir que las gramíneas fueron efectivas en incrementar la porosidad en los primeros 10 cm del perfil, la cual se correspondió con una mayor conductividad hidráulica (K). Esta variable presentó valores inferiores bajo soja continua respecto a SR. Los resultados obtenidos también mostraron que los valores de K presentaron menor coeficiente de variación en la SR con respecto a SC. Los valores de densidad aparente y densidad aparente máxima (obtenida mediante test Proctor) fueron mayores en SC, con respecto a los valores hallados en SR. Se encontró una mayor cobertura en SR y por ende una reducción en el porcentaje de encostramiento superficial, el cual, varió de un 37% en SC a un 17% en SR.

Tabla 1. Cobertura, encostramiento, densidad aparente (DA), densidad aparente máxima (DAM), infiltración básica (IB), conductividad hidráulica (K) y porosidad total (PT), en el cultivo de soja continua (SC) y en soja en rotación (SR) Fernández et al., (2020).

	SC	SR
Cobertura (%)	46	64
Encostramiento (%)	37	17
DA (gcm ⁻³)	1,25	1,23
DAM (gcm ⁻³)	1,42	1,38
IB (mm min ⁻¹)	0,6	1,1
K (cm h ⁻¹)	7,9	11,7
Raíces deformadas (%)	30	19

En la misma región y en ensayos de larga duración de CC, Uhaldegaray et al., (2021), registraron

disminuciones en la densidad aparente del estrato superficial, mejoras en la infiltración, estructura (mayor presencia de raíces en agregados y colores más oscuros,) efectos sobre la MO (total y fracciones), y sobre las propiedades físicas en general, por efectos acumulados de la inclusión de cultivos de cobertura en planteos con alta frecuencia de silo.

En resumen, se podría afirmar que, la introducción de CC en las rotaciones agrícolas en sistemas de SD puede, incorporación de abundante biomasa aérea y radicular, reducir los procesos de compactación del suelo, aumentando la macroporosidad, mejorando así calidad física del suelo, indirectamente incrementando la infiltración del agua. Adicionalmente, en los últimos años se ha reportado la presencia de distintos contaminantes de origen agrícola en el perfil de suelo, que pueden migrar hacia mayores profundidades o persistir en el perfil de suelo, implicando un serio problema ambiental (Villareal, 2023). En este sentido, la introducción de CC permite reducir la biomasa y número de malezas presente, sumado a esto, la reducción del número de aplicaciones de herbicidas previas a la siembra del cultivo principal, como también una mayor actividad biológica en el suelo, lo cual favorece los procesos de degradación de los distintos contaminantes (Rillo, 2022 y Villareal, 2023).

CONCLUSION

Los CC pueden contribuir significativamente en los actuales sistemas de producción de las regiones semiárida y subhúmeda pampeanas sobre más de 20 objetivos de estos. Los profesionales de estas regiones han considerado en los últimos años la posibilidad de incluir CC, principalmente, para reducir la incidencia de malezas propiciando un control integrado de las mismas. Ello ha posibilitado en algunos casos reducir el uso de herbicidas y con ello, minimizar

los riesgos de contaminación del ambiente. También, frente al avance de la degradación física de los suelos que condiciona una menor eficiencia de uso del agua, los encuestados han considerado la importante contribución que los CC pueden tener en cuanto a mejorar la captación, almacenaje, conservación y uso eficiente del agua. En tercer lugar, objetivo no desarrollado en este trabajo, es necesario resaltar el efecto de las leguminosas, especialmente vicia, mediante la fijación biológica de N y la consecuente reducción del uso de fertilizantes. Sobre esta temática también existe importante información generada en la región que dan sustento a la práctica e incrementan la sustentabilidad de los sistemas productivos de región pampeana y extrapampeana.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por su comprensión y apoyo durante el transcurso de mi formación.

A mi tutor de trabajo Dr. Alberto Quiroga que, con sus conocimientos, orientación, manera de trabajar, persistencia, paciencia y motivación ha sido fundamentales para el desarrollo del trabajo final.

A los profesionales encuestados del área en estudio, que con su buena predisposición contestaron la encuesta contribuyendo a la realización del presente trabajo.

