

Información Técnica 197
ISSN 0327- 425X/ diciembre de 2020
“2020- Año del General Manuel Belgrano”

Cultivos de cobertura en San Luis

Juan Cruz Colazo y Jorge Alberto Garay



INTA Ediciones

*Colección
RECURSOS*

Cultivos de cobertura en San Luis

Editores: Juan Cruz Colazo & Jorge Alberto Garay

Información Técnica 197. EEA INTA San Luis

Diciembre de 2020

ISSN 0327-425X

PREFACIO

Los cultivos de cobertura o de servicio forman parte del nuevo paradigma en los sistemas de producción de alimentos de Argentina. Es por ello que desde hace más de diez años se han llevado adelante diferentes experiencias para dilucidar los principales interrogantes sobre su utilización en la provincia.

En este sentido, el objetivo de esta obra fue analizar y sintetizar esta información para elaborar una guía práctica para productores, profesionales y alumnos de las ciencias agrarias interesados en su utilización. La misma está estructurada en función de la importancia de los cultivos de cobertura, sus aspectos tecnológicos más destacados, los principales objetivos abordados para nuestros ambientes, y una síntesis final con las limitaciones y necesidades de investigación.

Esta publicación es obra de las actividades de investigadores y extensionistas del INTA, docentes del departamento de agronomía de la FICA – UNSL, técnicos del gobierno de la provincia de San Luis y profesionales de la actividad privada. La misma fue llevada adelante en el marco de los proyectos nacionales de INTA, principalmente los relacionados con la gestión del agua en secano y el control de los procesos de degradación de suelos, así como también con convenios junto a Aapresid y CREA.

PRÓLOGO

Los cultivos de cobertura son considerados una alternativa para mitigar una serie de conflictos propiciados por distintas prácticas de manejo que inciden negativamente sobre los recursos agua y suelo. Grupos de trabajo distribuidos en distintos ambientes productivos del país realizaron estudios exploratorios que posibilitaron la concreción del primer libro sobre “Contribución de los Cultivos de Cobertura a la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción”, editado por INTA en 2013. Podemos decir que esta etapa aportó conocimiento preliminar sobre la viabilidad de incluir cultivos de cobertura en distintas secuencias de cultivos “de renta” y en distintos ambientes edáficos.

Durante los últimos años se profundizó el trabajo experimental en los territorios con la finalidad de tener “mayor precisión” sobre los procesos comprendidos en las problemáticas emergentes. Esto ha permitido, poder elaborar “las mejores estrategias” desde los cultivos de cobertura y en función de los objetivos de su inclusión.

En este contexto le damos la bienvenida al presente libro sobre “Cultivos de Cobertura en San Luís”, el cual agrega un paso más al desarrollo de la práctica que es la integración de conocimiento aportado desde distintas disciplinas. Estas contribuciones que reúnen los avances más significativos de los distintos grupos de trabajo constituyen “mojones de referencia” sobre el camino transitado y ponen sobre la mesa los avances y también aquellos interrogantes aún no resueltos o parcialmente abordados.

Como bien lo expresan los autores, “existen aspectos como la dinámica del agua, la selección de las especies más adecuadas, el control de malezas y la erosión de suelos que poseen datos sólidos”, donde se cuenta con el conocimiento local necesario para elaborar estrategias sobre la inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas de producción de la provincia de San Luís. No obstante, existe coincidencia por parte de los distintos autores en que “todavía existen datos preliminares o insuficientes” relacionados con distintos procesos que necesitan ser ampliados o profundizados.

Finalmente, las contribuciones de la presente publicación nos permiten reflexionar sobre los “alcances potenciales de la práctica en la provincia” que puede constituir una herramienta de gestión en un amplio rango de escalas decisorias: desde el investigador que trata de incidir sobre la macroporosidad para mejorar la captación del agua hasta el legislador que lo impulsa mediante “normativas legales” para mitigar procesos de erosión que conducen a pérdidas irreversibles de suelo.

Agradecemos a los editores y autores por el aporte realizado y por el esfuerzo de integrar conocimiento propiciando la sostenibilidad de los sistemas de producción en beneficio de los recursos naturales.

Alberto Raúl Quiroga

EDITORES

Juan Cruz Colazo

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa; Doctor en Agronomía, Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Es profesional en el grupo de producción agrícola de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis del INTA y profesor en el Departamento de Ciencias Agropecuarias de la UNSL.

Jorge Garay

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económicas Sociales de la Universidad Nacional de San Luis. Es profesional en el grupo de producción agrícola de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis del INTA.

ÍNDICE

PORTADA	i
PREFACIO	ii
PRÓLOGO	iii
EDITORES	v
ÍNDICE	vi
1. ¿CUÁNDO, PARA QUÉ Y CÓMO USAMOS UN CULTIVO DE COBERTURA?	1
<i>Cristian Álvarez, Romina Fernández, Sergio Rillo, Ileana Frasier & Alberto Quiroga</i>	
2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS	8
<i>Juan Cruz Colazo & Marcelo Bongiovanni</i>	
3. REGULACIÓN DE LA DINÁMICA DEL AGUA EN EL SUELO	14
<i>Juan Cruz Colazo, Claudio Saenz, Juan de Dios Herrero, Santiago Lorenzo, Hugo Bernasconi, Nicolás Rusoci & Federico Capiello</i>	
4. CONTROL DE MALEZAS	22
<i>Jorge Garay & Juan Cruz Colazo</i>	
5. CONTROL DE EROSIÓN EÓLICA LUEGO DE MANÍ	30
<i>Juan Cruz Colazo & Marcela Genero</i>	
6. INCORPORACIÓN DE CARBONO, DINÁMICA DE NITRÓGENO, MICROBIOLOGÍA DE SUELOS E INTEGRACIÓN CON SISTEMAS GANADEROS	36
<i>Juan Cruz Colazo, Juan de Dios Herrero, Silvia Toresani & Alejandro Perticari</i>	
7. ASPECTOS ECONÓMICOS	42
<i>Marcelo Bongiovanni</i>	
8. NORMATIVA QUE REGULA LA UTILIZACIÓN DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN SUELOS DE SAN LUIS	49
<i>Agustín Martínez, Facundo Diaz & Antonio Marchi</i>	
9. SÍNTESIS, LIMITACIONES Y NECESIDADES PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	55
<i>Juan Cruz Colazo & Jorge Garay</i>	
AGRADECIMIENTOS	59
ANEXOS	60

1. ¿CUÁNDO, PARA QUÉ Y CÓMO USAMOS UN CULTIVO DE COBERTURA?

Cristian Álvarez¹, Romina Fernández², Sergio Rillo³, Ileana Frasier² & Alberto Quiroga^{2,4}

1. INTA, AER General Pico. 2. INTA, EEA Guillermo Covas. 3. INTA, AER 9 de Julio. 4. UNLPam

En los últimos veinte años, asociado a cambios que han ocurrido en los sistemas de producción, se han presentado una serie de “conflictos” entre el manejo y los recursos naturales (agua y suelo). Aquellos sitios que han sido sometidos a “presiones de manejo” que han superado su capacidad de uso han sido afectados en su calidad, comprobándose disminuciones en los contenidos de materia orgánica, densificaciones superficiales y subsuperficiales con pérdida de macroporosidad que limita la captación del agua, su distribución, almacenaje y eficiencia de uso por parte de los cultivos. Se han intensificado los procesos de erosión hídrica y eólica dando lugar a un importante deterioro de la “salud del suelo”. Condicionando en muchos casos menores rendimientos y eficiencia de utilización de los recursos. Actualmente, existe conciencia y coincidencia en la necesidad de recuperar parte de esos atributos del suelo que fueron modificados negativamente.

En tal sentido, una práctica que ha sido ampliamente adoptada es la inclusión de cultivos de cobertura (CC), también denominados cultivos de servicio, que son aquellos sembrados entre dos cultivos de cosecha y que no serán incorporados al suelo (a diferencia de los abonos verdes), pastoreados (a diferencia de los verdeos) ni recolectados. De esta manera, la totalidad de la biomasa aérea de los CC queda completamente en superficie generando un colchón (“poncho”) que contribuye con la reducción de la erosión, atenuación de la temperatura del suelo, control de malezas, aporte de nutrientes entre otros. Mientras que su biomasa de raíces se concentra principalmente en los primeros 20 a 40 cm del perfil impactando positivamente sobre la estructura del suelo (macroporosidad y construcción de materia orgánica), la dinámica hídrica y la captura de nutrientes principalmente móviles.

La relación entre biomasa de raíces y biomasa aérea es variable entre especies (arquitectura) y prácticas de manejo sin embargo es un indicador interesante que permite estimar el aporte de raíces de los CC. Por lo tanto, resulta necesario elaborar distintas estrategias de acuerdo con la problemática a resolver.

Si bien los CC han sido utilizados tradicionalmente para controlar problemas de erosión (Figura 1), también pueden cumplir múltiples funciones como, por ejemplo, mejorar la captación, distribución y almacenaje de agua (Figura 2), controlar recargas del nivel freático y disminuir ascenso de sales a la superficie, reducir la compactación, atenuar temperaturas extremas en superficie, “anclar” residuos de cosecha, mejorar los balances de carbono y nitrógeno del suelo, reducir la lixiviación de nitratos residuales y controlar malezas.



Figura 1. A la izquierda, un lote con cultivo de cobertura, y a la derecha, un lote sin cobertura donde se observan procesos de erosión eólica.

Según el objetivo buscado y las necesidades de cada sistema se deberán elaborar distintas estrategias en el manejo del CC, teniendo en cuenta la información zonal y tomando decisiones sobre especie/s por utilizar, precocidad de la variedad, fecha y densidad de siembra, fertilización, tipo (químico, mecánico) y momento de secado, entre otros factores. Las especies más utilizadas como CC invernales pertenecen a las familias de las gramíneas y las leguminosas, aunque en los últimos años se están evaluando algunas brasicáceas con resultados promisorios en lo que respecta al servicio de “descompactación biológica”. El uso de policultivos para potenciar los beneficios de las especies individuales, promover la población de enemigos naturales y polinizadores incrementando/mejorando la biodiversidad en el sistema, también resulta una estrategia interesante de adoptar.



Figura 2. Distribución desuniforme del agua en el lote luego de una lluvia.

Las gramíneas invernales como centeno, triticale, avena, cebada y raigrás difieren entre sí por su precocidad, tolerancia a estrés hídrico, sales, encharcamientos y bajas

temperaturas, lo que permite posicionarlas en diferentes zonas donde cada una se adapte mejor.

Sin embargo, presentan en común la característica de acumular mayor cantidad de biomasa aérea respecto a otras familias y sus residuos pueden perdurar por más tiempo debido a la alta relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de sus tejidos. Por otra parte, las gramíneas invernales producen un sistema radical denso en cabellera incrementando la macroporosidad del suelo, y por ende estas especies pueden mejorar la infiltración y el drenaje del perfil por la distribución de raíces y capturar nitratos residuales susceptibles de lixiviarse (Figura 3).

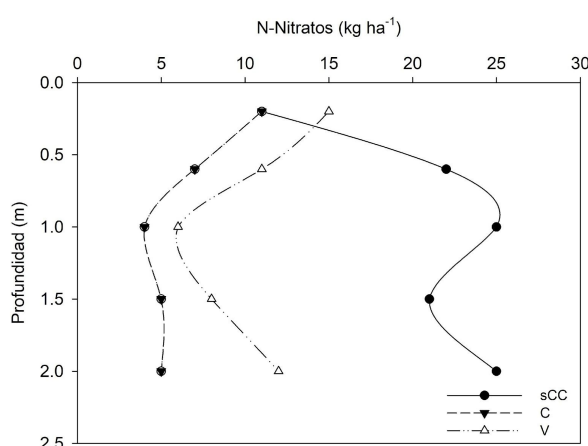


Figura 3. Cantidad y distribución de nitrógeno de nitratos en el perfil del suelo al momento del secado del cultivo de cobertura. sCC: Sin cultivo de cobertura, C: centeno; V: vicia. INTA Anguil.

Las especies utilizadas como CC, generan espacios de drenaje en zonas con elevado riesgo hídrico y potencial de salinización, generando consumos de lujo. De esta manera es factible reducir la tasa de evaporación directa, favoreciendo la evapotranspiración dejando en profundidades mayores complejos de sales que serán lavadas en épocas de recargas primaverales (caso de sales solubles), y reduciendo la concentración de sales poco solubles a través de la respiración del complejo radicular (Figura 4).



Figura 4. Izquierda: Perfil de suelo donde se observa acumulación de sales por ascenso capilar. Derecha: Uso de cultivo de cobertura para mitigarlo.

Las leguminosas mejor adaptadas para ser utilizadas como CC son las vicias y los tréboles, que permiten fijar nitrógeno atmosférico al suelo gracias a la relación simbiótica rizobio-leguminosa que contribuye con un 40 a 60% de N en los tejidos provenientes de este proceso. En tanto que, en el caso de mezclas de especies permitirían reducir los tiempos de entregas de nitrógeno de leguminosas, disminuir riesgo de pérdida de plantas por encharcamiento/salinización, generar diferentes alturas de conopeo y sombreo favoreciendo el aireado y menor incidencia de enfermedades en especies sensibles, mejorar la colonización y ruptura de estructuras difíciles (laminares) y atraer insectos benéficos, entre otros.

A modo de ejemplo, puede mencionarse el efecto que tuvieron los CC en la región semiárida pampeana sobre la dinámica hídrica luego de un cultivo de maíz para silaje, siendo el objetivo aumentar la eficiencia de uso del agua de la secuencia de cultivos: al comparar el barbecho químico versus los CC invernales, se encontró que, al momento de secado, el contenido hídrico del perfil fue 35 milímetros menor en los que tuvieron cobertura respecto a los que no, pero al momento de la siembra del cultivo sucesor (60 días después del secado) se cuantificaron en promedio 37 milímetros más de agua útil en los tratamientos con cobertura. Si la finalidad de realizar un CC fuera controlar la recarga del nivel freático y reducir el ascenso de sales, como estrategia puede demorarse el momento de secado y lograr usos consuntivos de hasta 300 milímetros (equivalentes a 3.000.000 de L por ha) seleccionando especies que presente cierto grado de tolerancia a ambos factores.

En los últimos 5 años, la siembra aérea se ha incrementado significativamente posibilitando adelantar el establecimiento de los CC unos 30-60 días antes de la cosecha del cultivo de verano. Ello posibilita aprovechar mejor los recursos de precipitaciones/temperaturas y heliofanía que favorecen la implantación y desarrollo del cultivo de invierno, especialmente en zonas donde las precipitaciones de invierno son muy escasas. Esto además de generar cobertura y evitar procesos de salinización, mejorar la transitabilidad, el drenaje, reciclaje de nutrientes, impacta también sobre el anclaje al suelo de los residuos del cultivo de cosecha.

En una vasta región el corrimiento de fecha de siembra de cultivos como el maíz, ha generado la necesidad de mejorar algunos conflictos/oportunidades con la nutrición de los mismos, entre ellos ajustar dosis y momentos de aplicación de fertilizantes. Es por ello que, desde hace más de 10 años el INTA viene trabajando en distintas zonas agroecológicas del país introduciendo cultivos de cobertura leguminosas como vicias y tréboles para generar impactos que dependiendo del recurso agua pueden superar en un 25% el aumento de rendimiento del cultivo sucesor.

Además de los beneficios mencionados que son cuantificables o pueden verse reflejados en la respuesta de los cultivos de renta, los CC presentan ventajas indirectas, como permitir que se cumpla con los planes productivos/operativos en tiempo y forma

(debido a que mejoran la transitabilidad de las maquinarias agrícolas en el lote, se dispone de mayor humedad) y, en sistemas de producción mixtos, pueden funcionar como una alternativa de pastoreo ante alguna dificultad imprevista, siempre y cuando se respeten los límites para lograr el objetivo por el cual el cultivo de cobertura fue incluido en la rotación.

Entonces, para definir la estrategia más adecuada a la hora de planificar es imprescindible hacerse la siguiente pregunta: “¿Para qué necesito un cultivo de cobertura?”. Los CC pueden influir en más de 20 “conflictos/oportunidades” y, por lo tanto, se hace evidente que no existe una estrategia única o receta que pueda ser empleada de igual manera en cada caso. Por eso mismo, desde INTA, en articulación con otras instituciones referentes, se está trabajando sobre diferentes ambientes del territorio nacional para abordar distintas problemáticas que se puedan plantear; en función de eso, se están evaluando y ajustando tecnologías de procesos (prácticas de manejo) e insumos (fertilización) para cada situación u objetivo en particular.

Las líneas de investigación actuales están enfocadas principalmente a temáticas como ajustar la composición botánica de las mezclas a implantar como CC (proporción de cada especie), mejorar la eficiencia de siembras aéreas previo a la cosecha para anticipar la producción de biomasa y fijar los residuos de cosecha (Figura 5), generar información sobre el uso de efluentes como aporte de nutrientes a los CC (transformando así un “problema” en oportunidad), manejar conjuntamente la fecha de secado (relación C/N) del CC, pensando en la secuencia de cultivos y la posterior liberación de nutrientes en sincronía con la demanda del cultivo sucesor.



Figura 5. Izquierda: Acumulación de residuos de maíz que fueron arrastrados desde un lote cosechado. **Derecha:** Fijación de los residuos de maíz con siembra aérea de centeno realizada previo a la cosecha.

Consideraciones finales.

- El uso de cultivos de cobertura se está incorporando en diferentes sistemas de producción asociado a múltiples conflictos como los citados anteriormente, los cuales pueden influenciar negativamente sobre propiedades físico químicas de los suelos, reduciendo productividad, y comprometiendo en algunos casos, servicios que brinda el ecosistema.

- Elaborar estrategias de manejo de los cultivos de cobertura ha sido motivo del grupo de trabajo a nivel nacional, interactuando con las necesidades del ambiente y las posibilidades prácticas y operativas por parte de los usuarios.
- Las actuales líneas de investigación están orientadas en reducir el impacto de las compactaciones y la regeneración en el corto plazo de las mismas a través de la combinación mecánica-biológica. Incrementar la incorporación de rastrojo y raíces (materia orgánica), para atenuar los problemas de captación del agua y mejorar su distribución (movimiento) en el perfil de los suelos. Además de reducir los problemas de transitabilidad, pérdida de nutrientes por lixiviación y la salinización/alcalinización en ambientes con riesgo de exceso hídrico por presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie del suelo.

Bibliografía consultada.

- Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. *Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA. 170 p.
- Álvarez, C; A Bagnato; M Eiza; P Carfagno; JC Colazo; C Saenz; C Cazorla; T Baigorria; M Barraco; G Varilla; W Miranda; A Lardone; S Rillo; E de Sa Pereira; H Krüger; S Prieto; C Bertón; L Más; H Forjan; A Quiroga & R Fernández. 2015. *Revisión de estudios conjuntos de la eficiencia del uso del agua en las regiones chaqueña y pampeana bajo cultivos de cobertura*. En: Actas de las II Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos, Santa Rosa.
- Baigorria, T; C Álvarez; P Belluccini; C Cazorla; B Aimetta; V Pegoraro; M Boccolini; V Faggioli & D Tuesca. 2016. Cover crops: A sustainable strategy for weed management in on-till systems. En: A Era Glyfosate. 360 p.
- Baigorria, T; C Álvarez; C Cazorla; P Belluccini; B Aimetta; V Pegoraro; M Boccolini; B Conde; V Faggioli; J Ortiz & D Tuesca. 2019. *Impacto ambiental y rolado de cultivos de cobertura en producción de soja bajo siembra directa*. Ciencia del Suelo 37(2): 355-366.
- Fernández, R; M Saks; M Uhaldegaray; A Quiroga & E Noellemeyer. 2012. *A study of the contribution of cover crops to nitrogen supply for corn*. Agrociencia Uruguay 16 (3): 274-279.
- Fernández, R; A Quiroga & E Noellemeyer. 2012. *Cultivos de cobertura, ¿Una alternativa viable para la región semiárida pampeana?* Ciencia del Suelo 30(2): 137-150.
- Frasier, I; A Quiroga; R Fernández; C Álvarez; F Gómez; E Scherger; A Gili & E Noellemeyer. 2019. *Soil type, land-use and management as drivers of root-C*

inputs and soil C storage in the semiarid pampa region, Argentina. Soil & Tillage Research 192: 134–143.