Y a todas las personas que de una y otra forma me acompañaron y apoyaron, compañeros de trabajo de la AER INTA Guatraché, Escuela de Post Grado de la Facultad de Agronomía de UNLPam.

BIBLIOGRAFÍA

Aapresid. 2019. Las 5 razones por las que los cultivos de servicio son excelentes antecesores - Infocampo. Las 5 razones por las que los cultivos de servicio son excelentes antecesores.

Alessandria, E.; Arborno, M.; Leguía, H.; Pietrarelli, L.; Sánchez, J. y Zamar, J. 2013. Introducción de cultivos de cobertura en agroecosistemas extensivos de la región central de

Córdoba. Cultivos de Cobertura, 128.

Álvarez, C.; Quiroga, A.; Noellemeyer, E.; y Fernández, R. 2013. Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción.

Baigorria, T. 2022. Evaluación del método de control (químico vs rolado) sobre cultivos de cobertura y su influencia en la dinámica del agua y las malezas. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Pág. 97.

Basanta, M.; Perrone, J. y Giordano, E. 2016. Evaluación de especies de cultivos de cobertura en INTA Rafaela. Información Técnica de Trigo y Otros Cultivos de Invierno, 131, 75682.

Fernández, R.; Alvarez, C.; Owen, E.; Reinaldo, E. y Quiroga, A. 2020. Efecto del uso de cultivo de cobertura en una secuencia de soja continua en la región semiárida pampeana.

Fernández, R.; Quiroga, A. y Noellemeyer, E. 2013. Cultivo de cobertura como antecesor del cultivo de maíz en la Región Semiárida Pampeana. *Cultivos de cobertura*, 117.

Fernández, R., Quiroga, A.; Noellemeyer, E.; Saks, M.; Arenas, F.; y Antonini, C. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en sistemas de producción de la Región Semiárida Pampeana. Manual de fertilidad y evaluación de suelos, EEA INTA Anguil, 89, 55-65.

Fernández, R.; Quiroga, A.; Noellemeyer, E.; Funaro, D.; Montoya, J.; Hitzmann, B. y Peinemann, N. 2008. A study of the effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. *agricultural water management* 95(9), 1028-1040.

Fernández, R.; Peinemann, N. y Quiroga, A. 2007. Efecto de la cobertura del suelo durante el barbecho para cultivos estivales en la región semiárida pampeana. Universidad Nacional del Sur. Pág xx?

Fisk, J.; Hesterman, O.; Shrestha, A.; Kells, J., Harwood, R.; Squire, J. y Sheaffer, C. 2001. Weed suppression by annual legume cover crops in no tillage corn. *Agronomy journal*, 93(2), 319-325.

Frasier, I.; Quiroga, A.; Fernández, R.; Álvarez, C. y Noellemeyer, E. 2020. La importancia de las raíces sobre los procesos del suelo. Manual CREA. ISBN: 978 -987-1513-31-4. Pág. 89-115

Fu, B.; Chen, L.; Huang, H.; Qu, P. y Wei, Z. 2021. Impacts of crop residues on soil health: A review. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 33(1), 1646173. <https://doi.org/10.1080/26395940.2021.1948354>.

Giannini, A.; Andriulo, A.; Irizar, A. y Wyngaard, N. 2020. Redistribución de las formas de fósforo edáfico utilizando avena/vicia como cultivos de cobertura en soja-soja. XXVII Congreso

Argentino de la Ciencia del Suelo. pp 743-747. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.

Grassini, P. 2018. Water productivity of rainfed maize and wheat: a local to global perspective. *Agricultural and Forest Meteorology*, 259, 3646373. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.05.019>

Kaye, J. y Quemada, M. 2017. Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37.

Liebman y Davis. 2000. Integration of soil, crop, and weed management in low- external- input farming systems. En: *Weed Research*. 40, pp. 27-47. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00164>.

Manso, L. y Forján, H. J. 2016. La materia orgánica del suelo. En H. Forján, y L. Manso (Eds.), *Rotaciones y secuencias de cultivos en la región mixta cerealera del centro sur bonaerense. 30 años de experiencias* (pp. 41647). Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Martínez, J.; Barbieri, P.; Sainz Rozas, H. y Echeverría, H. E. 2013. Inclusion of cover crops in cropping sequences with soybean predominance in the Southeast of the Humid Argentine Pampa. *The Open Agriculture Journal*, 7, 3-10.