- Frasier, I; R Fernández; M Gómez; C Gaggioli; C Álvarez; A Oderiz; M Uhaldegaray; E Scherger; E Noellemeyer & A Quiroga. 2018. *Contribución a la evaluación de un recurso clave en la sustentabilidad de los suelos. Abundancia y distribución de raíces*. En: Quiroga, A; R Fernández & C Álvarez (Eds.). *Análisis y evaluación de propiedades físico-hídricas de los suelos*. Ediciones INTA.
- Frasier, I; A Quiroga & E Noellemeyer. 2016. *Effect of different cover crops on C and N cycling in sorghum NT systems*. *Science of the Total Environment* 562:628-639.
- Frasier, I; E Noellemeyer; N Amiotti & A Quiroga. 2017. *Vetch-rye biculture is a sustainable alternative for enhanced nitrogen availability and low leaching losses in a no-till cover crop system*. *Field Crops Research* 214:104-112.
- Frasier, I; E Noellemeyer; E Figuerola; L Erijman; H Permingeat & A Quiroga. 2016. *High quality residues from cover crops favor changes in microbial community and enhance C and N sequestration*. *Global Ecology & Conservation* 6:242-256.
- Frasier, I; A Quiroga; R Fernández; C Álvarez & E Noellemeyer. 2020. *La importancia de las raíces sobre los procesos del suelo. Sistemas productivos sostenibles*. Manual AACREA. 330 p.
- Oderiz, A; M Uhaldegaray; I Frasier; A Quiroga; N Amiotti & P Zalba. 2017. *Raíces de cultivos de cobertura: cantidad, distribución e influencia sobre el N mineral*. *Ciencia del Suelo* 35(2): 249-258.
- Quiroga, A; A Oderiz; M Uhaldegaray; C Álvarez; E Scherger; R Fernández; I Frasier. 2016. *Influencia del manejo sobre indicadores físico-hídricos de compactación de suelos*. *Semiárida Revista Facultad de Agronomía UNLPam* 26: 21-28.
- Quiroga, A; R Fernández; M Uhaldegaray; A Oderiz; E Adema, C Álvarez; I Frasier; R Zinda & P Vásquez. 2019. *Provincia de La Pampa*. En: Casas, R & F Damiano (Eds.). *Manual de Buenas Prácticas de Conservación del Suelo y del Agua en Áreas de Secano de la Argentina*.

2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Juan Cruz Colazo^{1,2} & Marcelo Bongiovanni^{2,3}

1. INTA, EEA San Luis. 2. UNSL, FICA. 3. Bongiovanni Agro SRL

1. Fecha y densidad de siembra.

Uno de los aspectos más importantes que determina el éxito en la inclusión de los cultivos de cobertura es sembrarlo en condiciones adecuadas de humedad y temperatura. En este sentido, es crítico aprovechar las precipitaciones de abril – mayo en la región. En general, el momento está condicionado por el cultivo antecesor y por el modo de implantación.

Luego de soja o maíz picado las ventanas de siembra se ubican entre abril y junio. La Figura 1 muestra la producción de biomasa aérea al secado de tres materiales implantados en mayo y en junio en Buena Esperanza. Se observa en todos ellos una disminución del 30% por el retraso de un mes en la fecha de siembra. Estos mismos resultados fueron reportados para la zona central de San Luis, en donde la disminución de la fecha de siembra entre principios de abril y finales de junio de 2015 produjo una disminución diaria de biomasa aérea de 16,5 kg MS ha⁻¹ al momento del secado (Barbero et al., 2016).

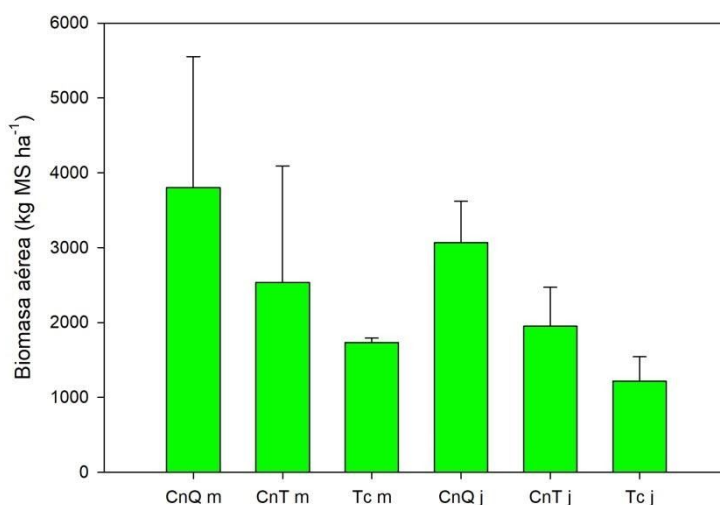


Figura 1. Producción de biomasa al momento del secado (Octubre) de tres materiales: centeno v. Quehue (CnQ), centeno tetraploide sin identificar (CnT) y triticale (Tc) implantados a principios de mayo (m) y junio (j) en Buena Esperanza durante el año 2015. Las barras indican el desvío estándar (n=3).

En el caso del antecesor maíz, la utilización del avión o máquinas diseñadas para la implantación al voleo, permiten la incorporación del cultivo desde febrero – marzo. En este caso es importante que ocurran precipitaciones importantes que ayuden a la implantación del cultivo, ya que la misma es menor cuando es comparada frente a la siembra tradicional (Genero, 2020). Con respecto a la densidad de siembra es importante un logro mínimo de entre 100-150 plántulas m⁻² en gramíneas y 50

plántulas m⁻² en vicias. En la región las densidades más usuales de centeno fluctúan entre 30-40 kg ha⁻¹ y para vicia entre 20-25 kg ha⁻¹.

2. Especie y variedad.

La Figura 2 muestra la producción de biomasa al secado de diferentes especies utilizadas como cultivos de cobertura en ensayos realizados entre 2009 y 2019 (Anexo 1). Para centeno, el valor medio fue de 2872 kg ha⁻¹, con un rango entre 440 y 10340 kg ha⁻¹, y una mediana de 2250 kg ha⁻¹. Estos valores coinciden con los reportados por Barbero et al. (2016) para el centro de la provincia de San Luis. En general, las variedades más utilizadas corresponden a Quehue y a Don Ewald, cultivares diploides, de rápido crecimiento (Amigone & Tomaso, 2006). Para el resto de las gramíneas evaluadas: cebada, trigo y triticale, los rendimientos fueron muy similares y cercanos a los 1500 kg ha⁻¹. Estos rendimientos son inferiores cuando se comparan con los valores reportados en regiones con mayores precipitaciones durante el ciclo del cultivo como en el E de La Pampa, Córdoba o el W de Buenos Aires (Álvarez et al., 2013).

Entre las leguminosas hemos probado vicia villosa, con un rendimiento medio de 2623 kg ha⁻¹ [330-4900 kg ha⁻¹]. Los menores rendimientos para esta especie estuvieron asociados a siembras tardías. Es importante destacar la importancia de la siembra temprana de la vicia debido a que su crecimiento inicial es muy lento, condicionado por las bajas temperaturas. Este bajo crecimiento inicial se compensa con un rápido crecimiento en la primavera (Vanzolini & Galantini, 2013).

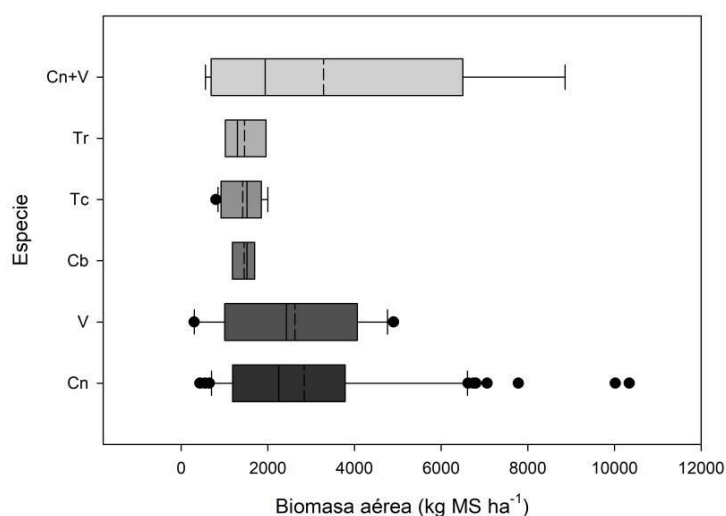


Figura 2. Gráfico box-plot de la biomasa aérea al momento del secado de diferentes especies utilizadas como cultivos de cobertura. Cn= Centeno, V= Vicia, Cb= Cebada, Tc= Triticale y Tr= Trigo. El inicio de la caja indica el primer cuartil, la línea continua dentro de la caja muestra la mediana, la línea rayada la media y el final de la caja el tercer cuartil. Las barras indican el límite inferior y superior. Los puntos son valores atípicos. Elaborado con base de datos 2009-2019 (Anexo 1).

3. Fertilización.

En general, los cultivos de cobertura no se fertilizan en la región. Los resultados de ensayos con fertilización nitrogenada muestran una interacción entre la disponibilidad hídrica y su respuesta (Figura 3). La probabilidad de respuesta a la fertilización con N es alta cuando en el suelo existe un adecuado contenido hídrico en el primer metro y los niveles de nitrógeno mineral son menores a 30 kg ha^{-1} , considerando los primeros 40 cm. En caso de que los niveles de P extractable (Bray-1) en los primeros 20 cm sean menores a 10 mg kg^{-1} , junto con el N se debería aplicar P. Las dosis recomendadas de N no deberían superar los $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$ y el momento óptimo es a la siembra (Quiroga et al., 2006).

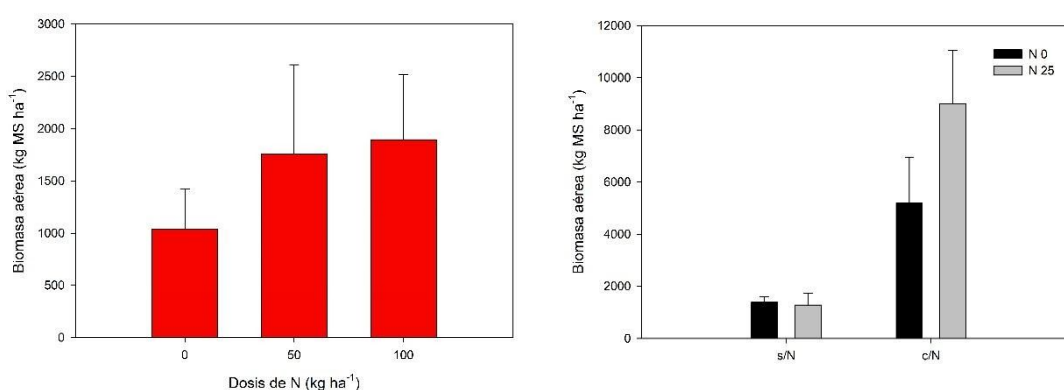


Figura 3. Izquierda: Biomasa aérea al secado de trigo con tres dosis de fertilización nitrogenada (Tilisarao, 2015). **Derecha:** Producción de biomasa aérea al secado de centeno con (N 25= 25 kg N ha⁻¹) y sin (N 0) aplicación de N en dos ambientes con (c/N) y sin (s/N) napa (Villa Mercedes, 2016). Las barras indican el desvío estándar (n=3).

4. Combinación con labranza vertical.

En algunos suelos, la alta proporción de limos y arenas finas, especialmente aquellas pobremente graduadas, favorecen la expresión de procesos de compactación y endurecimiento. Estos procesos reducen la fertilidad física de los suelos debido a la menor infiltración del agua y desarrollo radicular de los cultivos (de Dios Herrero et al., 2020). En este sentido, el uso de labranza vertical y la posterior implantación de cultivos de cobertura, es una alternativa que combina estrategias mecánicas y biológicas para el control de este proceso de degradación (Casagrande et al., 2009).

Los resultados llevados a cabo en la provincia muestran que la labranza vertical incrementa la biomasa aérea al secado de CC en suelos limosos, principalmente en el valle del Conlara. En cambio, en suelos arenosos no se observan diferencias, mientras que en suelos con contenidos altos de arcilla (>20%), si bien se observan algunas tendencias los resultados no son concluyentes (Figura 4). En general, al momento del secado los niveles de resistencia a la penetración en el suelo son máximos y limitantes para el crecimiento radicular, coincidiendo con los menores valores de agua en el suelo debido al consumo producido (Colazo et al.; 2019, 2020).

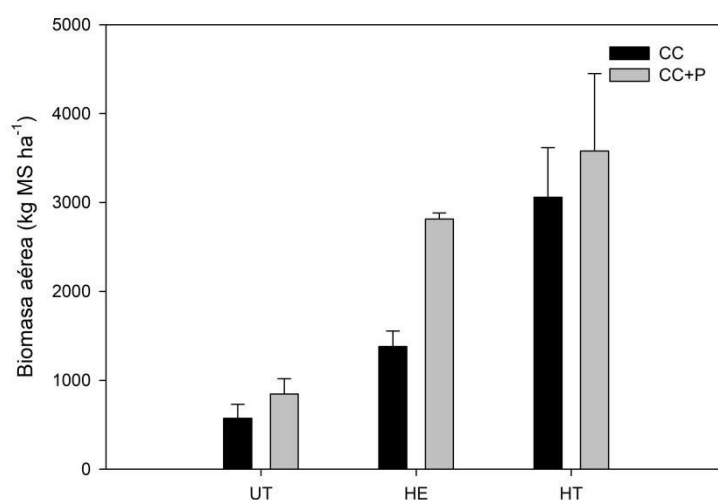


Figura 4. Biomasa aérea de centeno como cultivo de cobertura, con (CC+P) y sin (CC) aplicación previa de labranza vertical en un suelo Ustipsamente Típico (UT), Villa Mercedes, Haplustol Éntico (HE), Tilarao, y Haplustol Típico (HT), San Martín. Las barras indican el desvío estándar (n=3). Adaptado de Colazo et al. (2019, 2020).

5. Fecha de secado.

El momento del secado es otra de las decisiones más importantes al implementar un cultivo de cobertura. En primer lugar, debe ser lo suficientemente temprano para minimizar el consumo hídrico y que las precipitaciones permitan recuperar los niveles de agua en el suelo, pero por el otro lado, debe asegurar el tiempo suficiente para un buen desarrollo de raíces y cobertura que permitan cumplir con sus múltiples beneficios. Relacionado con este aspecto, el estado fenológico alcanzado, debido a cambios en la relación C/N, determina el efecto sobre el balance de C, nutrientes y persistencia de la cobertura.

En función de estas condiciones el momento de secado en la región está acotado principalmente a los meses de septiembre y octubre. Antes de este periodo, los niveles de biomasa de cultivos de cobertura en la región son muy bajos (a excepción de CC sembrados muy tempranos), y las precipitaciones son muy bajas a nulas. Por el otro lado, a partir de octubre, la mayoría de cultivos poseen un elevado consumo hídrico, además de incrementarse las precipitaciones.

La Figura 5 muestra el efecto de dos fechas de secado en la producción de biomasa aérea de centeno en cuatro zonas del centro de la provincia de San Luis. Se observa una mayor producción en las fechas de secado de octubre y una alta variabilidad, tanto en la producción de biomasa, como en la diferencia entre fechas dentro de cada zona, explicadas por diferencias en fecha de siembra y precipitaciones durante el ciclo del cultivo (Barbero et al., 2016).

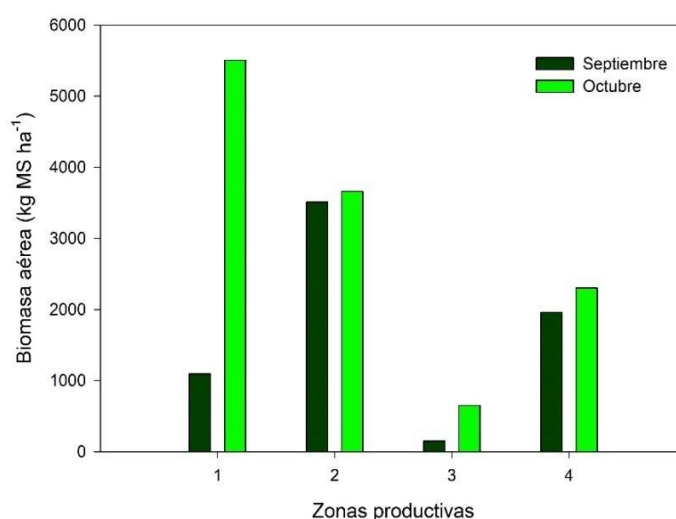


Figura 5. Biomasa aérea al momento del secado de centeno como cultivo de cobertura en dos fechas: septiembre y octubre en cuatro zonas productivas de San Luis. Adaptado de Barbero et al. (2016).

En función de estos conceptos, es fundamental monitorear el consumo hídrico, el estado fenológico y la producción del cultivo de cobertura. Es recomendable evitar la disminución de la humedad edáfica por debajo del metro de profundidad. El contenido de agua en el suelo puede ser determinado empíricamente en el campo de manera expeditiva (Saenz & Colazo, 2015). No debería excederse del estado de encañazón en las gramíneas y botón floral en las leguminosas. Debido a las mayores temperaturas en la primavera, el desarrollo de los cultivos puede ser muy rápido, por lo que hay que planificar tratando de evitar posibles demoras debidas a limitaciones climáticas y logísticas (disponibilidad de equipos aplicadores) típicas de la región.

6. Consideraciones finales.

- La práctica más importante para asegurar una alta producción de biomasa aérea al secado es asegurar una buena disponibilidad hídrica en la implantación, que se logra generalmente con siembras tempranas.
- Entre las especies utilizadas se destacan los centenos, especialmente sus variedades de crecimiento rápido.
- El momento de secado queda determinado principalmente por el compromiso entre la producción de biomasa aérea y el consumo de agua.
- Las gramíneas utilizadas como cultivo de cobertura muestran respuesta a N cuando poseen disponibilidad hídrica.
- En suelos limosos el endurecimiento producido al secarse el suelo por el consumo del cultivo de cobertura puede reducir su crecimiento radicular y producción de biomasa aérea.

7. Bibliografía consultada.

- Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. *Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA. 170 p.
- Amigone, M & JC Tomaso. 2007. *Principales características de especies y cultivares de verdeos invernales*. Información para Extensión 103. INTA Marcos Juárez. 11 p.
- Barbero, V; T Coyos; JL Mercau & JC Colazo. 2016. *Inclusión de centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo de cobertura antecesor de maíz y soja, en el centro de la provincia de San Luis*. En: Chacra San Luis. Mejorar los sistemas productivos de la zona centro de San Luis en sus aspectos económicos y ambientales optimizando el uso del agua. Informe Final. Aapresid – INTA. 23 – 72 p.
- Casagrande, J; A Quiroga, I Frasier & JC Colazo. 2009. *Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos afectados por compactación en San Luis*. En: Quiroga, AR; J Casagrande & JC Colazo (Eds.). Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en el este de San Luis. Información Técnica 173. INTA San Luis. Ediciones INTA. 15 – 22 p.
- Colazo, JC; J de Dios Herrero; S Benitez; S Lorenzo; M Ibarra & V Anomale. 2019. *Estrategias de descompactación de suelos con cultivos de cobertura y labranza vertical en San Luis*. En: Actas de IV Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos, Córdoba
- Colazo, JC; JM de Dios Herrero; S Lorenzo; F Bértola & R Becerra. 2020. *Combinación de estrategias mecánicas y biológicas de descompactación en dos suelos de textura contrastantes*. En: Actas del XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Corrientes.
- Genero, MI. 2020. *Evaluación de cultivos de cobertura en siembras aéreas y pérdidas de cosecha en maní*. Informe técnico. Disponible en: <https://inta.gob.ar/>. Verificado el 18 de junio de 2020.
- de Dios Herrero, J; JC Colazo; DE Buschiazzi & JA Galantini. 2020. *Influence of sand gradation on soil compaction of loess soils*. Soil & Till. Res. 168: 104414.
- Quiroga, AR; R Fernández & M Saks. 2006. *Verdeos de invierno: Requerimientos de agua y nutrientes y experiencias de fertilización en la región semiárida pampeana*. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 29: 20-22.
- Saenz, CA & JC Colazo. 2015. *Gestión de suelo y agua en sistemas productivos de la provincia de San Luis*. Ediciones INTA. 163 p.
- Vanzolini, JI & JA Galantini. 2013. *Cultivos de cobertura*. En: Renzi, JA & MA Cantamutto (Eds.). Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana. Ediciones INTA. 233-250 p.

3. REGULACIÓN DE LA DINÁMICA DE AGUA CON CULTIVOS DE COBERTURA

Juan Cruz Colazo^{1,2}, Claudio Saenz³, Juan de Dios Herrero^{1,4}, Santiago Lorenzo^{3,5}, Hugo Bernasconi¹, Nicolás Rusoci⁶ & Federico Capiello^{7,1}.

1. INTA, EEA San Luis. 2. UNSL, FICA. 3. INTA, AER Villa Mercedes. 4. UNViMe. 5. CONICET. 6. INTA, AER Quines. 7. Actividad privada.

1. Dinámica del agua bajo cultivos de cobertura. Aspectos generales.

El consumo de agua por un cultivo de cobertura (CC) puede tener un efecto positivo, neutro o negativo para el cultivo siguiente (Unger & Vigil, 1998). El agua es el principal factor que determina la productividad de los cultivos en secano en San Luis, es por ello que la regulación de su dinámica en el suelo es clave para determinar la factibilidad de incluir un CC invernal en las secuencias de cultivos. El éxito de la misma estará condicionado a que el CC deberá utilizar las precipitaciones durante su ciclo para generar cobertura y mediante sus raíces incrementar la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Una vez que el mismo esté terminado (secado), esta cobertura tendrá que ser suficiente para reducir las pérdidas de agua por evaporación, e incrementar la acumulación de agua en el suelo con las precipitaciones de primavera, para igualar o superar su costo hídrico (Figura 1).

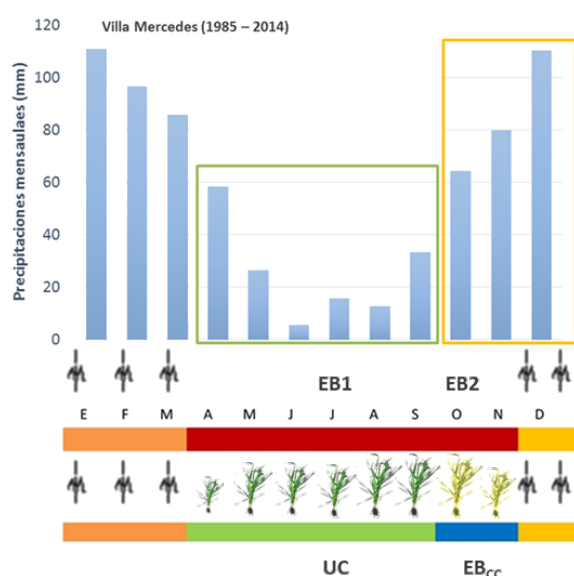


Figura 1. Precipitaciones mensuales en Villa Mercedes (1985-2014) y representación de una secuencia soja (naranja) – maíz (amarillo), con cultivo de cobertura (colores verde y azul) y sin (color rojo). UC = uso consuntivo. EB1= Eficiencia de barbecho otoño-invernal. EB2 = Eficiencia de barbecho primaveral. EB_{cc} = Eficiencia de barbecho en el cultivo de cobertura una vez terminado. El cuadro verde indica las precipitaciones otoño-invernales y el amarillo las primaverales.

En otras palabras, se reemplaza un barbecho largo (6-8 meses, en rojo en la Figura 1) por otro más corto (2-3 meses, en azul en la Figura 1), pero concentrado durante el periodo de mayores precipitaciones, y con un mayor nivel de cobertura que asegura

¹. Parte de estos resultados corresponde a su tesis de especialización.

una mejora en la eficiencia de almacenamiento de las lluvias en el suelo. Una excepción a esta condición, será en los ambientes con napa cercana, en donde además de disminuir el drenaje profundo, el consumo deberá maximizarse para reducir el ascenso freático.

2. Dinámica del agua para la producción de biomasa. Uso consuntivo, eficiencia en el uso del agua y costo hídrico.

El uso consuntivo (UC) es la cantidad de agua consumida por un cultivo. Surge de un balance hídrico simplificado en donde se asume que las pérdidas por percolación profunda, evaporación y escurrimiento son despreciables (López & Arrue, 1997). Su cálculo se reduce a un balance (Ec. 1) considerando al agua en el suelo a la siembra (AS_s) y a las precipitaciones durante el ciclo (PP) como la oferta, y el agua en el suelo al secado como el remanente (AS_{sc}):

$$UC = AS_s + PP - AS_{sc} \quad UC = AS_s + PP - AS_{sc} \quad [1]$$

La Figura 2 muestra los resultados del análisis de la base de datos para ensayos en la provincia de San Luis durante el periodo 2009-2019 (n=20, Anexo 1). El valor medio de UC para los cultivos fue de 135 mm, con una variación entre 47 y 390 mm. Estos valores son inferiores a los encontrados para otras regiones. Esto estaría relacionado con una menor disponibilidad hídrica para cultivos de invierno en San Luis (Álvarez et al., 2013). La eficiencia media en el uso del agua fue de 22 kg MS mm⁻¹. Estos valores son similares a los reportados para condiciones similares en EE.UU. (Nielsen et al., 2015).

Para estimar el costo de oportunidad frente a la alternativa de no realizar el cultivo de cobertura se calcula el costo hídrico (CH). El mismo es la diferencia de agua en el suelo entre la situación con y sin CC, generalmente calculado al momento de secado del CC, aunque también puede determinarse al momento de la siembra del cultivo sucesor (Fernández et al., 2012). El CH fue en promedio 42 mm, con un rango de variación entre 0,5 y 98 mm. Estos valores concuerdan con la mayoría de los estudios previos, tanto en la provincia como en otras regiones (Álvarez et al., 2013; Barbero et al., 2016). El CH está relacionado con el estado fenológico del CC al momento del secado. Sin embargo, es un valor que no solamente depende de factores de manejo del CC, sino también de aquellos relacionados con la eficiencia de captación y almacenamiento de agua de la situación sin CC (aspecto abordado en la próxima sección). Un punto importante a tener en cuenta para maximizar la eficiencia en el uso del agua a nivel de secuencia de cultivo es la diferencia entre UC y CH. En promedio esta diferencia fue de 93 mm. Este valor indica las pérdidas de agua del sistema sin CC.

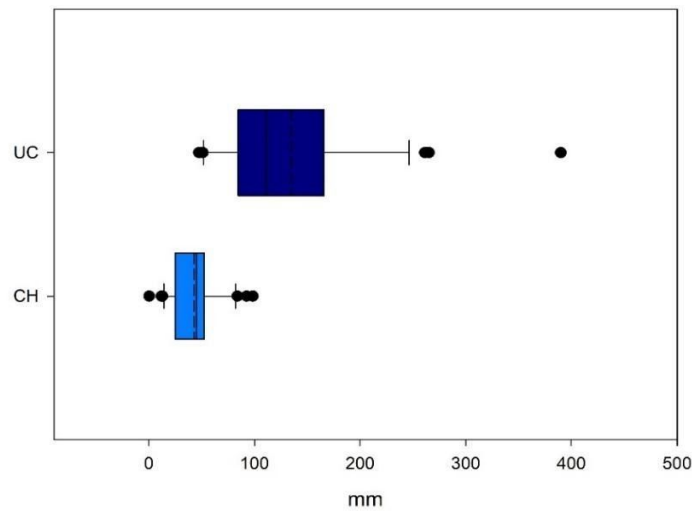


Figura 2. Gráfico box-plot que muestra la distribución de datos relacionados con el uso consuntivo (UC) y con el costo hídrico (CH) de cultivos de cobertura. El inicio de la caja indica el primer cuartil, la línea continua dentro de la caja muestra la mediana, la línea rayada la media y el final de la caja el tercer cuartil. Las barras indican el límite inferior y superior. Los puntos son valores atípicos. Elaborado con base de datos 2009-2019 (Anexo 1).

3. Eficiencias de barbecho.

Las eficiencias de barbecho (EB) juegan un papel muy importante en los sistemas en seco. La misma es una estimación de la eficiencia de almacenamiento de agua de lluvia en el suelo y se calcula según la Ec. 2, como la relación entre la diferencia del agua en el suelo al final (AS_f) y al inicio (AS_i) del periodo de medición y las precipitaciones durante el mismo (PP):

$$EB (\%) = \frac{AS_f - AS_i}{PP} \times 100 \quad [2]$$

La eficiencia de barbecho otoño – invernal (EB1) fue -103%, lo que implica que durante este periodo se pierde el agua en el suelo. Valores de EB muy bajos o negativos han sido reportados en varios ambientes de la región pampeana (Álvarez et al., 2015). La eficiencia de barbecho depende de varios factores relacionados con los residuos de cosecha, el nivel de humedad antecedente, la capacidad del almacenamiento de agua y el patrón de precipitaciones (Nielsen & Vigil, 2010).

A partir del momento del secado, el cultivo de cobertura se transforma en un barbecho pasando de consumir a almacenar agua. La Figura 3 muestra las eficiencias de barbecho primaverales en los tratamientos con (EB_{cc}) y sin cultivo de cobertura (EB2). La EB_{cc} media fue de 21% [-37 – 67%], mientras que la EB2 fue en promedio 8% [-71 – 47%]. Valores más altos fueron reportados por Barbero et al. (2016) para estas

mismas situaciones en el centro de la provincia, aunque con niveles similares de diferencia entre tratamientos.

Este efecto, $EB_{CC} > EB_{s/CC}$, se debería a la menor evaporación y mayor infiltración luego del secado del CC, que favorece la mayor captación y almacenamiento de agua en el perfil. Por otro lado, especialmente en los suelos arenosos existe una disminución de las pérdidas por percolación profunda (Barbero et al., 2016). También al reducir el escape de malezas difíciles, disminuye el posible consumo de agua por parte de las mismas.

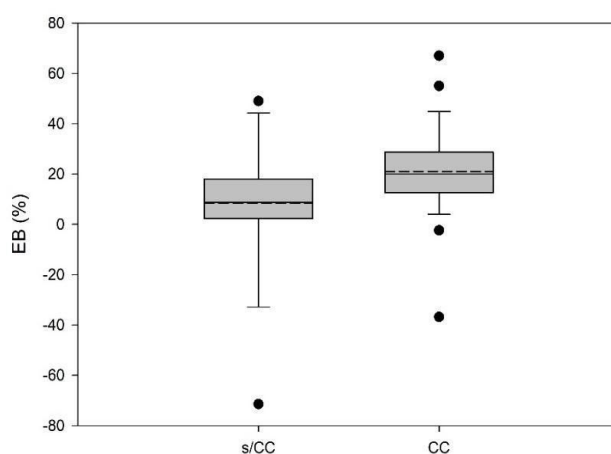


Figura 3. Gráfico box-plot que muestra la eficiencia de barbecho (EB) primaveral con (CC) y sin (s/CC) cultivo de cobertura. Ver explicación del gráfico y origen de datos en figura anterior.

4. Contenido de agua al momento de la siembra del cultivo sucesor.

La Figura 4 muestra que el contenido de agua al momento de la siembra del cultivo sucesor fue similar entre tratamientos con y sin CC tanto en el primero, como en el segundo metro de profundidad.

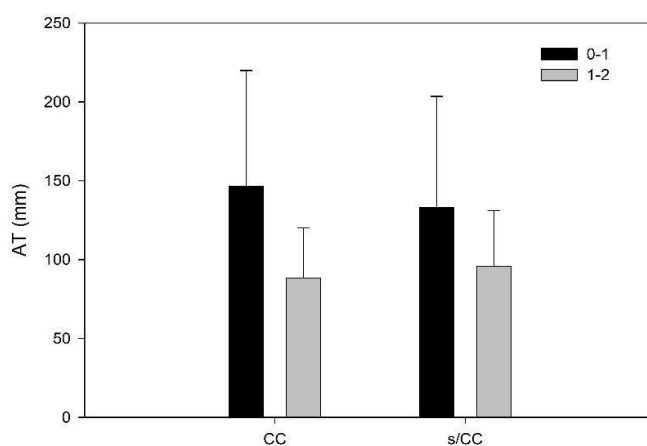


Figura 4. Agua total (AT) en momentos cercanos a la siembra del cultivo sucesor en el primer (0-1) y segundo metro de profundidad (1-2) de suelo. CC= Cultivo de cobertura, s/CC= Sin cultivo de cobertura. Las barras representan el desvío estándar.

Estos mismos resultados coinciden con los reportados por Rimski-Korsakov et al. (2015) cuando la duración entre el secado del CC y la siembra del cultivo sucesor fue mayor a dos meses. En términos generales esto se debería a que el costo hídrico fue compensado por el incremento de la eficiencia de barbecho en los tratamientos con cultivos de cobertura (Colazo et al., 2014). Un aspecto importante a destacar es la tendencia a un mayor contenido de humedad en el primer metro debido a las mejores condiciones para el almacenamiento de agua en el suelo. Esto facilita las oportunidades de siembra y mejoraría las condiciones de implantación del cultivo sucesor.

La diferencia de los niveles de agua en el suelo a la siembra (o en las primeras etapas) del cultivo sucesor entre las situaciones con y sin cultivo de cobertura depende del costo hídrico (que determina cuánto es el agua que debo recuperar), del cambio en la eficiencia de barbecho (ΔEB), y de las precipitaciones entre el secado y la siembra del cultivo sucesor (PP_{T-S}). Para recuperar el agua consumida se debe cumplir la siguiente expresión: $\Delta EB \times PP_{T-S} = CH$. Fijando diferentes valores de ΔEB y CH , y calculando la probabilidad de excedencia de precipitaciones, se puede asociar esta última como la probabilidad de recuperar o superar el agua consumida por el cultivo de cobertura para una determinada fecha de secado y posterior siembra del cultivo sucesor (Echeverría & Colazo, 2016). Como ejemplo se presenta la Tabla 1. La misma se construye teniendo en cuenta las precipitaciones (1988-2017) durante octubre y noviembre en Villa Mercedes, suponiendo una fecha de secado el 1 de octubre y una de siembra del cultivo sucesor el 1 de diciembre. La misma indica que, si el CH fue 30 mm y la ΔEB fue igual a 20%, la probabilidad de que llueva por encima del valor necesario para recuperar el agua, o sea 150 mm ($30 \text{ mm} = 150 \text{ mm} \times 20\% / 100$) es igual a 50%, lo que significa 1 de cada 2 años. Esto demuestra la importancia de no superar determinados valores de CH y de asegurar los tiempos necesarios entre el secado y la siembra del cultivo sucesor para permitir la recarga del perfil de suelo.

Tabla 1. Probabilidad de excedencia (%) de precipitaciones al 1 de diciembre para igualar el costo hídrico (CH) de un cultivo de cobertura secado el 1 de octubre en función de la diferencia entre eficiencias de barbecho primaverales (ΔEB) en Villa Mercedes según precipitaciones 1988-2017.

CH (mm)	ΔEB (%)		
	10	20	30
30	10	50	75
60	<1	10	30
90	<1	1	10

Sin embargo, un aspecto importante es que el efecto de la cobertura sobre el almacenamiento de agua en el suelo sigue funcionando durante las primeras etapas del cultivo (Colazo & Saenz, 2013). Es por ello que este mismo cálculo se puede realizar

teniendo en cuenta esto, y estimarse para un periodo entre el secado y esta etapa (Tabla 2).

Tabla 2. Probabilidad de excedencia (%) de precipitaciones al 1 de enero para igualar el costo hídrico (CH) de un cultivo de cobertura secado el 1 de octubre en función de la diferencia entre eficiencias de barbecho primaverales (Δ EB) en Villa Mercedes según precipitaciones 1988-2017.

CH (mm)	Δ EB (%)		
	10	20	30
30	30	90	99
60	<1	30	70
90	<1	3	30

5. Utilización de cultivos de cobertura a nivel de cuenca.

La estimación del uso actual de la tierra en la cuenca del Morro, el uso consuntivo de los cultivos de cobertura y la modelización a través de metodologías de balance hídrico, permitieron simular escenarios de excesos hídricos en función de la incorporación de distintas proporciones de cultivos de cobertura y pasturas (Saenz et al., 2016). La Figura 5 muestra el uso de la tierra en la cuenca y un balance hídrico, con consumos y excedentes. La incorporación de CC luego de soja, junto con forestación permitiría reducir los excedentes a la mitad. Esta estrategia muestra que, en el corto plazo, si bien no es posible eliminar los excedentes completamente, los CC pueden combinarse con pasturas o forestación en una estrategia integral para eliminar excesos hídricos.

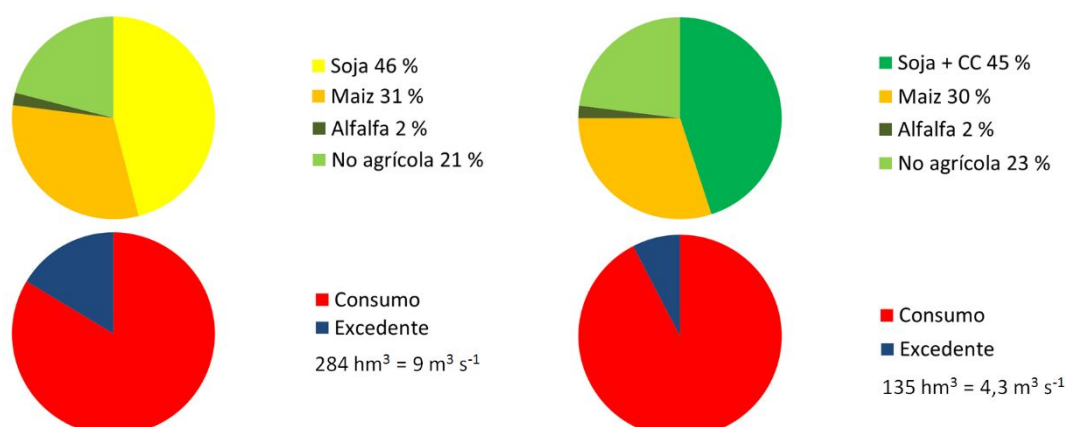


Figura 5. Izquierda: Proporción actual de cultivos y su balance hídrico en la cuenca del Morro. **Derecha:** Proporción de cultivos teniendo en cuenta el decreto reglamentario 3089-MMACyP-2016, el cual establece la inclusión de cultivos de cobertura luego de soja + 5% de forestación y su balance hídrico. Tomado de Saenz et al. (2016).

6. Consideraciones finales.

- El uso consuntivo medio de los cultivos de cobertura fue de 135 mm y su costo hídrico fue de 42 mm.

- En muchos sitios las eficiencias de barbecho en los tratamientos sin cultivos de cobertura fueron negativas durante el otoño-invierno.
- El incremento medio de la eficiencia de barbecho en primavera debido a la cobertura del CC fue de 13%.
- El agua a la siembra o durante las primeras etapas del cultivo sucesor fue similar entre tratamientos con y sin cultivo de cobertura.
- Las probabilidades de recuperar el agua pueden estimarse en función del costo hídrico, el cambio en las eficiencias de barbecho y el periodo entre el secado y la siembra o las primeras etapas del cultivo de verano siguiente.
- Los cultivos de cobertura pueden ser utilizados como una herramienta para el manejo agro-hidrológico tendiente a reducir el impacto de los excesos hídricos a nivel de cuenca.