Menéndez, J. y Hilbert, J. 2013. Cuantificación y uso de biomasa de residuos de cultivos en Argentina para bioenergía. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Scianca, C. 2006. Cultivos de cobertura en sistemas orgánicos. Aporte de carbono y dinámica de malezas. CD de Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Scianca, C. 2010. Cultivos de cobertura en Molisoles de la Región Pampeana. Producción de materia seca, eficiencia de uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo desoja. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Pág. 134

Servera, M.; Zamora, C.; Quiroga, A.; Frigerio, F.; Aimar, D. y Abascal, S. 2016. Efecto del momento de quemado de centeno utilizado como cultivo de cobertura sobre propiedades edáficas, malezas y rendimiento de maíz.

Rattalino E.; Guilpart, N.; Sadras, V.; Cassman, K.; van Ittersum, M.; Schils, R.; Rimski-Korsakov, H.; Alvarez, C. y Lavado, R. 2015. Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas. *Journal of Soil and Water Conservation* 70, 134A-140A.

Retas, 2023. Relevamiento de tecnología agrícola aplicada. Informe mensual nro. 71 ISSN 2591-4871. <informen71-cultivosdeservicios.pdf>.

Restovich, S. 2023. Cultivos de cobertura y su impacto en la producción de alimentos. Cultivos intensivos bajo cubierta. Investigación, Desarrollo e innovación en el marco del PE009. ISSN

2718-6458 | a. 3, n. 4. 2022 |

Restovich, S.; Andriulo, A. y Portela, S. 2022. Cover crop mixtures increase ecosystem multifunctionality in summer crop rotations with low N fertilization. *Agronomy for Sustainable Development* 42, 19.

Restovich, S.; Andriulo, A.; Armas-Herrera, C.; Beribe, M. y Portela, S. 2019. Combining cover crops and low nitrogen fertilization improves soil supporting functions. *Plant and Soil* 442, 401-417.

Restovich, S.; Andriulo, A. y Portela, S. 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research* 128, 62-70.

Rillo, S. 2022. Impacto de los cultivos de cobertura sobre propiedades edáficas en secuencias soja-soja en Hapludoles del oeste de la región pampeana. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/8009>.

Ross, F. 2017. Cultivos de cobertura para maíz en el centro-sur Bonaerense. <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/28.pdf> (ipni.net).

Sarkar, S.; Skalicky, M.; Hossain, A.; Brestic, M.; Saha, S.; Garai, S.; Ray, K. y Brahmachari, K. 2020. Management of crop residues for improving input use efficiency and agricultural sustainability. *Sustainability*, 12(23), Article 9808. <https://doi.org/10.3390/su12239808>.

Torres-Guerrero, C.; Etchevers, J.; Fuentes-Ponce, M.; Govaerts, B.; León-González, F. y Herrera, J. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra latinoamericana*, 31(1), 71-84.

Turmel, M.; Speratti, A.; Baudron, F.; Verhulst, N. y Govaerts, B. 2015. Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, 134, 6616. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.009>

Uhaldegaray, M.; Oderiz, J.; Frasier, I.; Kloster, N.; Fernandez, R.; Pérez, M. y Quiroga, A. 2021. Inclusión de cultivos de cobertura en planteos ganaderos intensivos. XI Congreso sobre uso y manejo del suelo : ¿Cómo dejamos el suelo a las próximas generaciones? Bahía Blanca, Argentina.

Videla Mensegue, H.; Degioanni, A. y Bonadeo, E. 2020. Productividad del agua de secuencias de cultivos agrícolas en la región central de Argentina. En Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (Ed.), *Actas XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: Desafíos para una producción y desarrollo sustentables* (p. 1025). Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. http://www.suelos.org.ar/sitio/wp-content/uploads/2021/02/CACS_2020.pdf.

Villareal, R. 2023. Cultivos de cobertura. Impacto en la dinámica hídrica y su efecto en la persistencia de contaminantes en el suelo. Tesis Post doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.