7. Bibliografía consultada.

- Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. *Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA. 170 p.
- Álvarez, C; A Bagnato; M Eiza; P Carfagno; JC Colazo; C Saenz; C Cazorla; T Baigorria; M Barraco; G Varilla; W Miranda; A Lardone; S Rillo; E de Sa Pereira; H Krüger; S Prieto; C Bertón; L Más; H Forjan; A Quiroga & R Fernández. 2015. *Revisión de estudios conjuntos de la eficiencia del uso del agua en las regiones chaqueña y pampeana bajo cultivos de cobertura*. En: Actas de las II Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos, Santa Rosa.
- Barbero, V; T Coyos; JL Mercau & JC Colazo. 2016. *Inclusión de centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo de cobertura antecesor de maíz y soja, en el centro de la provincia de San Luis*. En: Chacra San Luis. Mejorar los sistemas productivos de la zona centro de San Luis en sus aspectos económicos y ambientales optimizando el uso del agua. Informe Final. Aapresid – INTA. 23 – 72 p.
- Colazo, JC & CA Saenz. 2013. *Cultivos de cobertura invernales: primeras experiencias en San Luis*. Horizonte Agropecuario 98 (07 – 2013).
- Colazo, JC; CA Saenz; JM de Dios Herrero & M Bongiovanni. 2014. *Aumento de la eficiencia de almacenamiento de agua en el suelo durante primavera por la inclusión de cultivos de cobertura en San Luis*. En: Actas del III Congreso Internacional del Agua, Villa Mercedes.
- Echeverría, JC & JC Colazo. 2016. *Generando conocimiento con un modelo teórico que aproxima a la probabilidad de éxito en secano en el centro oeste de Argentina: Factor Agua*. En: XIV Jornadas de Cuidemos Nuestro Mundo, San Luis.

- Fernández, R; A Quiroga & E Noellemeyer. 2012. *Cultivos de cobertura, ¿Una alternativa viable para la región semiárida pampeana?* Ciencia del Suelo 30(2): 137-150.
- López, MV & JL Arrué. 1997. *Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain.* Soil & Till. Res. 44: 35-54.
- Nielsen, D & M Vigil. 2010. *Precipitation Storage Efficiency during Fallow in Wheat-Fallow Systems.* Agro. J. 102(2): 537-543.
- Nielsen, D; D Lyon; G Hergert; R Higgins & J Holman. 2015. *Cover Crop Biomass Production and Water Use in the Central Great Plains.* Agron. J. 107(6):2047-2058.
- Rimski-Korsakov, H; CR Álvarez & R Lavado. 2015. *Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas.* J. Soil & W. Cons. 70(6): 134-140.
- Saenz, CA & JC Colazo. 2013. *Costo hídrico de cultivos de cobertura invernales en San Luis. Primeras experiencias.* En: Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero (Eds.). Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. Ediciones INTA. 16 – 20 p.
- Saenz, CA; N Rusoci & JC Colazo. 2016. *Balance hídrico de diferentes escenarios en la cuenca El Morro.* Información Técnica 192. INTA San Luis. 18 p.
- Unger, P & M Vigil. 1998. *Cover crops effects on soil-water relationships.* J. Soil & W. Cons. 53(3): 200-207.

4. CONTROL DE MALEZAS

Jorge Garay¹, Juan Cruz Colazo^{1,2} & Luis Mayer³

1. INTA, EEA San Luis. 2. UNSL, FICA. 3. Nidera

1. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas en la provincia de San Luis.

Las malezas tolerantes y resistentes, ocasionan graves problemas en varias regiones de la zona agrícola de San Luis, al afectar la producción de los principales cultivos: maíz, soja, sorgo y girasol, al igual que la de pasturas de alfalfa. La presencia de las malezas resistentes a glifosato, accasa, hormonales y/o als, es un problema que preocupa cada vez más a productores y asesores de la provincia de San Luis (Garay, 2015). Entre las latifoliadas predominan yuyo colorado (*Amaranthus palmeri*), rama negra (*Conyza bonariensis*), flor de santa lucía (*Commelina erecta*), ortiga mansa (*Lamium amplexicaule*), yerba del pollo (*Alternanthera pungens*) y botón blanco (*Borreria verticillata*). Entre las poáceas anuales y perennes tenemos a pata de gallina (*Eleusine indica*), capín arroz (*Echinochloa crus-galli*), roseta (*Cenchrus pauciflorus*), sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*), gramilla mansa (*Cynodon incompletus*), gramón (*Cynodon dactylon*), y cortadera chica (*Pappophorum spp*).

La necesidad de implementar algún tipo de control químico para la combinación de malezas resistentes en los cultivos estivales, implica un aumento notable en los costos. Este incremento en el uso de herbicidas, además de tener implicancias en términos económicos, también repercute en el ambiente aumentando el riesgo de contaminación cuando los mismos no son aplicados correctamente. En este sentido, la utilización de cultivos de cobertura (CC) surge como una oportunidad para revalorizar el manejo integrado de malezas (Figura 1).



Figura 1. Vista de parcelas de control de malezas con cultivos de cobertura en Villa Mercedes. **Izquierda:** Principios de octubre. **Derecha:** Finales de noviembre. Cn = Centeno, Tr = Trigo y s/CC = sin Cultivo de Cobertura.

2. Mecanismos de acción de los cultivos de cobertura.

Los cultivos de cobertura controlan a las malezas por: a) competencia, b) formar una barrera a la entrada de luz, c) regular la temperatura del suelo impidiendo la amplitud que favorece la emergencia y d) producir efectos alelopáticos al liberar compuestos que afectan la emergencia y desarrollo de malezas. Afectan la germinación y emergencia porque atenúan las señales ambientales necesarias para que las semillas pierdan su dormancia. La alelopatía implica la liberación de compuestos químicos, los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última. La definición abarca tanto los efectos perjudiciales como benéficos. Es necesario puntualizar que muchas sustancias con actividad alelopática tienen efectos benéficos a muy bajas concentraciones y, superado un determinado umbral, actúan negativamente sobre la planta receptora, este es el caso de los cultivos de cobertura sobre las malezas.

3. Síntesis de experiencias en la provincia de San Luis.

En el año 2013 se comparó el efecto de trigo y centeno como cultivos de cobertura en el control de malezas en Villa Mercedes (Figura 1). Ambas especies controlaron la aparición de malezas durante el periodo entre octubre y noviembre con una reducción del 98% en centeno y el 91% en trigo con respecto a una situación sin control químico ni cultivo de cobertura. En el año 2015 en Buena Esperanza se evaluó el efecto de la interacción entre el material y la fecha de siembra de los CC en la emergencia de malezas frente a otras estrategias de manejo basadas en un control químico a partir de agosto (BL, barbecho largo), a partir de octubre (BC, barbecho corto); además de un testigo sin control ni CC (Figura 2a). Los mayores controles se efectuaron con los cultivos de cobertura y el barbecho largo, sin diferencias entre materiales, ni efecto de la fecha de siembra.

En noviembre de 2015 se evaluó el efecto de triticale y centeno en Villa Mercedes, mostrando altas eficiencias de control comparadas con una estrategia de barbecho corto (Figura 2b). Durante el año 2016, se evaluó el efecto de cebada sobre la emergencia de malezas en Tilisarao. Se observó una disminución del 95% de malezas, entre ellas, botón blanco, rama negra y peludilla. El control de rama negra también fue observado en un ensayo en Juan Jorba, con reducciones de peludilla (*Gamochaeta subfalcata*) y falso alcanfor o alcanforero (*Heterotheca subaxillaris*) en cultivos de cobertura en base a centeno.

Para analizar el efecto de la inclusión de centeno y triticale en la dinámica de aparición de yuyo colorado, se evaluó desde octubre de 2015 a febrero de 2016 luego de ambos cultivos, comparado frente a un testigo sin herbicida (Figura 2c). Durante el año 2019

se monitoreó la evolución de la densidad de malezas con y sin cultivo de cobertura desde junio a diciembre en Villa Mercedes (Figura 2d).

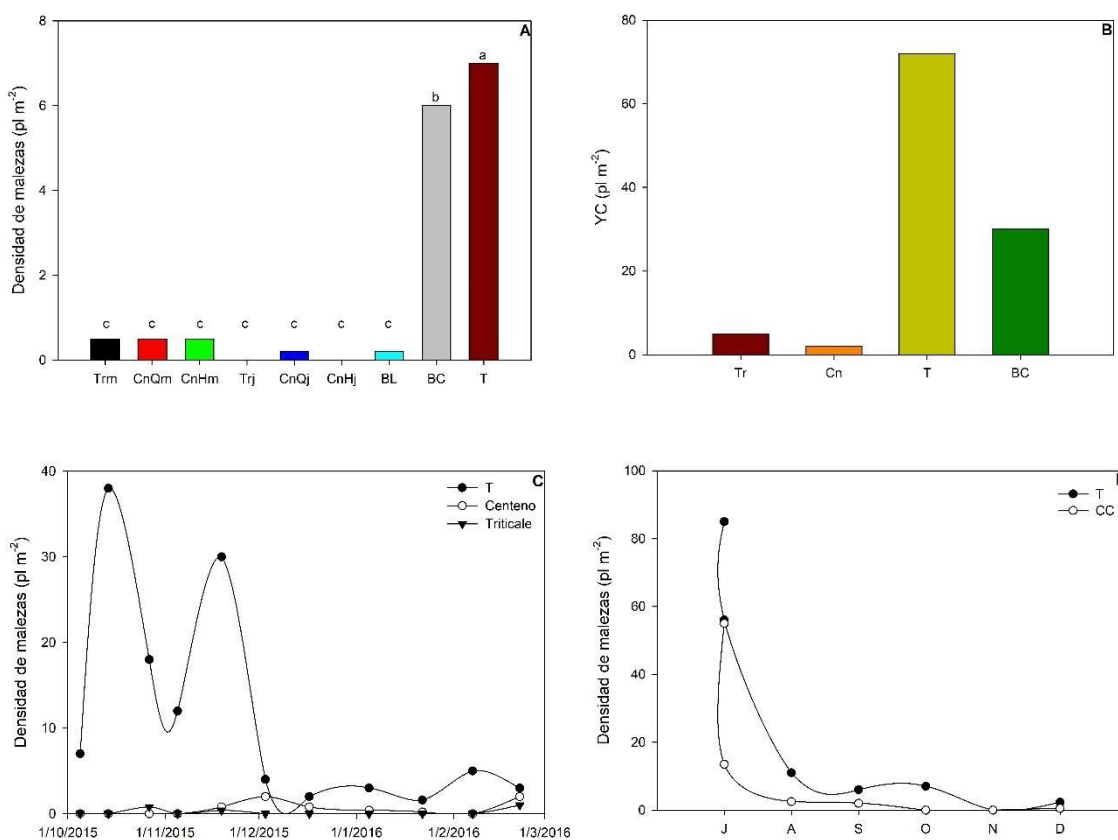


Figura 2. Densidad de malezas en: A. Buena Esperanza durante el año 2015 luego de triticale (Tr), Centeno v. Quehue (CnQ) y Centeno de ciclo largo (CnH), implantado en mayo (Xm) y junio (Xj), barbecho corto (BC) y control sin herbicidas (T); B. Villa Mercedes durante el año 2015; C. Villa Mercedes durante 2015-2016 y D. Villa Mercedes desde julio a diciembre de 2019.

Como parte de la línea de trabajo de la Chacra San Luis (Aapresid-INTA) se evaluó el efecto de centeno como cultivo de cobertura en dos secuencias de cultivos: soja-CC-maíz y maíz-CC-soja en cuatro ambientes de la provincia de San Luis (Barbero et al., 2016). La figura 3 resume los resultados encontrados según el grupo funcional de las malezas, en donde se observa una disminución sustancial de las mismas, destacando el rol que pueden tener en malezas de difícil control en algunas zonas como la roseta.

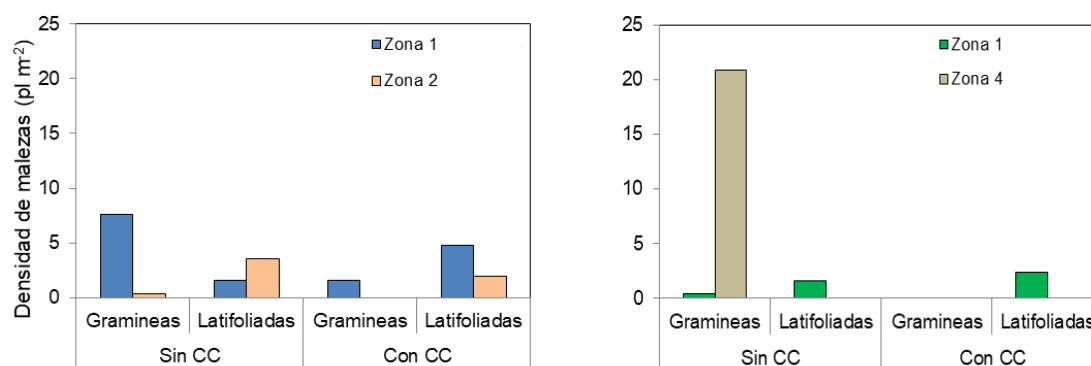


Figura 3. Densidad de malezas luego con y sin cultivo de cobertura (CC) en una rotación maíz – CC – soja (Izquierda) y soja – CC – maíz (derecha). El número de zonas indica diferentes ambientes del centro de San Luis. Adaptado de Barbero et al. (2016).

La síntesis de estos resultados permite inferir que los cultivos de cobertura son eficaces para controlar algunas malezas importantes en nuestra región, principalmente aquellas de ciclo otoño – invernal y la primera cohorte de las de ciclo primavera-estival: rama negra, brasicáceas, compuestas como cardos, yuyo colorado y algunas especies de poáceas anuales como roseta y pasto cuaresma. También en algunas ocasiones es posible controlar la cortadera chica (perenne) cuando rebrota en primavera. El mayor control se observa en malezas otoño-invernales. En nuestra provincia la evaluación de especies: centeno, triticale, trigo y cebada no muestran diferencias significativas cuando algunas de ellas son comparadas en conjunto. Otro aspecto a destacar es que se ha producido un control de malezas de entre el 95-100% al secado del CC con niveles de biomasa entre 1500 y 3000 kg de materia seca por ha, por debajo de niveles críticos establecidos en regiones más húmedas (Ustarroz, 2020).

4. La inclusión de cultivos de cobertura como herramienta en el manejo integrado de malezas y su impacto ambiental.

4.1. Manejo de cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura adecuadamente manejados pueden reemplazar en parte la utilización de herbicidas. Esto significa disminuir dosis de productos o la cantidad de herbicidas en mezclas en barbechos cortos o en preemergencia con el beneficio en la disminución de costos e impactos ambientales. Para el caso de las malezas con ciclo primavera-estival, la combinación con herbicidas residuales aplicados luego o durante el secado puede ser una buena alternativa para sinergizar ambas herramientas. Los cultivos de cobertura deben ser incluidos dentro de un programa de manejo integrado de malezas (MIM). No obstante, vale aclarar que para malezas muy agresivas y competitivas como el yuyo colorado gigante, controles elevados del orden del 90% en varias ocasiones no alcanzan a ser suficientes debido a la alta producción y dispersión

de sus semillas (aproximadamente 500.000 semillas por planta). Esto implica tener que implementar otras acciones adicionales como control manual de la maleza.

Un aspecto fundamental al momento de incluir cultivos de cobertura es planificar el posible efecto de los herbicidas residuales en la rotación. Los herbicidas que tienen mayor residualidad y pueden causar carryover pertenecen a las familias de las sulfonilureas, imidazolinonas, triazolopirimidinas, hormonales y triazinas. Se debe llevar un registro detallado de los herbicidas residuales y sus dosis, aplicados en cada lote, para de esta forma planificar sin riesgos los cultivos que siguen en la rotación.

4.2. Evaluación del impacto ambiental

El Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ, por su sigla en inglés), puede ser usado para comparar diferentes plaguicidas o bien diferentes programas de manejo de las malezas de forma de obtener que programa o herbicida presenta un menor o mayor impacto ambiental. Este coeficiente no sólo considera algunas propiedades físicas y químicas de los plaguicidas sino que considera aspectos relacionados con la ecotoxicología y efectos sobre la salud humana de cada uno de los plaguicidas en forma específica (Kovach et al., 1992).

Los valores de EIQ de cada herbicida se calculan según valores establecidos por la Universidad de Cornell², y posteriormente a partir de las dosis, número de aplicaciones y el ingrediente activo se calcula el EIQ de campo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$EIQ \text{ de campo} = EIQ \times \text{Porcentaje de ingrediente activo} \times \text{Dosis} \times \text{Número de aplicaciones}$$

A continuación se muestra un caso de cálculo del coeficiente de impacto ambiental de campo, comparando diferentes cultivos de cobertura (centeno y triticale), con tratamientos de aplicación de herbicidas en barbecho largo para el cultivo de maíz según un ensayo establecido en Buena Esperanza en 2016 (Tabla 1). El EIQ de campo con valores iguales o menores a 5 se considera muy bajo, el de 20 bajo y el de 45 medio.

² http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_2012herb.pdf

Tabla 1. EIQ de campo calculado para dos estrategias de control de malezas: CC = cultivo de cobertura secado en Octubre y un barbecho largo (BL), cuyo control se inició en agosto previo al cultivo de maíz. IA = ingrediente activo (%), Dosis (L o kg ha⁻¹).

T	Herbicida	EIQ	IA	Dosis	Aplicaciones	EIQ de campo
CC	Glifosato (secado CC)	15,33	0,48	3	1	22
	Glifosato (pre-siembra maíz)	15,33	0,48	2	1	14
	Atrazina	22,85	0,90	2	1	41
	<i>Total</i>					77
BL	Glifosato (inicio barbecho)	15,33	0,48	3	1	22
	2,4-D	16,67	0,8	0,7	1	9
	Dicamba	26,33	0,6	0,1	1	2
	Sub-total					33
	Glifosato (pre-siembra maíz)	15,33	0,48	2	1	14
	Atrazina	22,85	0,90	2,5	1	51
	S-metalocloro	22	0,96	1	1	21
	Sub-total					94
	<i>Total</i>					127

El rolo para CC puede ser utilizado para interrumpir el ciclo de gramíneas anuales como, centeno, trigo, avena, y cebada, como así también el de algunas leguminosas anuales (vicia, melilotus). La mayor parte de las investigaciones utilizando rolos se ha realizado en gramíneas anuales de invierno, aunque también se han evaluado leguminosas como vicia villosa, arveja, y trébol encarnado. La susceptibilidad al rolado de una gramínea es dependiente de su estado fenológico, siendo mayor mientras más avanzado esté el ciclo, aunque el período más recomendado para el secado es en anthesis ya que se minimiza de esta manera los riesgos de rebrote (Baigorria et al., 2019).

5. Consideraciones finales.

- Los cultivos de cobertura han mostrado ser eficaces para controlar algunas malezas problemáticas en la provincia de San Luis.
- En los planteos actuales no reemplazan el uso de herbicidas, sin embargo permite disminuir el número de aplicaciones y dosis, reduciendo el impacto ambiental.
- No se han observado diferencias entre especies en los ensayos, cuando los niveles se encuentran entre 1500-3000 kg MS ha⁻¹.

6. Bibliografía Consultada.

Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. *Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA. 170 p.

- Arroyo, D; J Garay; M Demaría & R Rauber. 2019. *Malezas del semiárido central argentino*. Ediciones INTA.
- Baigorria, T; C Álvarez; C Cazorla; P Belluccini; B Aimetta; V Pegoraro; M Boccolini; B Conde; V Faggioli; J Ortiz & D Tuesca. 2019. *Impacto ambiental y rolado de cultivos de cobertura en producción de soja bajo siembra directa*. Ciencia del Suelo 37(2):355-366.
- Barbero, V; T Coyos; JL Mercau & JC Colazo. 2016. *Inclusión de centeno (Secale cereale L.) como cultivo de cobertura antecesor de maíz y soja, en el centro de la provincia de San Luis*. En: Chacra San Luis. Mejorar los sistemas productivos de la zona centro de San Luis en sus aspectos económicos y ambientales optimizando el uso del agua. Informe Final. Aapresid – INTA. 23 – 72 p.
- Buratovich, MV & HA Acciaresi. 2017. *Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales*. Revista de Tecnología Agropecuaria 35: 47-50.
- Garay, JA. 2015. *Problemática de las malezas en la provincia de San Luis*. I Congreso regional de buenas prácticas fitosanitarias. Ministerio del Campo. Gobierno de la provincia de San Luis.
- Garay, JA. 2017. *Cultivos de Cobertura y su efecto en el control de malezas*. 3er Simposio de malezas y herbicidas, Productividad y medio ambiente, enfoques a integrar o misión compartida? Santa Rosa La Pampa.
- Garay, JA. 2018. *Cultivos de cobertura como estrategia de control de malezas con menor impacto ambiental*. Nuevo ABC RURAL. Diciembre de 2018.
- Garay, JA; JC Colazo; E Scappini; R Rivarola; A Verges; H Bernasconi & A Suárez. 2015. *Patrón de emergencia del yuyo colorado (Amaranthus palmeri) en la provincia de San Luis*. En: Actas del XXII Congreso Latinoamericano de Malezas – I Congreso Argentino de Malezas.
- Kovach, J; C Petzoldt; J Degni & J Tette. 1992. *A method to measure the environmental impact of pesticides*. N.Y. Food Life Sci. Bull. 139:139–146.
- Montoya, JC; JM Cervellini & C Porfiri. 2015. *Supresión de rama negra (Conyza bonariensis var. angustifolia) mediante el uso de cultivos de cobertura*. XII Congreso de la ALAM, I Congreso de la ASACIM.
- Montoya, JC; JA Garay & JM Cervellini. 2015. *Amarantáceas en la región semiárida central argentina: La Pampa y San Luis*. Boletín de divulgación técnica 113. EEA Anguil. Ediciones INTA.
- Oliva, J. 2018. *El problema del carryover*. Manejo eficiente de los herbicidas: Como evitar el efecto de carry over.

Osipitan, OA; JA Dille; Y Assefa & SZ Knezevic. 2018. Cover Crop for Early Season Weed Suppression in Crops: Systematic Review and Meta-Analysis. *Agron. J.* 110(6): 2211-2221.

REM 2017. *Cultivos de cobertura en Argentina: Qué se está haciendo y qué falta.* Informe técnico REM AAPRESID.

5. CONTROL DE EROSIÓN EÓLICA EN MANÍ

Juan Cruz Colazo^{1,2} & Marcela Genero³

1. INTA, EEA San Luis. 2. UNSL, FICA. 3. INTA, AER Huinca Renanco

1. Introducción.

En los últimos 5 años se han implantado un promedio de 16142 ha de maní en San Luis, principalmente sobre suelos del E de la provincia (MAGyP, 2020). Muchos de estos suelos poseen un alto riesgo a la erosión eólica debido a su escasa agregación por sus altos contenidos de arena (Figura 1, Colazo et al., 2013). Además, el disturbio producido por el arrancado incrementa aún más este riesgo por lo que se hace necesario la utilización de técnicas de control de la erosión basadas en el uso de cobertura vegetal (Allochis & Quintana, 2016; Colazo & Buschiazzi, 2010; Rienzi et al., 2018). En este sentido se promulgó el decreto reglamentario 4105-MdelC-2011 enmarcado en la ley provincial de suelos (IX-0315-2004) que obliga al uso de cultivos de cobertura luego de maní en la provincia de San Luis (El mismo será detallado en el capítulo correspondiente a legislación).

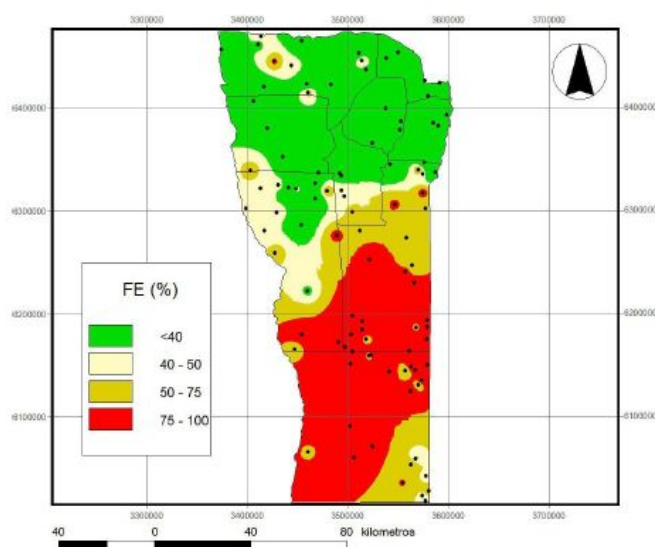


Figura 1. Riesgo a la erosión eólica, expresada como la proporción de la fracción erosionable por el viento en el suelo (FE). Tomado de Colazo et al. (2013).

2. Principios de la técnica.

Mantener el suelo cubierto, es una de las prácticas más efectivas para disminuir las tasas de erosión eólica, especialmente en periodos donde el viento es de alta frecuencia e intensidad. La vegetación, al igual que cualquier elemento rugoso, reduce la fuerza generada por el viento, disminuyendo la velocidad y permitiendo la sedimentación de partículas (Méndez, 2010). Aproximadamente con un 30% de cobertura se controla más del 80% de la erosión (Figura 2). Sin embargo, con altas velocidades de viento son posibles altas tasas de erosión eólica con niveles menores al 50% de cobertura (Méndez & Buschiazzi, 2015).

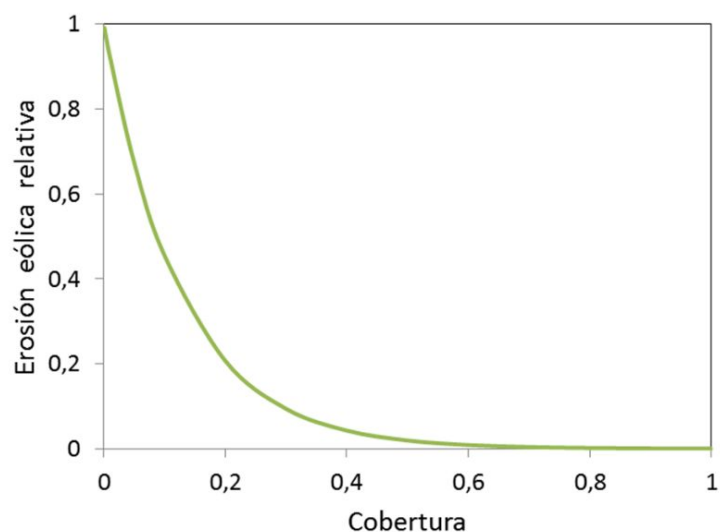


Figura 2. Relación entre la erosión eólica relativa (con cobertura/sin cobertura) y el nivel de cobertura. Elaborado con datos de Méndez (2010).

Teniendo en cuenta la secuencia de cultivos, la inclusión de cultivos de cobertura invernales generaría una dinámica de cobertura vegetal en donde se sincronizan altos niveles de cobertura durante la época de mayor erosividad en la región central del país (Figura 3). Buschiazzo & Méndez (2013) demostraron mediante el uso de modelos de predicción que el riesgo de erosión es mayor en los barbechos de los cultivos estivales que en cultivos invernales creciendo en la región.

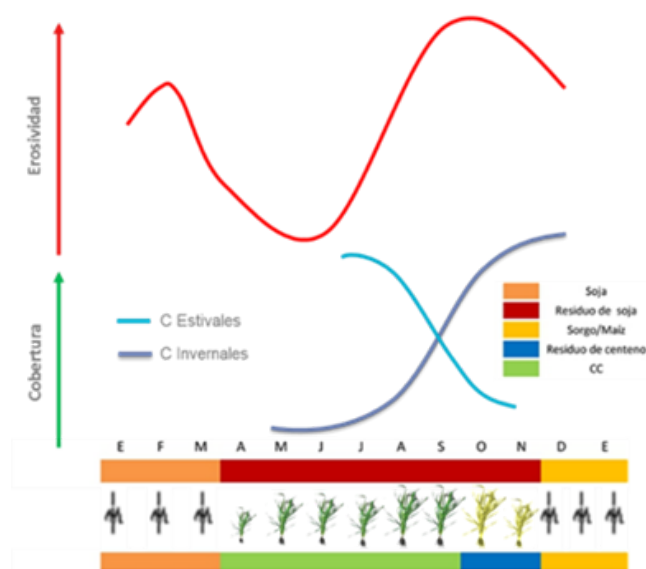


Figura 3. Dinámica de erosividad eólica y cobertura vegetal en la región pampeana. Elaboración propia.

3. Implantación del cultivo de cobertura.

Las alternativas para la implantación del cultivo de cobertura pueden clasificarse principalmente en función del momento del arrancado y la cosecha de maní. El

método más utilizado en la provincia es la siembra al voleo antes del arrancado. El momento debe ser lo más próximo al arrancado, siendo preferible inmediatamente antes del mismo, lo que generalmente ocurre entre abril y mayo. Para ello se utilizan máquinas de tipo pendular (de arrastre o autopropulsadas). El cultivo más usado como ha sido el centeno, en densidades que varían entre 15 y 40 kg ha⁻¹ dependiendo de su variedad, logrando muy buenos resultados en cuanto a niveles de implantación y cobertura de suelo. En general, las densidades más bajas logran un buen nivel de macollaje cuando la siembra es temprana, pero si se desea controlar malezas su efectividad se reduce.



Figura 4. Implantación del cultivo de cobertura al voleo previo al arrancado de maní.

4. Implantación del cultivo de cobertura y control de la erosión eólica.

La siguiente sección muestra la síntesis de los resultados sobre la implantación, producción de biomasa aérea y el control de las tasas de erosión eólica mediante el uso de CC durante el periodo 2015-2017 en diferentes sitios del suroeste de Córdoba. Los mismos fueron seleccionados debido a que las características de los suelos y la forma de aplicación del cultivo de cobertura son similares a las condiciones de San Luis.

En cada uno de los sitios existió un tratamiento con y sin cultivo de cobertura luego de maní. Utilizamos centeno, aproximadamente 40 kg ha⁻¹, implantado al voleo previo al arrancado durante mayo en 2015 y 2016, y junio en 2017 en Huinca Renancó, y durante abril de 2016 en Villa Valeria. Al momento del secado (octubre) la biomasa aérea del cultivo de cobertura fue evaluada por corte con un aro de 0,5 m² por triplicado. En cada tratamiento se cuantificó el material erosionado en una parcela de 1 ha compuesta por 4 mástiles con tres colectores Big Spring Number Eight (BSNE) dispuestos a 0,135 m; 0,5 m y 1,5 m de altura (Figura 5). Para estimar la eficiencia de

control, se calculó la erosión relativa (ER). Cuanto menor es este valor, mayor es la eficiencia de control del CC. El mismo fue calculado como el cociente entre el sedimento recolectado en la parcela con cultivo de cobertura y el de la parcela sin cultivo de cobertura (CC/sCC), en cada muestreo.



Figura 5. Vista de mástil con un arreglo de colectores BSNE en una parcela sin cultivo de cobertura.

La Figura 6 muestra la implantación y la biomasa aérea del cultivo de cobertura. La implantación media fue de 67 plántulas m^{-2} . La producción de biomasa aérea fue en promedio 2951 kg MS ha^{-1} . En general, las alternativas al voleo poseen un menor coeficiente de logro comparado con la siembra tradicional. Sin embargo, la posibilidad de adelantar el momento de implantación favorece una mayor captación de recursos (Genero, 2020).

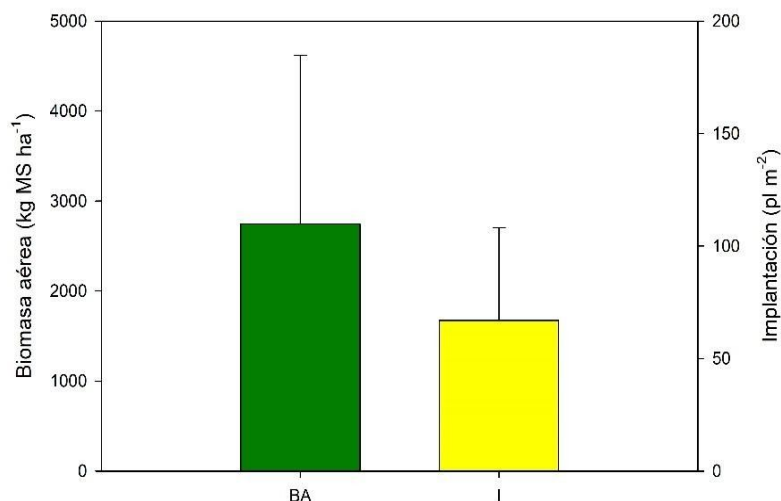


Figura 6. Biomasa aérea (BA) al momento del secado e implantación (I) de cultivos de cobertura luego de maní durante 2015-2017. Las barras indican el desvío estándar, (n=4).

La erosión relativa (ER) fue 71,3 % entre agosto y septiembre y 32,9% luego de este periodo (Figura 7). La disminución de ER, y por ende la mayor eficiencia de control está relacionada con el incremento de la cobertura vegetal. En general, a partir de estos momentos se alcanzan los niveles necesarios para controlar la erosión. En la condición más extrema, durante el año 2015, prácticamente sin precipitaciones durante el invierno, este umbral fue alcanzando a partir de los 400 kg MS ha⁻¹ (Colazo et al., 2017).

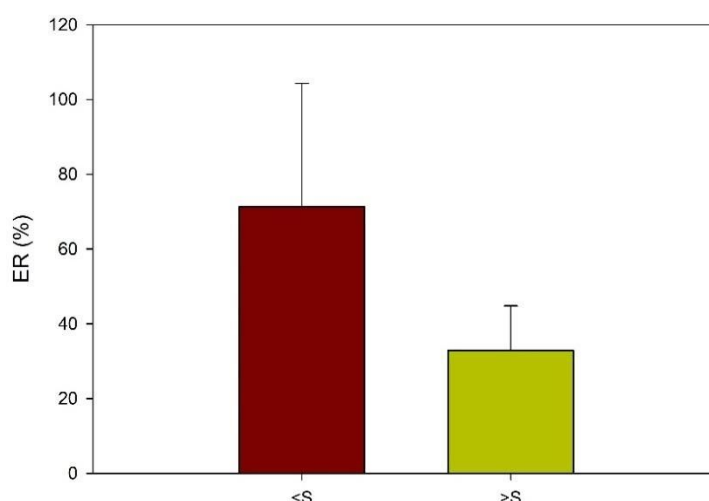


Figura 7. Erosión eólica relativa (ER) en cultivos de cobertura implantados al voleo medida antes (<S) y luego (>S) de septiembre durante 2015-2017. Las barras indican el desvío estándar, n=4.

5. Consideraciones finales.

- Los cultivos de cobertura han mostrado ser una técnica eficiente para disminuir la erosión eólica luego de maní.
- La eficiencia de control de la técnica depende de alcanzar niveles de cobertura superiores al 30%. Con implantaciones al voleo las mismas se lograron aún en condiciones hídricas limitantes.

6. Bibliografía consultada.

- Allochis, H & V Quintana. 2016. *Efecto del maní sobre las propiedades físicas y la erosión eólica en suelos de texturas contrastantes de la Región Semiárida Pampeana*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. UNLPam. 32 p.
- Buschiazzi, DE & MJ Méndez. 2013. *Erosión eólica en barbechos para cultivos de invierno y verano en la Región Semiárida Central Argentina*. En: Barbosa OA & JC Colazo (Eds.). Primeras jornadas nacionales de suelos de ambientes semiáridos y segundas jornadas provinciales de agricultura sustentable

- Colazo, JC & DE Buschiazzo. 2010. *Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina*. Geoderma 159: 228-236.
- Colazo, JC; JM de Dios Herrero, OA Barbosa & DE Buschiazzo. 2013. *Distribución espacial del riesgo de erosión eólica en la provincia de San Luis*. En: Actas de las Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos, Buenos Aires.
- Colazo, JC; RJ Haro; MI Genero; M Vicondo; C Cazorla & C Álvarez. 2017. *Efectos de un Cultivo de Cobertura post-maní sobre el control de la erosión eólica en Huinca Renancó*. Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales 9. Maní: 80-84.
- Genero, MI. 2020. *Evaluación de cultivos de cobertura en siembras aéreas y pérdidas de cosecha en maní*. Informe técnico. Disponible en: <https://inta.gob.ar/>. Verificado el 18 de junio de 2020.
- Méndez, MJ. 2010. *Medición y predicción de la erosión eólica en la región semiárida argentina*. Tesis para optar al grado de doctor en agronomía. UNS, Bahía Blanca. 138 p.
- Méndez, MJ & DE Buschiazzo. 2015. *Soil coverage evolution and wind erosion risk on summer crops under contrasting tillage systems*. Aeolian Res. 16: 117 – 124.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). 2020. *Estimaciones Agrícolas*. Disponible en: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/>. Verificado el 18 de junio de 2020.
- Rienzi, E; A Marchi & G Rodriguez. 2018. *Aggregate Size, Particulate and Total Organic Carbon in Different Land Uses on a Sandy Loam Soil Exposed to Wind Erosion*. Adv. Agric. Sci. 6(3): 95-111.

6. APOORTE DE CARBONO ORGÁNICO, DINÁMICA DE NITRÓGENO, MICROBIOLOGÍA DE SUELOS E INTEGRACIÓN CON SISTEMAS GANADEROS

Juan Cruz Colazo^{1,2}, Juan de Dios Herrero^{1,3}, Silvia Toresani⁴ & Alejandro Perticari⁵

1. INTA, EEA San Luis. 2. UNSL, FICA. 3. UNViMe. 4. UNR, FCA. 5. INTA, AER Concarán.

1. Aporte de carbono orgánico.

Existen pocas mediciones del efecto de cultivos de cobertura (CC) sobre el contenido de carbono orgánico (CO) en el suelo en el corto plazo (<1 año) y ninguna de este efecto durante periodos mayores en suelos de la provincia. En Buena Esperanza, en un suelo arenoso, el suelo bajo cultivo de cobertura presentó mayores valores de carbono orgánico respecto al mismo suelo sin cultivo de cobertura a la siembra del cultivo sucesor, luego de dos meses. Este incremento se asoció al aumento del carbono orgánico particulado (Álvarez et al., 2016). Por el otro lado, cuando se comparó el contenido de CO en suelos francos, no existieron diferencias estadísticas por la inclusión de centeno como cultivo de cobertura (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de carbono orgánico (CO) en los primeros 20 cm en tres suelos de la provincia de San Luis con (CC) y sin (s/CC) cultivo de cobertura. UT = Ustipsamente Típico, HE = Haplustol Éntico y HT = Haplustol Típico. L+A = Limo + Arcilla. Distintas letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0,05$).

Suelo	L+A (%)	CO (%)	
		CC	s/CC
UT	16	0,6 a	0,4 b
HE	70	1,3 a	1,4 a
HT	78	1,7 a	1,8 a

Es probable que esta diferencia entre suelos arenosos y francos se deba a la condición inicial y al nivel de saturación de carbono orgánico de los suelos. En los suelos de la provincia se ha verificado la relación entre el nivel de CO y el contenido limo + arcilla (de Dios Herrero et al., 2014). En el caso de Buena Esperanza, los niveles iniciales de CO son bajos, mientras que en los restantes se encuentran dentro de los valores esperados según sus texturas. En un reciente meta análisis se comprobó que el cambio en el contenido CO por la inclusión de cultivos de cobertura se correlacionó negativamente con el contenido inicial de CO (Jian et al., 2020).

2. Dinámica de Nitrógeno.

Los cultivos de cobertura pueden ser fuente o destino de nitrógeno (Doran & Smith, 1991). Esto es importante cuando el cultivo de cobertura se establece antes de maíz o sorgo. La selección de la especie, el estado fenológico al secado y el tiempo entre el secado y la siembra del cultivo sucesor son los aspectos de manejo más importantes que determinan esta dinámica (Singh et al., 2020). Los residuos de cereales, con una alta relación C/N, poseen una baja tasa de mineralización, inmovilizando el N y

disminuyendo la disponibilidad del mismo para el cultivo siguiente. Por el otro lado, debido al aporte de la fijación biológica de N_2 y las altas tasas de descomposición de sus residuos, las leguminosas aumentan la disponibilidad inicial de N, aunque también el riesgo de lavado de nitratos si estos no son consumidos (Chen et al., 2014; Sievers & Cook, 2018).

La Figura 1 muestra el rendimiento de maíz luego de centeno, vicia y su combinación con labranza vertical en un Haplustol Típico cercano a San Martín durante la campaña 2019-2020. Se observa la siguiente tendencia en el rendimiento en grano del maíz: centeno < s/CC < vicia. Esta dinámica estaría relacionada con el N, ya que el agua a la siembra fue similar entre tratamientos.

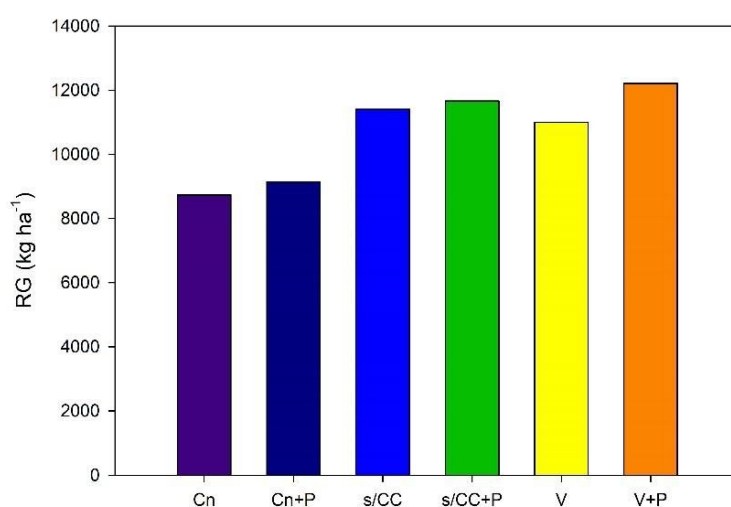


Figura 1. Rendimiento en grano (RG) de maíz luego de diferentes combinaciones de cultivos de cobertura y labranza vertical en San Martín (San Luis) durante el año 2019. Cn = centeno, P= Paratill, s/CC = sin Cultivo de cobertura, V= vicia. Datos cortesía de Flavio Bértola.

3. Microbiología de suelos. Algunos resultados preliminares.

El análisis microbiológico de muestras de suelo para determinar su fertilidad biológica se ha incrementado en los últimos años en el estudio de las ciencias del suelo, asociada al concepto de calidad de suelo y a la relación entre los factores físicos, químicos y biológicos. Los cambios en las poblaciones de organismos edáficos, evaluados a través de la actividad microbiana, podrían constituir una señal temprana de mejora o advertencia de la degradación de un suelo como consecuencia de prácticas de manejo, incluso antes que las propiedades físicas y químicas (Doran & Parkin, 1994).

La Tabla 2 muestra parámetros microbiológicos en muestras tomadas de los primeros 20 cm de un Haplustol Éntico (id 17 en Anexo 1). Se observa el efecto de la incorporación de un cultivo de cobertura (CC), con valores mayores en el carbono de la

biomasa microbiana (CBM) y fosfatasa, así también cuando es combinado con labranza vertical (CC+P) en la actividad enzimática global, fosfatasa, arilsulfatasa y betaglucosida, comparado con el suelo sin cultivo de cobertura (s/CC). El suelo de referencia bajo vegetación natural (VN), presentó valores elevados en la mayoría de los parámetros evaluados, lo que es lógico dada sus características prístinas o de baja antropización, presentan vegetación permanente que realiza un continuo aporte de residuos orgánicos y una abundante masa de raíces que promueve la secreción de sustancias y estimulan la microbiota edáfica. No se observa un mayor valor en CBM en monte como es esperable, posiblemente debido al alto coeficiente de variación determinado.

Tabla 2. Carbono de la biomasa microbiana (CBM), Actividad enzimática global (FDA), Fosfatasa ácida, Arilsulfatasa y β -glucosidasa en un Haplustol Éntico sin cultivo de cobertura (S/CC), bajo vegetación natural (VN) con cultivo de cobertura (CC) y con cultivo de cobertura combinado con labranza vertical (CC+P).

	CBM		FDA		Fofatasa		Aril sulfatasa		B-Glucosidasa	
	$\mu\text{g CBM g}^{-1}$	CV (%)	$\mu\text{g Fl. g}^{-1} \text{h}^{-1}$	CV (%)	$\mu\text{g PN g}^{-1} \text{h}^{-1}$	CV (%)	$\mu\text{g PN g}^{-1} \text{h}^{-1}$	CV (%)	$\mu\text{g PN g}^{-1} \text{h}^{-1}$	CV (%)
s/CC	66,7	24	57,4	9	340	7	10,5	9	127,4	0
VN	89,9	21	136,7	14	1118	1	29,5	3	222,3	10
CC	100,8	6	35,6	0	371,8	0	12,7	0	108,3	8
CC+P	42,3	14,6	61,5	12	406,2	1	39,9	7	223,3	12

4. Integración con sistemas ganaderos.

Si bien algunos autores definen que el CC es un cultivo sin resultado económico, otros afirman que un CC puede ser aprovechado como forraje, si se respetan determinados niveles de cobertura (Franzluebber & Stuedemann, 2008). Son pocos los trabajos que analizan el impacto económico y ambiental del pastoreo de los mismos. La escasa literatura sobre esta práctica, indica que no se han observado grandes impactos negativos sobre el suelo, el ambiente y el rendimiento de los cultivos posteriores (Drewnoski et al., 2018). Sin embargo, los efectos del pastoreo sobre el suelo son dependientes de su tipo e intensidad, el estado de humedad en el suelo al momento del mismo y factores como el tipo de suelo y el clima (Abdalla et al., 2018).

Es por ello que durante el año 2019 llevamos adelante una experiencia en las cercanías de Los Molles (Colazo et al., 2020). El cultivo de cobertura utilizado fue centeno, sembrado el 16 de abril con una densidad de 30 kg ha^{-1} . El mismo fue pastoreado diariamente desde el 28 de junio hasta el 2 de agosto, lo que representó una carga instantánea de 87 terneros por ha.

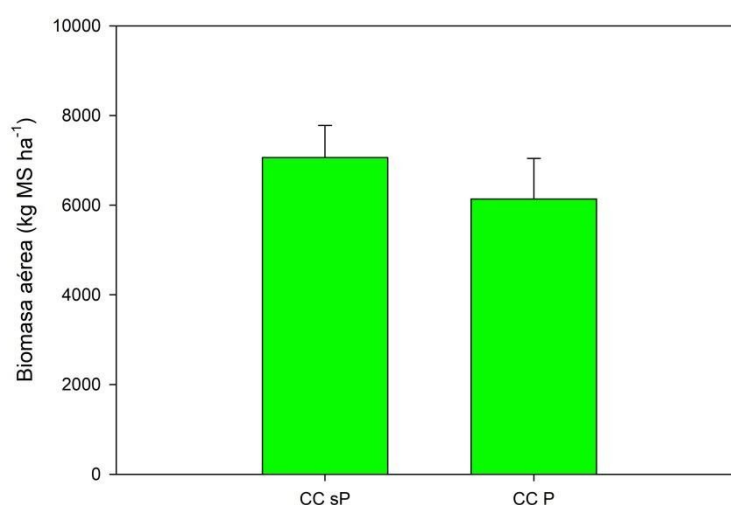


Figura 2. Producción de biomasa al secado de un cultivo de cobertura con (CC P) y sin pastoreo (CC sP) en Los Molles (San Luis) durante el año 2019. Las barras indican el desvío estándar (n=3).

El pastoreo del CC no afectó la resistencia a la penetración, ni la densidad aparente ni el contenido de CO, aunque observamos una menor infiltración al momento de la siembra del cultivo sucesor (Figura 3). Existen evidencias que muestran que no existen efectos del pastoreo en la compactación cuando la carga de animales no es alta y las condiciones son secas (Carvalho et al., 2018).

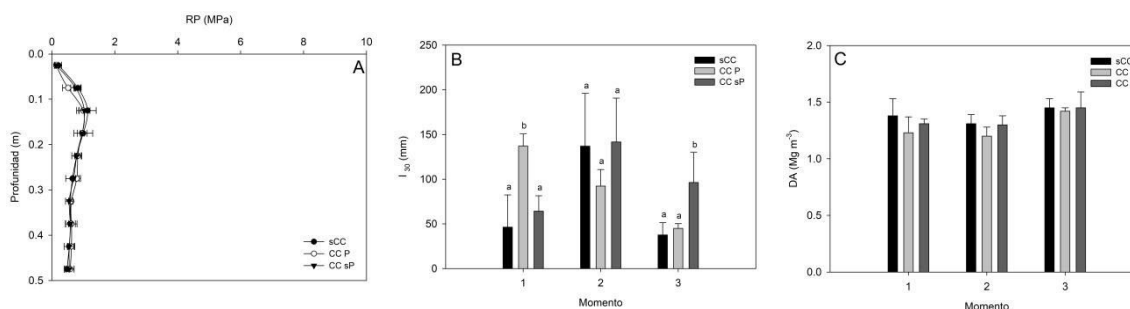


Figura 3. A. Perfiles de resistencia a la penetración (RP) a la siembra del cultivo sucesor, B. Infiltración acumulada a los 30 minutos (I_{30}) y C. Densidad Aparente (DA) bajo un suelo sin cultivo de cobertura (sCC) y un cultivo de cobertura con (CC P) y sin (CC sP) pastoreo. 1 = siembra CC, 2 = secado CC y 3= siembra cultivo sucesor. Distintas letras indican diferencias significativas, y barras el desvío estándar (n=3). Tomado de Colazo et al. (2020).

Durante los 35 días de pastoreo la ración de los terneros fue complementada con maíz, silo y suplementos. La ganancia diaria de los terneros fue de aproximadamente 1 kg, lo que representó una utilidad de \$1843 por animal. Esta alternativa fue comparada con animales similares alimentados exclusivamente a corral, mostrando ganancias de peso vivo y utilidades similares. Esto demuestra que los CC pueden incluirse dentro de un sistema integrado entre ganadería y agricultura, en donde el pastoreo del mismo

puede realizarse de manera parcial, contribuyendo a disminuir el costo económico de esta práctica.

5. Consideraciones finales.

- Solamente se han encontrado incrementos de carbono orgánico en un suelo arenoso, con bajos niveles iniciales del mismo.
- Existen algunos resultados que muestran disminuciones de rendimiento de maíz luego de centeno e incrementos luego de vicia, asociados a la dinámica de nitrógeno.
- Es posible pastorear un cultivo de cobertura sin efectos negativos importantes en el suelo cuando el mismo es leve.

5. Bibliografía consultada.

- Abdalla, M; A Hasting; D Chadwick; D Jones; C Evans; M Jones; R Rees & P Smith. 2018. *Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands*. Agric. Eco. Environ. 253:62-81.
- Álvarez, C; M Barraco; C Cazorla; JC Colazo; JM de Dios Herrero; A Lardone; P Girón; S Restovich & S Rillo. 2016. *Mejora de propiedades edáficas con inclusión de cultivos de cobertura en agroecosistemas pampeanos*. En: Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto.
- Carvalho, PDF; C Peterson; P Nunes; A Posselt Martins; W de Souza Filho; V Thoma Bertolazi; T Robinson Kunrath; A de Moraes & I Anghinoni. 2018. *Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: Toward sustainable intensification*. J. Anim. Sci. 96(8):3513-3525.
- Chen, B; E Liu; Q Tian; C Yan & Y Zhang. 2014. *Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review*. Agron. Sustain. Dev. 34: 429–442.
- Colazo, JC; JM de Dios Herrero; S Lorenzo; C Saenz; J Saavedra & V Anomale. 2020 *¿Cultivos de Servicio y Ganadería?* En: Actas del XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Corrientes.
- de Dios Herrero, J; JC Colazo & DE Buschiazzi. 2014. *Balance de carbono, efecto del manejo en suelos de San Luis*. En: Actas del XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del suelo & II Reunión Nacional de Materia Orgánica y Sustancias Húmicas, Bahía Blanca.
- Doran, JW & M Smith. 1991. *Role of cover crops in nitrogen cycling*. In: Hargrove, WL (Ed.). Cover Crops for Clean Water. SWCS. Ankeny, IA. 85-90 p.

- Doran, JW & TB Parkin. 1994. *Defining and assessing soil quality*. In: Doran, JW; DC Coleman; DE Bezdicek & BA Stewart (Eds.). *Defining soil quality for sustainable environment*. SSSA. Madison, WI. 3-21 p.
- Drewnoski, M; J Parsons; H Blanco-Canqui; D Redfearn; K Hales & J MacDonald. 2018. *Forages and pastures symposium: cover crops in livestock production: whole-system approach. Can cover crops pull double duty: conversation and profitable forage production in the Midwestern United States?* J. Anim. Sci. 96(8):3503-3518.
- Franzluebbers, AJ & JA Stuedemann. 2008. *Soil physical responses to cattle grazing cover crops under conventional and no tillage in the Southern Piedmont USA*. Soil & Till. Res. 100:141–153.
- Jian, J; X Du; M Reiter & R Stewart. 2020. *A meta-analysis of global cropland soil carbon changes due to cover cropping*. Soil Biol. & Biochem. 143: 107735.
- Sievers, T & RL Cook. 2018. *Aboveground and root decomposition of cereal rye and hairy vetch cover crops*. Soil Sci. Soc. Am J. 82(1):147-155.
- Singh, G; A Thilakarathne; K Williard; J Schoonover; RL Cook; K Gage & R McElroy. 2020. *Tillage and legume non-legume cover cropping effects on corn–soybean production*. Agron. J. 12(4): 2636:2648.

7. ASPECTOS ECONÓMICOS

Marcelo Bongiovanni^{1,2}

1.UNSL, FICA. 2. Bongiovanni Agro SRL

1. Introducción.

Desde hace más de 20 años, en el E de la provincia de San Luis, se ha registrado un fuerte proceso de intensificación de la actividad agrícola. Los sistemas productivos dominantes, en secano, tienen a la soja y el maíz como los únicos cultivos integrantes de la rotación, en más del 90% de los casos. Estos sistemas agrícolas están conducidos mayoritariamente en siembra directa, pero debido a las características ambientales de la provincia, el nivel de cobertura resulta inadecuado en muchas situaciones, y los suelos sufren pérdidas de su fertilidad física y química. En este contexto, la incorporación de los cultivos de cobertura (CC) invernales resulta muy beneficiosa para el sistema productivo, produciendo rastrojos con alta relación C/N, mejorando la cobertura y la fertilidad de los suelos, disminuyendo la incidencia de malezas, entre otros servicios aportados. La adopción de los CC a los planteos agrícolas implica, como toda nueva tecnología, la toma de decisiones y cambios a nivel de manejo agronómico, de logística y de los costos de insumos y labores.

2. Diferentes alternativas.

A continuación se detallan los costos de diferentes alternativas de implantación de cultivos de cobertura en función del tipo de implantación y nivel tecnológico utilizado.

2.1. Alternativa 1. Implantación (siembra directa) luego de la cosecha de soja utilizando semilla fiscalizada.

La Tabla 1 muestra los costos para la implantación de un cultivo de cobertura utilizando semilla fiscalizada, mediante siembra directa. El costo de labor representa el 49%, mientras que la semilla un 28% y el costo de secado un 23%.

Tabla 1. Análisis económico de la alternativa 1. SD = Siembra directa. 1 u\$s = \$ 74,84 (Dólar divisa BNA).

Item	Referencia	Cantidad (Un ha ⁻¹)	Precio unitario (u\$s Un ⁻¹)	Sub-Total (u\$s ha ⁻¹)
Siembra	SD	1	35	35
Semilla	Centeno	35	0,57	19,95
Fertilizante				
Pulverización	Secado	1	6	6
Herbicida	Glifosato 54%	2	4,7	9,4
Coadyuvante		0,05	25	1,25
TOTAL				71,6

2.2. Alternativa 2. Implantación luego de la cosecha de soja utilizando semilla propia.

La Tabla 2 muestra los costos para la implantación de un cultivo de cobertura utilizando semilla propia, mediante siembra directa. El costo de labor representa el 50%, mientras que la semilla un 26% y el costo de secado un 24%.

Tabla 2. Análisis económico de la alternativa 2. SD = Siembra directa. 1 u\$s = \$ 74,84 (Dólar divisa BNA).

Item	Referencia	Cantidad (Un ha ⁻¹)	Precio unitario (u\$s Un ⁻¹)	Sub-Total (u\$s ha ⁻¹)
Siembra	SD	1	35	35
Semilla	Centeno	40	0,46	18,4
Fertilizante				
Pulverización	Secado	1	6	6
Herbicida	Glifosato 54%	2	4,7	9,4
Coadyuvante		0,05	25	1,25
TOTAL				70,05

2.3. Alternativa 3. Implantación (siembra directa) luego de la cosecha de soja utilizando semilla fiscalizada y fertilizante.

La Tabla 3 muestra los costos para la implantación de un cultivo de cobertura utilizando semilla fiscalizada, mediante siembra directa y fertilizando con N. El costo de labor representa el 40%, mientras que la semilla un 20%, el fertilizante un 23% y el costo de secado un 17%.

Tabla 3. Análisis económico de la alternativa 3. SD = Siembra directa. 1 u\$s = \$ 74,84 (Dólar divisa BNA).

Item	Referencia	Cantidad (Un ha ⁻¹)	Precio unitario (u\$s Un ⁻¹)	Sub-Total (u\$s ha ⁻¹)
Siembra	SD	1	40	40
Semilla	Centeno	35	0,57	19,95
Fertilizante	Urea	50	0,45	22,5
Pulverización	Secado	1	6	6
Herbicida	Glifosato 54%	2	4,7	9,4
Coadyuvante		0,05	25	1,25
TOTAL				99,10

2.4. Alternativa 4. Implantación (siembra directa) luego de la cosecha de soja utilizando semilla de uso propio y fertilizante.

La Tabla 4 muestra los costos para la implantación de un cultivo de cobertura utilizando semilla propia, mediante siembra directa y fertilizando con N. El costo de labor representa el 41%, mientras que la semilla un 19%, el fertilizante un 23% y el costo de secado un 17%.

Tabla 4. Análisis económico de la alternativa 4. SD = Siembra directa. 1 u\$s = \$ 74,84 (Dólar divisa BNA).

Item	Referencia	Cantidad (Un ha ⁻¹)	Precio unitario (u\$s Un ⁻¹)	Sub-Total (u\$s ha ⁻¹)
Siembra	SD	1	40	40
Semilla	Centeno	40	0,46	18,4
Fertilizante	Urea	50	0,45	22,5
Pulverización	Secado	1	6	6
Herbicida	Glifosato 54%	2	4,7	9,4
Coadyuvante		0,05	25	1,25
TOTAL				97,55

2.5. Alternativa 5. Implantación (siembra aérea) luego de la cosecha de soja o maíz utilizando semilla fiscalizada.

La Tabla 5 muestra los costos para la implantación de un cultivo de cobertura utilizando semilla fiscalizada, mediante siembra aérea. El costo de labor representa el 39%, mientras que la semilla un 35% y el costo de secado un 26%.

Tabla 5. Análisis económico de la alternativa 5. 1 u\$s = \$ 74,84 (Dólar divisa BNA).

Item	Referencia	Cantidad (Un ha ⁻¹)	Precio unitario (u\$s Un ⁻¹)	Sub-Total (u\$s ha ⁻¹)
Siembra	Siembra aérea	1	25	25
Semilla	Centeno	40	0,57	22,8
Fertilizante				
Pulverización	Secado	1	6	6
Herbicida	Glifosato 54%	2	4,7	9,4
Coadyuvante		0,05	25	1,25
TOTAL				64,45

2.6. Implantación (siembra aérea) luego de la cosecha de soja o maíz utilizando semilla de uso propio.

La Tabla 6 muestra los costos para la implantación de un cultivo de cobertura utilizando semilla fiscalizada, mediante siembra aérea. El costo de labor representa el 40%, mientras que la semilla un 33% y el costo de secado un 27%.

Tabla 6. Análisis económico de la alternativa 6. 1 u\$s = \$ 74,84 (Dólar divisa BNA).

Item	Referencia	Cantidad (Un ha ⁻¹)	Precio unitario (u\$s Un ⁻¹)	Sub-Total (u\$s ha ⁻¹)
Siembra	Siembra aérea	1	25	25
Semilla	Centeno	45	0,46	20,7
Fertilizante				
Pulverización	Secado	1	6	6
Herbicida	Glifosato 54%	2	4,7	9,4
Coadyuvante		0,05	25	1,25
TOTAL				62,35

2.7. Ventajas y desventajas de cada alternativa.

La alternativa de siembra directa, es adecuada para la implantación de CC luego de la cosecha de soja. Lo ideal es realizar la siembra temprano, desde principios de abril a mediados de mayo, para tener buenas condiciones climáticas que favorezcan las etapas iniciales del cultivo y adelantarse a la emergencia de las malezas invernales. Las ventajas de esta alternativa radican en una mejor implantación y la posibilidad de aplicar fertilizantes.

La siembra aérea de CC, tiene buen comportamiento en cultivos de maíz. La siembra se realiza en las etapas finales del llenado de grano (grano pastoso), en aquellos lotes para cosecha de grano. Cuando la siembra se hace en lotes destinados a silaje de planta entera, es recomendable adelantar la siembra (grano lechoso). En este último caso, se busca lograr una cobertura rápida y evitar que el suelo quede desnudo después del corte de toda la biomasa aérea del maíz. La misma también se puede hacer antes de la cosecha de soja. Lo correcto es hacer la siembra, una vez que la misma haya comenzado a perder hojas y las vainas a cambiar al color de la madurez, en la etapa de V7 (madurez fisiológica). En otoños húmedos, cuando se retrasa la cosecha por condiciones ambientales inadecuadas, y se produce un rápido desarrollo del CC, pueden ocurrir complicaciones en las tareas de recolección de la soja. En este tipo de implantación, es importante aumentar la densidad de siembra respecto de la siembra directa, debido a que mucha semilla queda descubierta y no logra germinar, y el logro de plantas, en la mejor de las situaciones, no supera el 40-50% de lo sembrado. Los valores de densidad de siembra van a depender de la especie utilizada, pero como mínimo se recomienda utilizar un 15-20% más de semilla que en las siembras convencionales.

En lo que respecta al tipo de semilla a utilizar, se plantean dos alternativas: la semilla fiscalizada y la semilla de uso propio, cosechada por el productor. Cuando se utiliza semilla fiscalizada, tenemos la ventaja de asegurar la identidad del cultivar, la pureza físico-botánica y el poder germinativo; como desventaja, tenemos un mayor costo y suele ocurrir que, en algunos años, no hay la suficiente cantidad de semilla disponible en el mercado. La utilización de semilla de uso propio, tiene como principal ventaja la disponibilidad inmediata, evitando complicaciones en las tareas de logística y de siembra. Pero, en muchos casos, el uso de este tipo de simiente trae aparejado un desconocimiento de la identidad del cultivar y del valor cultural de la misma, haciendo más errático el resultado de la siembra.

Por último, la fertilización de los CC no es una práctica habitual en la región. La fertilización nitrogenada, en años con buena disponibilidad hídrica en el suelo, permite obtener producciones de biomasa de entre un 50% y 80% superiores a los testigos no fertilizados, dependiendo de la dosis de N aplicada (ver capítulo 2).

3. Discusión ¿Costo o inversión?

El costo de implantación de un cultivo de cobertura de las diferentes alternativas varía entre 62,35 y 99,10 u\$s ha⁻¹, lo que representa entre 2,41 y 3,84 qq de soja por ha. Estos resultados son similares a los reportados por otros autores para San Luis (Barbero et al., 2016), y EE.UU. (Bergtold et al., 2017). Además de estos costos directos, el manejo inadecuado de esta práctica puede tener efectos perjudiciales sobre el cultivo siguiente, debido al consumo de agua o la inmovilización de N por parte de las gramíneas, lo que representan costos indirectos en el corto plazo.

Sin embargo, la incorporación de los CC a los sistemas agrícolas, en la provincia de San Luis, requiere de un análisis adecuado y una proyección de los efectos benéficos derivados, en el mediano y largo plazo. Es muy común, que los productores asocien a esta práctica como un costo, que debe ser sumado en la planificación de los tradicionales cultivos estivales de cosecha. Este comportamiento es aceptable, si tenemos en cuenta que la mayoría de las ventajas se reflejan recién después de varios años de incorporar la práctica, y es muy difícil valorar económicamente las mismas. Es por ello que tenemos que considerar a la incorporación de los CC, como una inversión tecnológica a mediano y largo plazo. Solamente de esta forma, vamos a tener buenos resultados en cuanto a la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, un aumento progresivo de los rendimientos medios de los cultivos de cosecha, y un menor impacto de las prácticas agrícolas en el ambiente. En lo respecta a este último punto, es importante destacar que, en el Valle del Conlara, contamos con información de sistemas reales de producción que utilizan la práctica de los CC, en forma consecutiva, desde el año 2013. A partir de la misma podemos afirmar que la incorporación de los CC, produce una serie de ventajas que implican, a su vez, mejoras en los aspectos agronómicos y económicos, del sistema productivo.

En lo inmediato, se observan efectos tales como:

- Menor presencia de malezas invernales (*e.g.* rama negra) por competencia por agua, luz y nutrientes, y en algunos casos efectos alopáticos, permitiendo una disminución en el uso de herbicidas, en cuanto a dosis y número de aplicaciones, con la consiguiente disminución de costos.
- Disminución de la pérdida de rastrojo (*e.g.*, en maíz), por la incidencia de vientos intensos. Esta es una situación muy común a fines del invierno y comienzos de la primavera, en la provincia de San Luis.
- Cuando hay condiciones adecuadas para incorporar leguminosas (*e.g.* vicia), solas o en mezcla con gramíneas, a la práctica de los CC, hay aporte de nitrógeno por fijación biológica y menor dependencia de la fertilización tradicional.

En el mediano y largo plazo, se observa:

- Mejoramiento de la estructura del suelo, mayor porosidad y como consecuencia, aumento de la capacidad de almacenaje de agua en el suelo, incrementando la eficiencia del uso de agua frente al barbecho tradicional.
- Mantenimiento de los niveles de carbono orgánico.
- En los lotes con historial de uso de CC, en general, hay una disminución en las aplicaciones de herbicidas.
- Mejora en la implantación de cultivos en lotes con “manchones” debido a problemas físicos de suelo.

Además de lograr un mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo, el uso de esta tecnología permitió disminuir el promedio anual de aplicaciones de herbicidas, de 3 a 2, por el efecto de competencia que generan los CC sobre las malezas de ciclo otoño-invernal, principalmente. En este sentido, el ahorro estimado fue de u\$s 20 por ha.

4. Consideraciones finales.

- El costo para realizar un cultivo de cobertura varió entre 62 y 99 u\$s ha⁻¹, lo que representa aproximadamente entre 2,4 y 3,8 quintales de soja, según la tecnología utilizada. Además de ello, su manejo inadecuado puede disminuir el rendimiento del cultivo siguiente.
- La utilización de los CC como práctica tecnológica, en forma permanente y sostenida, produce una mejora general del sistema de producción agrícola.
- La práctica de los CC, es una inversión tecnológica y económica, en el mediano y largo plazo.

5. Bibliografía consultada.

- Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA. 170 p.
- Barbero, V; T Coyos; JL Mercau & JC Colazo. 2016. *Inclusión de centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo de cobertura antecesor de maíz y soja, en el centro de la provincia de San Luis*. En: Chacra San Luis. Mejorar los sistemas productivos de la zona centro de San Luis en sus aspectos económicos y ambientales optimizando el uso del agua. Informe Final. Aapresid – INTA. 23 – 72 p.
- Bergtold, JS; S Ramsey; L Maddy & JR Williams. 2017. *A review of economic considerations for cover crops as a conservation practice*. Ren. Agric. & F. Sys. 34(1): 1-15.

- Bertolotto, M & M Marzetti. 2017. *Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. Bases para su manejo en sistemas de producción*. Aapresid. Volumen VII.
- Colazo, JC; CA Saenz; JM de Dios Herrero & M Bongiovanni. 2014. *Aumento de la eficiencia de almacenamiento de agua en el suelo durante primavera por la inclusión de cultivos de cobertura en San Luis*. En: Actas del III Congreso Internacional del Agua, Villa Mercedes.
- Sobrero, MT & H Acciaresi. 2014. *Malezas e Invasoras de la Argentina: su identificación, biología y manejo. Capítulo 11: Alelopatía*. Malezas e Invasoras de la Argentina: Tomo I: Ecología y Manejo. Editorial Universidad Nacional del Sur. 24 p.

8. NORMATIVA QUE REGULA LA UTILIZACIÓN DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN SUELOS DE SAN LUIS

Agustín Martínez, Facundo Díaz & Antonio Marchi

Ministerio de Producción del Gobierno de la Provincia de San Luis, Programa de Producción Agropecuaria y Arraigo Rural

1. Introducción.

Este capítulo presenta las acciones y normas legales que regulan la utilización de los cultivos de cobertura invernales en la provincia de San Luis. Se mencionan las leyes, los decretos y las resoluciones que norman la inclusión de esta práctica en el ciclo productivo agrícola. La inclusión de los cultivos de cobertura en la normativa legal tiene por finalidad la protección del suelo.

Ha existido una presencia activa con acciones tendientes para proteger el suelo, tanto del poder ejecutivo provincial como del nacional. En nuestra provincia esas acciones han tenido mayor continuidad a lo largo del tiempo, siendo ininterrumpido el accionar desde el año 2006. Se puede citar como antecedente a nivel nacional la Ley 22428 (1981) que declara de interés general la acción privada y pública tendiente a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos.

En la provincia de San Luis, la ley de Protección y Conservación de Suelos (ley IX-0315-2004) declaró de interés público la protección y conservación de suelos ubicados en áreas rurales de toda la provincia, haciendo referencia a la capacidad productiva de los mismos. Intercalar los cultivos de cobertura invernales entre cultivos de verano es una de las herramientas sugerida (y en algunos casos exigida) por las normas legales del gobierno provincial en la acción de protección y conservación del recurso suelo.

El cultivo de cobertura es una herramienta tecnológica de manejo para la agricultura sostenible utilizada por los productores agropecuarios con mayor frecuencia en la última década y la superficie cultivada con esta práctica se incrementa significativamente. Este fenómeno puede ocurrir por uno de los siguientes motivos, uno voluntario y otro por exigencia legal. La incorporación voluntaria ocurre por los beneficios productivos y económicos de esta práctica que son descritos en otros capítulos de esta publicación. Específicamente en la provincia de San Luis la normativa legal exige la siembra de cultivos de cobertura antes del arrancado o luego de la cosecha de los cultivos de **maní** (según lo especifique el proyecto productivo y sistema de producción) en todos los suelos de la provincia desde el año 2006. Por otro lado, fue exigida la siembra de cultivos de cobertura (especialmente en aquellas situaciones de escaso volumen de rastrojo) en la cuenca de El Morro desde el año 2016, año en que se declaró la emergencia pública en materia ambiental en el ámbito de la cuenca de El Morro y su área de influencia (ley IX - 939/2016). El cultivo de **soja** de escaso

crecimiento y el manejo de **maíz para corte** son los indicados para la práctica del cultivo de cobertura.

2. Ley provincial de Protección y Conservación de Suelos.

El gobierno de la provincia de San Luis consideró que “los suelos que componen el territorio provincial se ubican dentro de clases de capacidad de uso que corresponden a tierras de la región semiárida, con limitaciones variables de suelo, pendiente o drenaje y que requieren de prácticas de manejo apropiadas para su conservación cuando su uso es agrícola” y que “es necesario tomar medidas para no comprometer el territorio productivo de la provincia por los riesgos de erosión eólica y/o hídrica”.

La ley de Protección y Conservación de Suelos (ley IX-0315-2004) declaró de interés público la protección y conservación de suelos ubicados en áreas rurales de toda la provincia, haciendo referencia a la capacidad productiva de los mismos. También “prohíbe en las áreas comprendidas por esta ley, las prácticas de uso y manejo de tierras que originen procesos de erosión, agotamiento, degradación, decapitación, anegamiento y/o contaminación del suelo, quedando los propietarios o detentadores de las tierras, obligados a ejecutar acciones de prevención, contención y/o corrección de las situaciones mencionadas.”

Esta ley define los siguientes procesos negativos para la productividad del suelo:

- a. Erosión: “El proceso de remoción, transporte y sedimentación de partículas del suelo por acción del viento y/o del agua en movimiento, que determina la pérdida parcial o total de la integridad del recurso.”
- b. Agotamiento: “Disminución notoria de la aptitud productiva intrínseca del suelo por la excesiva extracción de nutrientes y sin la debida reposición de los mismos.”
- c. Degradación: “La alteración profunda de las propiedades físicas, físico - químicas y biológicas originales del suelo, que torna antieconómica el uso de la tierra, los fenómenos de salinización y/o alcalinización en tierras de regadío producido por el mal manejo del agua de riego.”
- d. Decapitación: “La eliminación total o parcial del suelo por uso que anule o disminuya su capacidad para la producción agropecuaria.”
- e. Anegamiento: “El desequilibrio en la relación agua-aire en el suelo por saturación hídrica que provoca la anulación o disminución importante de su capacidad productiva.”
- f. Contaminación: “La alteración de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo provocada por la incorporación al mismo de elementos, sustancias o productos de cualquier naturaleza que determine la anulación o disminución de su capacidad productiva.”

Los productores ya sean los propietarios, arrendatarios o poseedores a título de dueños de la tierra, están obligados a:

- a. “Comunicar la presencia manifiesta de los procesos enunciados en el Art. 4º de la presente, dentro de los sesenta (60) días de su publicación mediante nota explicativa y con la información especificada en la reglamentación.”
- b. “Suministrar la información que le sea requerida por el Organismo de aplicación.”
- c. “Colaborar en la ejecución de los programas locales de conservación y manejo del suelo, elaborados por el Programa Agricultura, Ganadería y Producción Forestal (Actualmente es el Programa de Producción Agropecuaria y Arraigo Rural), en cooperación con productores individuales y/o asociados que conforman una cuenca o área determinada.”
- d. “Realizar en sus predios cortinas de reparo, medidas de contención, forestaciones protectoras, obras de drenaje y toda otra acción tendiente a evitar los procesos indicados en el Art. 4º.”
- e. “Respetar las zonas establecidas como reservas o clausuras.”
- f. “Desarrollar las tareas culturales de conformidad a las normas y técnicas que reglamentariamente establezca el organismo de aplicación.”
- g. “Permitir el acceso a su fundo, a los funcionarios y/o empleados del organismo de aplicación para efectuar las inspecciones necesarias o verificar el cumplimiento de las prescripciones de la presente y demás normas reglamentarias, o supervisar los trabajos ordenados o para realizarlos cuando éstos no fueran ejecutados por el obligado.”

3. Normativa que regula el uso de cultivos de cobertura luego de maní.

La legislación que regula el cultivo de maní considera lo establecido por la “Ley de Protección y Conservación de Suelos”, ley IX-0315-2004 y lo previsto por el decreto 4105-MdelC-2011, el cual modifica al decreto 5412-MdelC-2006. En un primer momento se estableció que los cultivos de maní debían realizarse en franjas según el decreto 5412-MdelC-2006. Los anchos de franjas se establecieron de acuerdo a la textura de los horizontes superficiales de los suelos a cultivar. Para la siembra debía respetarse lo establecido en la Tabla 1:

Tabla 1. Ancho de franjas de control de acuerdo a la textura del horizonte superficial de suelos según el decreto 5412-MdeC-2006.

Textura	Ancho (m)
Arenoso	6,1
Arenoso – Franco	7,9
Franco – Arenoso	30,2
Franco	75,5
Franco – Limoso	86,6
Franco – Arcilloso	105,4

El decreto 5412 (2006) estableció que en toda la provincia el cultivo de maní debía realizarse en franja o con riego complementario para el cultivo invernal que debía realizarse inmediatamente posterior a la cosecha de maní. En el año 2011 el decreto 4105 -MdelC-2011 reemplazó la obligatoriedad de realizar cultivos en franjas por la obligatoriedad de presentar proyectos productivos elaborados por Ingenieros Agrónomos idóneos registrados en el CIAPA (Colegio de Ingenieros Agrónomos y Profesiones Afines de la provincia de San Luis). Estos proyectos productivos deben incluir prácticas conservacionistas como el cultivo de cobertura.

El gobierno provincial lleva un registro de los planes productivos de maní presentados para cumplir con lo reglamentado por el decreto 4105-MdelC-2011. El poder ejecutivo evalúa la aptitud de los lotes declarados en los planes que tienen por destino la siembra de maní. Los productores de maní siembran los lotes identificados como aptos para el cultivo luego de las inspecciones.

Posteriormente se continúan las inspecciones con el objeto de constatar la implantación del cultivo de cobertura. El cultivo de maní, por la exigencia que tiene con el suelo, requiere de cuidados especiales y un exigente control de parte de la provincia, para evitar el “volado” de los suelos luego de la cosecha. Esto se debe a que las plantas se “arrancan”, por lo que la superficie queda muy expuesta a la erosión eólica, entonces es obligatorio en la provincia de San Luis implantar algún cultivo de cobertura.

4. Normativa que regula el uso de cultivos de cobertura luego de soja.

El decreto 3089-MMACyP-2016 regula la actividad agrícola y forestal en la cuenca de El Morro y zonas adyacentes en el marco del artículo 47 de la Constitución Provincial, ley IX-0315-2004, decreto 2651-MdelC-2007, resolución 24-MdelC-2007 y demás normativas complementarias.

El informe “Nuevos Cursos de Agua en la Cuenca de El Morro, Pautas para su gestión a corto, mediano y largo plazo” de abril de 2015, presentado por el Grupo de Estudios Ambientales-CONICET, INTA San Luis, Ministerio del Campo de la Provincia de San Luis y la Universidad Nacional de San Luis, describe el origen y la evolución de los

problemas existentes en la cuenca, e indica que es necesario un ordenamiento hidrogeológico y territorial, principalmente producto de excedentes hídricos.

Los resultados del trabajo realizado por el Laboratorio de Imágenes de Sensores Remotos y Sistema de Información Geográfico (Convenio de Colaboración Técnica entre el Gobierno de la Provincia de San Luis y la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económicas Sociales de la Universidad Nacional de San Luis) han determinado que se producen pérdidas de suelo y nutrientes por escorrentía en suelos con pendientes de San Luis, correspondiendo valores de erodabilidad medianos a altos.

En función de estos antecedentes, la Comisión provincial de Suelos en el año 2016, recomendó la necesidad de regular las actividades agrícolas para impedir el monocultivo y se apliquen técnicas de cultivo para el control de la erosión y la mejora del balance hidrológico de la cuenca. El artículo 3 del anexo del decreto 3089-MdelC-2016 exige la práctica del cultivo de cobertura e indica que deberá sembrarse un cultivo de cobertura invernal siempre que el rastrojo sea escaso y de acuerdo al balance y disponibilidad de agua en el suelo.

A partir de la campaña agrícola 2016-2017, los productores en la cuenca de El Morro han incorporado la utilización de centeno (y otras especies, en menor proporción) para cubrir el suelo luego del cultivo de soja. En un principio los productores lo hicieron cumpliendo los requerimientos de la legislación mencionada anteriormente. Los mismos debieron presentar en el entonces Ministerio de Medio Ambiente, Campo y Producción los planes de producción agrícola elaborados por un Ingeniero Agrónomo, con un esquema de rotación de cultivos de tres o más años, evitando el monocultivo de soja e incorporando la siembra de cultivos de cobertura. A partir de la obligatoriedad que marcó la legislación, los productores observaron los beneficios de esta práctica de tal forma que la adopción fue extensiva en esta región.

5. Consideraciones finales.

- Los suelos de la región agrícola en la provincia de San Luis son jóvenes y frágiles, por lo cual el gobierno sancionó en el año 2004 la “ley de Protección y Conservación de Suelos (ley IX-0315-2004).
- Para responder y atender el problema que compromete a la cuenca de El Morro, el Gobierno de San Luis en el año 2016 sancionó la ley de “Emergencia Pública en Materia Ambiental en el ámbito de la cuenca de El Morro y su área de influencia, ley IX - 939/2016”. Esta ley prohíbe el monocultivo de soja y exige la presentación de planes productivos agrícolas que incluyan la realización de cultivos de cobertura.
- El arrancado de los frutos del cultivo de maní genera remoción de la superficie de suelo exponiendo la misma a los efectos erosivos. Para proteger la superficie de los agentes erosivos, el gobierno de San Luis regula el cultivo de maní

mediante el decreto 4105-MdelC-2011, el cual modifica al decreto 5412-MdelC-2006.

- Las tierras destinadas al cultivo de maní son inspeccionadas por el ahora Programa de Producción Agropecuaria y Arraigo Rural del Ministerio de Producción para evaluar la factibilidad de producción sostenible
- El ahora subprograma de Producción Agrícola, Cultivos Intensivos y Pasturas, del Ministerio de Producción mantiene un registro de los establecimientos que han realizado cultivos de maní.

9. SÍNTESIS, LIMITACIONES Y NECESIDADES PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Juan Cruz Colazo^{1,2} & Jorge Garay¹

1. INTA, EEA San Luis. 2. UNSL, FICA.

1. Rendimiento del cultivo sucesor.

Una variable que sintetiza los efectos del cultivo de cobertura (CC) es el rendimiento del cultivo sucesor. La Figura 1 muestra el rendimiento de maíz (A), soja (B) y sorgo (C, D) luego de centeno como CC en diferentes ambientes (sitio-año) de la provincia. En maíz existió un rango que varió entre una reducción del 23% y un incremento del 6% cuando se compara con la situación sin CC. Con respecto a los rendimientos de soja luego del CC solamente se cuenta con información de un sitio que muestra que no existen diferencias de rendimiento. Por último, en sorgo, ensayos de producción de biomasa para silaje y grano muestran una variación entre una disminución del 9% y una ganancia del 66%, sin diferencias estadísticas entre tratamientos, a excepción de VM 12-13 (Figura 1 C).

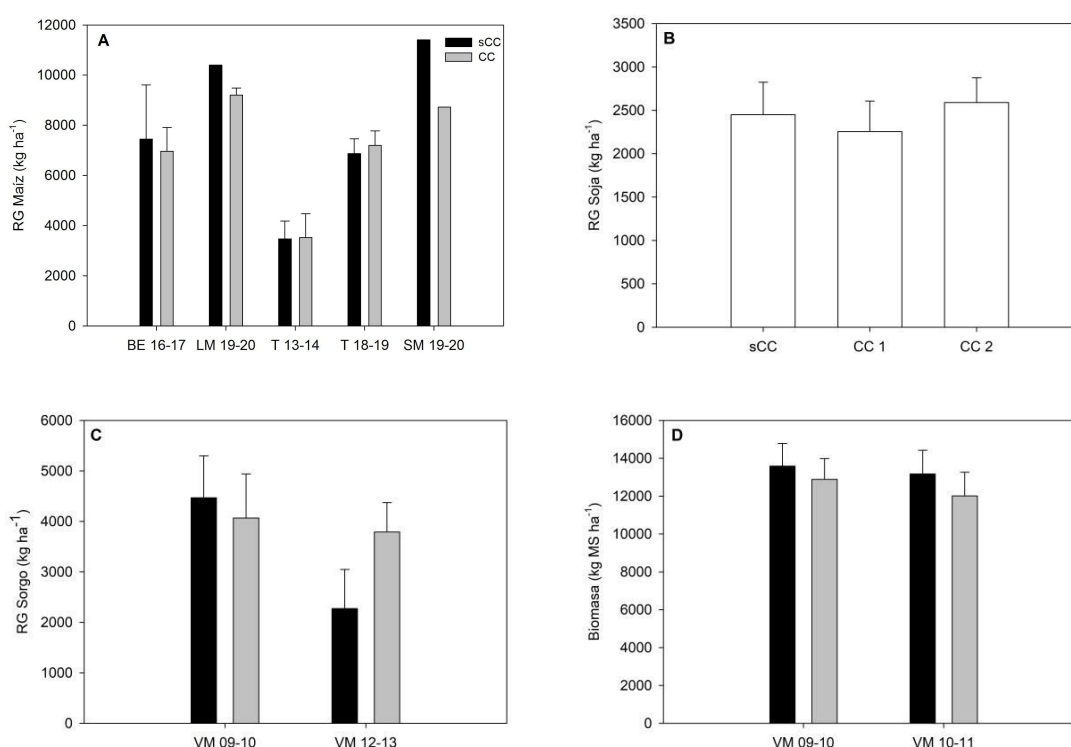


Figura 1. Rendimiento en grano (RG) de maíz (A), soja (B) y sorgo (C), y producción de biomasa aérea de sorgo (D) con (CC) y sin (sCC) cultivo de cobertura. BE = Buena Esperanza, LM = Los Molles, T = Tilisarao, SM = San Martín, VM = Villa Mercedes. Los números corresponden a los años. Las barras indican el desvío estándar. CC 1 = cultivo de cobertura sembrado en mayo, CC 2 = cultivo de cobertura sembrado en junio, ambos en Buena Esperanza durante la campaña 2015-2016. Los datos de LM 19-20 fueron provistos por Martín Ibarra y SM 19-20 por Flavio Bértola.

En maíz, cuando cada uno de los sitio-año fue analizado, en la mayoría de los casos no existieron diferencias con y sin CC, aunque sí una tendencia a mayores rendimientos sin CC, especialmente en aquellos ambientes de alto potencial de rendimiento. En

estos ambientes los datos de humedad edáfica al momento de la siembra muestran valores similares, por lo que es probable que en aquellos sitios de alto rendimiento, el N sea una limitante. En el sitio de mayor reducción de rendimiento (SM 19-20), el mismo no fue observado cuando el CC fue vicia (Capítulo 6). Estos resultados coinciden con los reportados para otros ambientes de Argentina y el mundo (Rimski-Korsakov et al., 2015; Miguez & Bollero, 2005). En soja, los resultados también coinciden con los reportados por otros autores (Álvarez et al., 2017). En el caso del sorgo, en VM 12-13, el mayor rendimiento bajo CC fue explicado por el control de roseta (*Cenchrus pauciflorus*) y el mayor contenido de agua en suelo (Colazo & Saenz, 2013).

2. Limitaciones principales.

Entre las principales limitaciones para la adopción de cultivos de cobertura se encuentran el consumo de agua (abordado en el capítulo 3), aspectos logísticos como la limitada oferta local de semilla, así como también cuestiones financieras (abordado en el capítulo 7) y también climáticas, especialmente la alta variabilidad de las precipitaciones. En algunos cultivos como la vicia, se ha reportado el incremento de insectos plagas, con la necesidad de control químico (Flavio Bértola, comunicación personal).

3. Cultivos de cobertura en San Luis, una mirada sistémica.

Teniendo en cuenta las limitaciones para la producción agropecuaria en San Luis, los cultivos de cobertura aparecen como una herramienta de manejo que aportan al conjunto de buenas prácticas agropecuarias recomendadas para la provincia (Colazo et al., 2019). La última estimación (2017), indica que existen más de 30000 ha implantadas, y la proporción de productores que adoptan esta tecnología es de las más altas del país (Bolsa de cereales, 2020).

Sin embargo, como toda herramienta de manejo la misma puede tener impactos muy variables. Es por ello que destacamos la importancia de tener claro el objetivo buscado con esta práctica (Capítulo 1), así como también las alternativas tecnológicas más adecuadas para la provincia (Capítulo 2). El diagnóstico de la condición inicial del sitio es fundamental. Los mayores beneficios se obtendrán en aquellas situaciones en donde los niveles remanentes de cobertura sean bajos: escaso rendimiento, cultivos afectados por el granizo, maíces implantados con baja densidad; exista una alta presión de malezas de difícil control químico; y las condiciones del suelo permitan incrementar el contenido de carbono orgánico o mejorar su fertilidad física.

Además de estos aspectos, para maximizar los beneficios (o reducir los perjuicios) de los cultivos de cobertura, debemos tener presentes a la secuencia de cultivos. Uno de los aspectos que facilitó su inclusión en la provincia fueron las siembras tardías

(diciembre) de los cultivos de verano. Analizando la dinámica de agua en estos sistemas (Capítulo 3), la misma indicaría que la probabilidad de recuperar el agua consumida por el cultivo de cobertura sería baja en siembras tempranas de los cultivos estivales, especialmente soja (octubre, principios de noviembre).

Por último, los cultivos de cobertura ofrecen la posibilidad de diversificar los sistemas de producción a través de su integración con la ganadería (Capítulo 6), la que además permite en parte recuperar la inversión realizada en el corto plazo. En la actualidad, su rol es importante para mantener la sustentabilidad en sistemas con una alta proporción de remoción de biomasa, como el ensilado o la utilización de cultivos para bioenergía, situaciones presentes en la provincia. También en maní, debido al riesgo inherente a la erosión eólica (Capítulo 5 y 8).

En definitiva, el manejo de los cultivos de cobertura en la provincia nos plantea grandes desafíos. Sin embargo, debido a sus diferentes alternativas tecnológicas, y a la necesidad de un criterio agronómico para su implementación, es una tecnología que nos permite revalorizar la agronomía, y mejorar la sustentabilidad de los sistemas de producción de alimentos, especialmente en un contexto de alta variabilidad climática.

4. Necesidades de investigación.

Existen aspectos como la dinámica del agua, la selección de las principales especies, el control de malezas y erosión de suelos que poseen datos sólidos sobre su adecuación en la provincia. Sin embargo, todavía existen datos preliminares en otros aspectos que necesitan ser ampliados o profundizados. La adecuación de vicia y su fecha de secado previo al cultivo de maíz, es importante para entender la regulación en la entrega de N. En este sentido, el manejo de mezclas con centeno y su fecha de secado permitirían mejorar la sincronización entre la entrega de nutrientes y la demanda por parte de maíz o sorgo.

Por el otro lado, el impacto del pastoreo de CC debería ser investigado en un mayor número de ambientes para dilucidar su efecto en la economía y el suelo. También son necesarios datos sobre métodos alternativos de secado, como el rolado. Su rol sería importante en aquellos sistemas que prefieran reducir el EIQ y el uso de herbicidas (Capítulo 4). Por último, existen una serie de servicios que no han sido totalmente explorados o abordados, así como también la valoración económica de todos los servicios brindados en el mediano y largo plazo.

5. Consideraciones finales.

- Si bien no se observan diferencias significativas por el uso de cultivos de cobertura, el centeno puede generar resultados negativos en maíz, así como

también positivos en el resto de los cultivos cuando existe un control adecuado de malezas por su cobertura.

- Los cultivos de cobertura deben incluirse teniendo en cuenta el sistema de producción y teniendo claro los objetivos buscados.
- La adecuación de vicia y su secado para sincronizar la oferta de N, el pastoreo de los CC en diferentes situaciones ambientales y la valoración económica de servicios ecosistémicos en el largo plazo son necesidades para evaluar el impacto de los cultivos de cobertura.

6. Bibliografía consultada

- Álvarez, R; H Steinbach & J De Paepe. 2017. *Cover crop effect on soils subsequent crops in the pampas: A meta-analysis*. Soil & Till. Res. 170: 53-65.
- Bolsa de Cereales. 2020. *Indicadores regionales. Campaña 2018/19. Informe ReTAA 30. Departamento de Investigación y Prospectiva*. Disponible en: <https://www.bolsadecereales.com/>.
- Colazo, JC & CA Saenz. 2013. *Cultivos de cobertura invernales: primeras experiencias en San Luis*. Horizonte Agropecuario 98 (07 – 2013).
- Colazo, JC; J de Dios Herrero & D Celdrán. 2017. *Manejo y conservación de suelos en San Luis. Algunas reflexiones*. En: Giulietti, J & D Arroyo (Eds.). Producción científico-técnica del INTA San Luis. Ediciones INTA. 105-112 p.
- Colazo, JC; O Barbosa; E Colazo; C Saenz; D Celdrán; M Funes; O Terenti & J de Dios Herrero. 2019. *Provincia de San Luis*. En: Casas R & F Damiano (Eds.). Manual de buenas prácticas de manejo y conservación del suelo y del agua en áreas de secano de la Argentina. 243-248 p.
- Hendrickson, J & JC Colazo. 2019. *Using Crop Diversity and Conservation Cropping to Develop More Sustainable Arable Cropping Systems*. In: Lemaire, G; P de Faccio Carvalho; S Kronberg & S Recous (Eds.). Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental quality. Elsevier. 93-108 p.
- Miguez, FE & GA Bollero. 2005. *Review of corn yield response under winter cover cropping systems using meta-analytic methods*. Crop Sci. 45(6): 2318-2329.
- Rimski-Korsakov, H; CR Álvarez & R Lavado. 2015. *Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas*. J. Soil & W. Cons. 70(6): 134-140.
- Saenz, CA; JC Colazo; M Funes; A Vergés; H Bernasconi & R Rivarola. 2012. *Costo hídrico de los cultivos de cobertura y su efecto sobre el rendimiento de sorgo. Primeros resultados*. En: Colazo, JC; JA Garay & JH Veneciano (Eds.). El cultivo de sorgo en San Luis. Información Técnica 183. EEA INTA San Luis. 24 – 28 p.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiéramos agradecer a Alberto Quiroga y Cristián Álvarez por su apoyo al integrarnos al grupo de trabajo de gestión del agua en producciones de secano, e introducirnos en esta línea de trabajo. A lo largo de estos diez años de trabajo, han sido muchos los productores y asesores que nos han brindado su apoyo. Marcelo Bongiovanni, en el establecimiento Don Andrés. Federico Cappiello y al grupo Tigonbú, en el establecimiento Huelucán. También es importante destacar el trabajo realizado por la regional Aapresid de San Luis, quienes en el marco de la Chacra San Luis, llevaron adelante líneas de trabajo relacionadas con esta temática. Por último, quisiéramos agradecer a los productores y asesores de los grupos CREA Buena Esperanza (personal y técnicos del establecimiento La Indiana) y CREA Valle del Conlara, especialmente a este último con quienes llevamos adelante varias líneas de trabajo relacionados con el uso de esta tecnología (personal y técnicos de los establecimientos Los Algarrobos, La Celestina y Las Mimosas). También destacamos el rol de los auxiliares de INTA que nos han ayudado tanto en los trabajos de campo, como en las determinaciones de laboratorio.

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos utilizada para la mayoría de los capítulos de esta publicación (id: 1-10). S-Sc = Muestreo entre siembra y secado de cultivo de cobertura, Sc-M = Muestreo entre secado del cultivo de cobertura y siembra del cultivo sucesor. A= Antecesor. CC = Cultivo de cobertura. CS = Cultivo sucesor. VM = Villa Mercedes, LL = Liborio Luna, TI = Tilisarao, BE = Buena Esperanza. HE = Haplustol Éntico, UoT = Ustortente Típico, UT = Ustipsamente Típico. FrA = Franco Arenoso, Afr = Arenoso Franco. Sj = Soja, S/C = Sin Cultivo, G= Girasol, Sg = Sorgo, Mz = Maíz.

id	Siti o	Año	n	Suel o	Text	Nap a	PP _{S-Sc}	PP _{Sc-M}	A	CC	S-Sc	Sc-M	CS
1	VM	2009	3	HE	FrA	S	70	*	Sj	Centeno	01/05-02/10	*	Sg
2	LL	2009	3	UoT	Afr	N	253	*	G	Triticale	13/03/16/10	*	*
3	VM	2010	6	UT	Afr	N	*	210	Sj	Centeno Q	*	13/09-22/12	*
4	VM	2011	6	UT	Afr	N	120	91	S/ C	Centeno DE	30/05-28/10	28/10-09/01	Sg
5	VM	2011	3	HE	FrA	S	18	*	Sj	Centeno DE	26/05-25/09	*	*
6	VM	2013	6	UT	Afr	N	276	*	Sj	Centeno DE	17/07-04/11	*	*
7	Ti	2013	3	HE	FrA	N	9	173	Sj	Triticale	30/04-13/09	13/09-18/12	Mz
8	Ti	2014	3	HE	FrA				Sj	Centeno			
		2014	3	HE	FrA	N	104	323	Sj	Triticale	17/06 - 05/11	05/11-14/01	Mz
		2014	3	HE	FrA				Sj	Cebada			
9	BE	2015	3	UT	Afr				Sj	Centeno Q			
		2015	3	UT	Afr	N	25	370	Sj	Centeno H	20/05-18/09	18/09 - 22/12	
		2015	3	UT	Afr				Sj	Triticale			
		2015	3	UT	Afr				Sj	Centeno Q			Sj
		2015	3	UT	Afr	N	63	338	Sj	Centeno H	24/06 - 28/09	28/09-22/12	
		2015	3	UT	Afr				Sj	Triticale			
10	Ti		3							Trigo N0			
		2015	3	HE	FrA	N	81	*	Sj	Trigo N50	10/06-06/11	*	Mz
			3							Trigo N100			

Anexo 1 (Continuación). Base de datos utilizada para la mayoría de los capítulos de esta publicación (id: 11-20). S-Sc = Muestreo entre siembra y secado de cultivo de cobertura, Sc-M = Muestreo entre secado del cultivo de cobertura y siembra de cultivo sucesor. A= Antecesor. CC = Cultivo de cobertura. CS = Cultivo sucesor. LL = Liborio Luna, Li = Las Isletas, BE = Buena Esperanza, VM = Villa Mercedes, JJ = Juan Jorba, Ti = Tilisarao, LM = Los Molles, SM = San Martín. UoT = Ustortente Típico, TT = Torripsamente Típico, UT = Ustipsamente Típico, HE = Haplustol Éntico, HT = Haplustol Éntico. Afr = Arenoso Franco, FrA = Franco Arenoso, Fr = Franco. C = Centeno, Vc = Vicia Sj = Soja, Mz = Maíz.

id	Sitio	Año	n	Suelo	Text	Napa	PP _{S-Sc}	PP _{Sc-M}	A	CC	S-Sc	Sc-M	CS
11	LL	2015	3	UoT	Afr	N	*	*	Sj	C + Vc	15/04-30/09	*	*
12	Li	2015	1	TT	Afr	N	118	257	Sj	Centeno	17/07-17/10	17/10-11/12	Mz
13	BE	2016	3	UT	Afr	N	331	113	Sj	Centeno	07/07-16/11	16/11-06/01	Mz
									Sj	Centeno N25			
									Sj	Vicia			
									Sj	C+Vc			
14	VM	2016	3	HE	FrA	S	133	55	Sj	Centeno	11/08-08/11	08/11-15/12	Mz
									Sj	Centeno N25			
									Sj	Vicia			
									Sj	C+Vc			
15	JJ	2016	3	UT	Afr	N	109	*	Sj	Centeno	05/07-28/10	*	Mz
									Sj	Centeno N25			
									Sj	Vicia			
									Sj	C+Vc			
16	Ti	2016	3	HE	FrA	N	52	137	Sj	Cebada	12/07-28/10	28/10-12/12	*
17	Ti	2018	3	HE	FrA	N	*	226	Sj	Centeno C + Paratill	*	08/10-19/12	Mz
18	LM	2019	3	HE	Fr	N	0	216	Sj	Centeno C + Pastoreo	04/06-20/08	20/08-13/12	Mz
19	SM	2019	3	HT	Fr	S	12	351	Sj	Centeno	05/10-02/10	02/10-20/01	Mz
									Sj	C + Paratill			
									Sj	Vicia			
									Sj	Vc +Paratill			
20	VM	2019	3	UT	ArF	N	33	197	Sj	Centeno C + Paratill	30/05-10/10	10/10-06/01	Mz

Los cultivos de cobertura o de servicio forman parte del nuevo paradigma en los sistemas de producción de alimentos de Argentina. Es por ello que desde hace más de diez años se han llevado adelante diferentes experiencias para dilucidar los principales interrogantes sobre su utilización en la provincia.

En este sentido el objetivo de esta obra fue analizar y sintetizar esta información para elaborar una guía práctica para productores, profesionales y alumnos de las ciencias agrarias interesados en su utilización. La misma está estructurada en función de la importancia de los cultivos de cobertura, sus aspectos tecnológicos más destacados, los principales objetivos abordados para nuestros ambientes, y una síntesis final con las limitaciones y necesidades de investigación.

Esta publicación es obra de las actividades de investigadores y extensionistas del INTA, docentes del departamento de agronomía de la FICA – UNSL, técnicos del gobierno de la provincia de San Luis y profesionales de la actividad privada. La misma fue llevada adelante en el marco de los proyectos nacionales de INTA, principalmente los relacionados con la gestión del agua en secano y el control de los procesos de degradación de suelos, así como también con convenios junto a Aapresid y CREA.



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina