

# **Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura**

**Edin Roel Leveron Rosa**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2020

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Edin Roel Leveron Rosa**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2020

# Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura

Presentado por:

Edin Roel Leveron Rosa

Aprobado:



Alejandra Sierra (Nov 11, 2020 19:16 CST)

---

Alejandra Sierra, M.Sc.  
Asesora Principal



---

Rogel Castillo, M.Sc.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria



Rony Muñoz (Nov 12, 2020 08:29 CST)

---

Rony Muñoz, M.Sc.  
Asesor



---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Vicepresidente y Decano Académico

## **Análisis de los beneficios en la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura**

Edin Roel Leveron Rosa

**Resumen.** Los cultivos de cobertura consisten en utilizar plantas vivas en asocio o intercaladas con cultivos comerciales. La idea principal de los cultivos de cobertura es conservar el suelo y adicionalmente percibir ciertos beneficios ecosistémicos. El objetivo de esta revisión de literatura fue identificar los beneficios en aporte de nitrógeno, mejoras en estructura de suelo, control de malezas y rendimiento al utilizar monocultivos de cobertura y mezclas de cultivos de cobertura. Se realizó una revisión de literatura en diferentes bases de datos para evaluar resultados obtenidos por otros investigadores acerca de estos beneficios. Las investigaciones reflejan que algunos cultivos mediante fijación biológica o por incorporación de materia seca aportan nitrógeno al cultivo subsiguiente. Los cambios en la estructura del suelo principalmente del sistema radicular de los cultivos de cobertura combinado a la incorporación de los residuos que mejoraran la relación aire, suelo y agua. Respecto al control de malezas algunos cultivos como *Crotalaria juncea* tienen la capacidad de desarrollarse rápidamente, lo cual limita el desarrollo de malezas. Además, algunos cultivos como las brassicas tienen la capacidad de producir sustancias alelopáticas que inhiben el desarrollo de las malezas. Los rendimientos incrementan cuando se utilizan leguminosas en monocultivo o en mezclas. El aumento del rendimiento va a depender de la relación carbono-nitrógeno de los residuos y su efecto en la inmovilización o mineralización del nitrógeno en el suelo. La percepción de estos beneficios va a depender de las características del cultivo, las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico.

**Palabras clave:** Aporte de nitrógeno, control de malezas, estructura del suelo, rendimiento.

**Abstract.** Cover crops, consists of using live plants in association or intercropped with commercial crops. The main idea of cover crops is to conserve the soil and additionally perceive certain ecosystem benefits. The objective of this literature review was to identify the benefits in nitrogen supply, improvements in soil structure, weed control and yield when using cover monocultures and cover crop mixtures. A literature review was carried out in different databases to evaluate results obtained by other researchers regarding these benefits. Research shows that some crops by biological fixation or by incorporation of dry matter provide nitrogen to the next crop. Changes in soil structure, mainly by cover crops root system, combined with the incorporation of residues will improve the air, soil, and water ratio. Regarding weed control, some crops such as *Crotalaria juncea*, develops rapidly, which limits the development of weeds. In addition, some crops such as brassicas could produce allelopathic substances that inhibit weed development. Yields increase when legumes are used in monoculture or in mixtures. Yield increase will depend on the carbon-nitrogen ratio of the residues and its effect on nitrogen immobilization or mineralization in soil. The perception of these benefits will depend on the characteristics of the crop, the edaphoclimatic conditions and agronomic management.

**Key words:** Nitrogen supply, soil structure, weed control, yield.

## INDICE GENERAL

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Portadilla.....                       | i         |
| Página de firmas.....                 | ii        |
| Resumen.....                          | iii       |
| Índice general.....                   | iv        |
| Índice de Cuadros y Figuras .....     | v         |
| <br>                                  |           |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>           | <b>1</b>  |
| <b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b> | <b>4</b>  |
| <b>4. CONCLUSIONES.....</b>           | <b>13</b> |
| <b>5. RECOMENDACIONES.....</b>        | <b>14</b> |
| <b>6. LITERATURA CITADA .....</b>     | <b>15</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadros  | Páginas |
|--|---------|
| 1. Beneficios percibidos por investigadores en aporte de nitrógeno al suelo al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura. ....        | 4       |
| 2. Beneficios percibidos por investigadores en mejoras en la estructura del suelo al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura. ....  | 7       |
| 3. Beneficios percibidos por investigadores en el control de malezas del suelo al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura. ....     | 8       |
| 4. Beneficios percibidos por investigadores en mejoras del rendimiento de cultivos al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura. .... | 10      |

# 1. INTRODUCCIÓN

Durante el pasar del tiempo la humanidad ha evolucionado y desarrollado tecnologías que le han permitido adaptarse a los diferentes ambientes que se presentan. Una de las principales áreas de desarrollo es la agricultura, el desarrollo de esta permite que haya seguridad alimentaria para toda la población. Sin embargo, en algunos lugares se sigue utilizando la agricultura convencional, la cual necesita algunas mejoras.

Existen diversas limitaciones a las que se enfrenta la agricultura convencional, una de ellas es la degradación de los suelos. Según estimaciones por la FAO (2011), la cuarta parte del suelo del planeta está fuertemente degradado o presenta una alta tendencia a la degradación. Gardi *et al.* (2014), indican que, de los 576 millones de hectáreas cultivables en América Latina, más de la mitad son afectados por el proceso de degradación ocasionado por los cambios en el uso del suelo, sobreexplotación, cambio climático y la inequidad social. Estas investigaciones demuestran la alta vulnerabilidad de la agricultura en la región y la cual representa un gran reto, especialmente para pequeños productores.

Mantener la salud del suelo es de vital importancia, así como entender las tendencias en la salud del suelo y de esta manera poder asegurar excelentes producciones a futuro. Estas tendencias pueden ser negativas (degradación) si el uso del suelo no se hace de manera adecuada. Sin embargo, si se usan técnicas de manejo, más la conservación del suelo y el resultado de estas supera el deterioro del suelo, la tendencia puede tornarse positiva (FAO 2020). En el manejo integrado del suelo han surgido diferentes opciones para poder mejorar este recurso, de extrema importancia para la agricultura. Entre estas opciones se pueden mencionar barreras vivas, barreras muertas, acequias a nivel, acequias a desnivel, terrazas, entre otras (Raudes y Sagastume 2009). Usar algunas de las especies de plantas como cultivos de cobertura es otra de las técnicas aplicadas, así como la mezcla de estos cultivos de cobertura (Restovich *et al.* 2018).

Los cultivos de cobertura consisten en utilizar plantas vivas como cobertura. Estas plantas pueden ser comestibles o no. Existen diversas maneras de incorporar los cultivos de cobertura en el suelo, una de ellas puede ser asocio con otro cultivo de cobertura y poder obtener beneficios de los diferentes cultivos que cubren el suelo (FAO 2000). En la antigüedad se manejaban que los **cultivos de cobertura** son sinónimo de **abono verde**; sin embargo, cuando se habla de cultivos de cobertura es hablar de algo más amplio como diferentes funciones y multipropósitos. Entre las funciones se incluye la supresión de malezas, conservación del suelo y agua, control de plagas y enfermedades, así como también que sirva de alimentación humana y animal (FAO 2011).

Según Karlen *et al.* (1994), existen registros de que tanto los griegos como los romanos han practicado la rotación de cultivos y mencionan el cultivo de lupinos (*Lupinus albus*) y arveja (*Vicia sativa*) como abonos verdes y para suprimir malezas. Además, añadir cultivos de cobertura resulta provechoso para prevenir la erosión hídrica, así como también incrementar la materia orgánica, adicionalmente cuando se trabaja con leguminosas se obtiene un aporte de nitrógeno por fijación biológica y crea competencia con las malezas (Capurro 2018).

Las combinaciones de cultivos de cobertura se pueden utilizar como una herramienta que diversifica los sistemas agrícolas, manteniendo la producción y los beneficios de crear un ecosistema (Restovich *et al.* 2018). Según estudios se demuestra que la combinación de plantas leguminosas con plantas no leguminosas conforma una cobertura más efectiva y con mejores beneficios en comparación de un monocultivo. Incluir las especies leguminosas como cultivos de cobertura puede elevar el nivel de nitrógeno en el suelo, debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico enriqueciendo el suelo con este nutriente (Rimski Korsakov *et al.* 2016).

Algunas gramíneas como el centeno, *Avena strigosa* y *Avena bizantina*, se han utilizado como cultivos de cobertura en invierno para realizar un manejo de malezas previo a la siembra de maíz y soya (Hernández *et al.* 2009). Si las gramíneas se siembran posteriormente a un cultivo contribuyen a la absorción de los nitratos residuales y compiten contra las malezas (Álvarez *et al.* 2012). Según Clark (2007), mezclas entre *Lolium multiflorum* con otras gramíneas o pastos actúan como supresores de malezas.

Además de leguminosas y gramíneas también se pueden utilizar otros tipos de plantas. Las plantas como *Raphanus sativus*, *Brassica rapa*, *Brassica napus* y *Brassica juncea* pertenecientes a la familia de las crucíferas, también son utilizadas como cobertura. Las crucíferas se utilizan principalmente en asocio con gramíneas y/o leguminosas, ya que gracias a su sistema radicular estas plantas sirven para mejorar la infiltración del agua (Bertolotto y Marzetti 2017). Un aspecto por destacar de las crucíferas es que cultivos como el nabo forrajero (*Raphanus sativus*) además de competir por agua y nutrientes, producen compuestos alelopáticos que ejercen una supresión de malezas (Acciaresi *et al.* 2016).

La investigación respecto a los cultivos de cobertura resulta ser provechosa porque permite incorporar estos cultivos como una estrategia para conservar mejor el recurso suelo, permitiendo obtener beneficios según el cultivo a sembrar sin dejar el suelo al descubierto. Lo más adecuado es realizar experimentos incorporando diferentes cultivos y asociaciones entre ellos, de esta manera poder determinar las mejores combinaciones que permitan obtener los resultados deseados. El objetivo de la presente revisión de literatura fue identificar los beneficios en aporte de nitrógeno, mejoras en estructura de suelo, control de malezas y rendimiento al utilizar monocultivos de cobertura y mezclas de cultivos de cobertura.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión de literatura se realizó entre los meses de julio a septiembre de 2020, partiendo desde una búsqueda de artículos en bases de datos como Research Gate, Google Scholar, Biblioteca Wilson Popenoe, entre otras. Para realizar la búsqueda fue necesario la utilización de palabras o frases clave como, **cultivos de cobertura, aporte de nutrientes de cultivos de cobertura, rendimientos de cultivos de cobertura, beneficios de cultivos de cobertura**. En otras ocasiones para buscar archivos en inglés se utilizaron palabras como “cover crops”, además en algunas bases de datos como Research Gate fue necesario crear una cuenta para tener acceso a los artículos. Se utilizaron 20 documentos desde el año 2008 hasta el 2020 como referencia de beneficios observados.

Se seleccionaron los documentos que incluyeran los beneficios de los cultivos de cobertura, posteriormente se dividieron según el o los beneficios de los que hiciera mención el artículo. Tomando en cuenta como variables el aporte de nitrógeno, control de malezas, mejora en la estructura del suelo y aumento de rendimiento se procedió a realizar un análisis de los resultados de cada investigación. No hubo un tiempo delimitado de las publicaciones por analizar. Sin embargo, se les dio preferencia a las investigaciones realizadas en los últimos 10 años.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Mejoras en el suelo

**Aporte de nitrógeno.** El aporte de nutrientes es uno de los beneficios de los cultivos de cobertura que, dependerá principalmente de la especie que se utilice como cobertura. Plantas como las leguminosas son utilizadas para incrementar productividad ya que se puede obtener aporte de nitrógeno mediante su fijación biológica (Barrios *et al.* 2011; Bertolotto y Marzetti 2017). Diferentes investigaciones han evaluado diferentes cultivos de cobertura y su aporte de nitrógeno en el suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Beneficios percibidos por investigadores en aporte de nitrógeno al suelo al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura.

| Cultivos evaluados  | Referencia                       |
|---|----------------------------------|
| <i>Vicia villosa</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium officinalis</i> , <i>Pisium sativum</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Raphanus sativus</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Brassica rapa</i> , <i>Avena strigosa</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Triticum triticosecale</i> y <i>Triticum aestivum</i>  | (Bertolotto y Marzetti 2017)     |
| <i>Mucuna pruriens</i> y barbecho   | (Sanclemente <i>et al.</i> 2013) |
| <i>Centrosema macrocarpum</i> , <i>Arachis pintoi</i> , <i>Calopogonium mucunoides</i> , <i>Callisia repens</i> y <i>Canavalia ensiformis</i>   | (Puertas <i>et al.</i> 2008)     |
| <i>Vicia villosa</i> y <i>Vicia villosa</i> + <i>Avena Sativa</i>   | (Capurro <i>et al.</i> 2012)     |
| <i>Vicia sativa</i> y <i>Secale cereale</i>   | (Sullivan <i>et al.</i> 2020)    |
| <i>Sinapis alba</i> (20%) + <i>Avena sativa</i> (80%), <i>Sinapis alba</i> (10%) + <i>Secale cereale</i> (53%) + <i>Pisium sativum</i> (34%) + <i>Phacelia tanacetifolia</i> (3%), <i>Fagopyrum esculentum</i> (20%) + <i>Trifolium pratense</i> (20%) + <i>Sinapis alba</i> (20%) + <i>Raphanus sativus</i> (20%) + <i>Avena strigosa</i> (20%), <i>Raphanus sativus</i> var. oleífera (28%) + <i>Pisium sativum</i> (18%) + <i>Avena sativa</i> (50%) + <i>Phacelia tanacetifolia</i> (4%) y Rastrojo | (Shah <i>et al.</i> 2016)        |
| Monocultivos de <i>Trifolium pratense</i> L., <i>Pisum sativum</i> L., <i>Brassica napus</i> L. cv. Wichita, <i>Raphanus sativus</i> L. cv. Tillage Radish, <i>Secale cereale</i> L. cv. Aroostook, <i>Avena sativa</i> L. cv. alemán, mezclas entre ellos y barbecho   | (Kaye <i>et al.</i> 2019)        |

Bertolotto y Marzetti (2017) evaluaron diferentes cultivos de cobertura (Cuadro 1), encontrando que las plantas de las familias gramíneas y crucíferas no presentaron fijación de nitrógeno. No obstante, en las plantas de la familia de las leguminosas si observó fijación biológica de nitrógeno.

Estos resultados son confirmados por Sanclemente *et al.* (2013) donde compararon los contenidos de nitrógeno total en el suelo, después de haber utilizado el suelo con un cultivo de *Mucuna pruriens* y en barbecho. El suelo con *Mucuna pruriens* obtuvo un aumento del contenido de nitrógeno total entre el 31 y 71% sobre el nitrógeno inicial. En el suelo en barbecho no se observaron incrementos de nitrógeno, por el contrario, se observaron algunas pérdidas.

El proceso de fijación biológica de nitrógeno es un proceso mediado por microorganismos donde incluye fijación, amonificación, nitrificación, incorporación a los microorganismos y desnitrificación. La forma más común de fijar nitrógeno es a través de la desnitrificación del nitrato hasta llegar a nitrógeno molecular. Puede haber dos tipos de fijación de nitrógeno que son abiótica y biológica, pero para fines de esta investigación se buscó sobre la biológica. Esta fijación biológica del nitrógeno ocurre mediante la simbiosis que realiza la planta con la bacteria del género *Rhizobium*. En esta simbiosis la planta le proporciona protección para su adecuado desarrollo, por su parte la bacteria le ayuda a la planta transformando la molécula de nitrógeno (N<sub>2</sub>) presente en la atmósfera en una molécula disponible para la asimilación de la planta (NH<sub>3</sub>) (Olivares 2008; Vásquez, 1996). Sin embargo, según Lara *et al.* (2019), las leguminosas son variables en cuanto a la fijación de nitrógeno atmosférico. Puertas *et al.* (2008), observaron que la mayor capacidad de fijación de nitrógeno fue en el cultivo de *Centrosema macrocarpum* (311.21 kg/ha) comparado con *Arachis pintoii* (130.38 kg/ha), *Calopogonium mucunoides* (189.16 kg/ha), *Callisia repens* (67.22 kg/ha) y *Canavalia ensiformis* (173.68 kg/ha).

Los cultivos de cobertura de leguminosas pueden suministrar nitrógeno a cultivos posteriores, pero cultivos de gramíneas son más adecuados para prevenir erosión y evitar la pérdida de nutrientes por lixiviación (Cole 2020). Shah *et al.* (2016) compararon la captura de nitrógeno utilizando mezclas de especies gramíneas + leguminosas y gramíneas + leguminosas + brassicas, en diferentes proporciones (Cuadro 1). La mezcla de *Sinapis alba* (10%) + *Secale cereale* (53%) + *Pisium sativum* (34%) + *Phacelia tanacetifolia* (3%) fue la que registró la mejor cosecha de N (3.13%). Sin embargo, en todas las mezclas mostraron reducción de la lixiviación de nitratos en comparación con las parcelas en rastrojo. Estos resultados se asemejan a lo encontrado por Kaye *et al.* (2019) utilizando diferentes mezclas de *Trifolium pratense* L., *Pisum sativum* L., *Brassica napus* L. cv. *Wichita*, *Raphanus sativus* L. cv. Tillage Radish, *Secale cereale* L. cv. Aroostook, *Avena sativa* L. cv. alemán. Todas las mezclas redujeron más la lixiviación de nitrógeno comparadas con monocultivos de *Trifolium pratense* L. y *Pisum sativum* L., y además en todas las parcelas con cultivos de cobertura se dio mayor reducción de la lixiviación comparado con barbecho.

Tanto leguminosas como gramíneas se comportan de manera similar cuando hay nitrógeno disponible en el suelo, al igual que las gramíneas las leguminosas absorberán el nitrógeno disponible antes de fijar nitrógeno adicional. El nitrógeno absorbido por los cultivos de cobertura será disponible a medida que la biomasa se descompone. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno liberado dependerá de la concentración de nitrógeno en la biomasa y la cantidad que se produzca (Redfearn y Anderson 2016)

Existen otras investigaciones respecto al nitrógeno aportado por la descomposición de los cultivos de cobertura. En una investigación se compararon los aportes de nitrógeno de arveja (*Vicia sativa*) y centeno (*Secale cereale*). El contenido de nitrógeno en la materia seca de la arveja es del 3%, el centeno es del 2% en la etapa de alargamiento del tallo y 1% en la etapa de crecimiento de la espiga. También se estimó el de las brassicas, como *Sinapis alba*, que durante la floración aportan cerca

de 2% de nitrógeno en materia seca (Sullivan *et al.* 2020). Capurro *et al.* (2012) compararon un suelo sin cobertura con otro con cultivos de cobertura de *Vicia villosa* y otro utilizando *Vicia villosa* + *Avena Sativa*. El contenido de nitrógeno en la materia seca fue mayor para la cobertura solo con *Vicia villosa* (2.33-3.29%), respecto a la mezcla de avena + vicia (1.14-1.6%).

La liberación del nitrógeno contenido en la materia seca está relacionada a la descomposición y lo hacen disponible para el siguiente cultivo en forma nitrógeno disponible para las plantas (amonio + nitrato). La cantidad de nitrógeno disponible liberado está relacionado a los tejidos de las plantas, cuando estas están con tejidos más verdes existe mayor contenido nitrógeno disponible, comparado con tejidos más maduros que los contenidos son bajos e incluso pueden llegar a ser negativos (se inmoviliza). Esto ocurre principalmente en cereales ya que una vez que alcanzan la etapa de crecimiento de espiga, el nitrógeno disponible se inmoviliza y el contenido de nitrógeno del cultivo es inferior al requerido para construir la materia orgánica durante la descomposición del cultivo (Sullivan *et al.* 2020).

La descomposición de estos tejidos se relaciona a los microorganismos presentes en el suelo, entre estos se encuentran bacterias, hongos, protozoarios, lombrices de tierra, entre otros. En general bacterias y hongos descomponen los tejidos aumentando la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, pero, microorganismos como los protozoarios son destacables ya que producen nitrógeno disponible para las plantas en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Por su parte las lombrices de tierra promueven la actividad microbiana mediante la fragmentación de la materia orgánica y el aumento del área accesible (Agrotecnia 2016).

**Estructura del suelo.** Una de las mejores maneras de aprovechar los diferentes residuos de cultivos es incorporarlos al suelo y esto, asociado a la actividad biológica en el suelo, aporta a la estabilidad estructural del mismo. También se pueden percibir beneficios en la porosidad del suelo gracias al desarrollo del sistema radicular de las plantas. Estos beneficios se han evaluado por investigadores utilizando diferentes coberturas (Cuadro 2).

Rubio *et al.* (2012), evaluaron los cambios de estructura en los tratamientos con cultivos de cobertura invernales *Secale cereale*/*Glycine max*, *Avena sativa*/*Glycine max*, *Lolium multiflorum* /*Glycine max*) y monocultivo de *Glycine max*. Como resultado obtuvieron que, en el monocultivo de *Glycine max* en seco existe una mayor proporción de agregados grandes (8 mm) y en un rango de 4.75 – 8 mm, en los tratamientos de *Secale cereale* y *Lolium multiflorum* observaron todo lo contrario ya que la mayor proporción fue de agregados pequeños (1 – 2.36 mm). Gonzales *et al.* (2016), midieron el cambio la estabilidad estructural de los agregados en suelos sin cobertura comparado con suelos con monocultivos de cobertura de *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, *Bromus auleticus*, *Lolium perenne*, *Vicia sativa* o con la mezcla de *Avena sativa* + *Vicia sativa*. En general la densidad media promedio de los agregados (3-5 mm) el tratamiento sin cultivos de cobertura fue 20-25% menor que cuando se utilizaron coberturas. Entre monocultivos o la mezcla los resultados no existió diferencia.

En suelos con estructuras masivas (compactados), Ridley (2012), encontró similitud en la densidad aparente de 0 – 6 cm y 6 – 12 cm de profundidad cuando comparó un *Avena sativa* como cobertura versus un suelo en barbecho, los mayores valores de densidad aparente fueron ligeramente para el suelo en barbecho. Sin embargo, en el suelo cubierto por *Avena sativa* se observaron macroporos dejados por el sistema radicular en descomposición de la planta. Álvarez *et al.* (2010) encontraron

que, utilizando mezclas entre *Avena sativa*, *Secale cereale*, *Triticum triticosecale* y *Lolium perenne* como cultivos de cobertura, se incrementa la infiltración y el porcentaje de poros en promedio un 10.4%.

Cuadro 2. Beneficios percibidos por investigadores en mejoras en la estructura del suelo al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura.

| Cultivos evaluados   | Referencia                    |
|--|-------------------------------|
| Combinaciones entre <i>Glycine max</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Avena sativa</i> y monocultivo de <i>Glycine max</i>                                   | (Rubio <i>et al.</i> 2012)    |
| <i>Crotalaria juncea</i> , <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>Sudanense</i> , <i>Brassica rapa</i> y las combinaciones entre ellos   | (Gómez y Lara 2016)           |
| <i>Vicia villosa</i> y <i>Vicia villosa</i> + <i>Avena Sativa</i>  | (Capurro <i>et al.</i> 2012)  |
| Mezclas entre <i>Avena sativa</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Triticum triticosecale</i> y <i>Lolium perenne</i>  | (Álvarez <i>et al.</i> 2010)  |
| <i>Avena sativa</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Bromus auleticus</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Vicia sativa</i> , <i>Avena sativa</i> + <i>Vicia sativa</i> y suelo sin cobertura | (Gonzales <i>et al.</i> 2016) |
| <i>Avena sativa</i> y barbecho   | (Ridley 2012)                 |

Hernández *et al.* (2007) señalan que un suelo con buenas condiciones de porosidad, relación aire-agua, penetración radicular y retención de humedad es considerado un suelo con un estado estructural satisfactorio. Estas condiciones son observables en suelos con predominio de agregados mayores a 0.25 mm y menores a 10 mm de diámetro. Predominio de fracciones menores a 0.25 mm de diámetro desfavorecen la porosidad de aireación ya que rellenan los poros y favorecen la compactación del suelo. Por otra parte, suelos degradados con agregados mayores de 10 mm de diámetro también favorecen bajas porosidades contribuyendo al aumento del grado de compactación (Lok y Fraga 2011). Las mejoras de la estabilidad estructural están asociadas a la intensificación de la rotación agrícola, ya que aumenta la actividad biológica del suelo (Gonzales *et al.* 2016).

La materia seca mejora la estructura del suelo ya que al descomponerse genera sustratos para microorganismos presentes en el suelo, cuando estos microorganismos lo metabolizan producen agregados más estables y mayor porosidad (Bratschi y López 2012). Los cultivos de cobertura también tienden a mejorar la estructura del suelo ya que incrementan la estabilidad estructural debido a que protegen el suelo de la erosión ocasionada por altas precipitaciones, mejoran la relación aire, suelo y agua, reduce la compactación del subsuelo, ayudan a una mejor tasa de infiltración. Sin embargo, en ocasiones de sequía los cultivos de cobertura pueden competir por agua con los cultivos comerciales (Pound 1998).

Comparando la producción de materia seca del cultivo de *Vicia villosa* respecto a la mezcla de *Vicia villosa* + *Avena sativa* en dos localidades, se observó que la mezcla de vicia + avena mostró un mayor aporte de materia seca, oscilando entre 4367 y 7792 kg/ha, en comparación con el monocultivo de *Vicia villosa* que osciló entre 2730 y 3056 kg/ha (Capurro *et al.* 2012). Comparando el contenido de materia seca de *Crotalaria juncea*, *S. bicolor* var. Sudanense, *Brassica rapa* y las combinaciones entre ellos, se determinó que la combinación de *Crotalaria juncea* + *S. bicolor* var. Sudanense produjo el mayor contenido de materia seca de 8.59 t/ha, seguido de la mezcla de *Crotalaria juncea* + *Brassica rapa* con 7.81 t/ha. El monocultivo de *Crotalaria juncea* y las combinaciones que incluían *Crotalaria juncea* mostraron la mayor producción de materia seca (Gómez y Lara 2016).

**Control de malezas.** El control de malezas es otro de los beneficios asociados a los cultivos de cobertura. Sin embargo, existen diferencias entre el cultivo o la mezcla que se utilice. Se han realizado diferentes investigaciones con el propósito de evaluar el control de malezas por diferentes cultivos de cobertura (Cuadro 3).

Cuadro 3. Beneficios percibidos por investigadores en el control de malezas del suelo al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura.

| Cultivos evaluados   | Referencia                     |
|--|--------------------------------|
| <i>Vicia villosa</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium officinalis</i> , <i>Pisium sativum</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Raphanus sativus</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Brassica rapa</i> , <i>Avena strigosa</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Triticum triticosecale</i> y <i>Triticum aestivum</i> | (Bertolotto y Marzetti 2017)   |
| <i>Vicia villosa</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Raphanus sativus</i> , en combinaciones con <i>Secale cereale</i> y comparado con barbecho   | (Alzqueta <i>et al.</i> 2018)  |
| <i>Crotalaria juncea</i> L., <i>Dolichos lablab</i> , <i>Sorghum bicolor</i> x <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>sudanense</i> , y <i>Brassica rapa</i> L var. Rapa, cada cultivo se evaluó en forma de monocultivos y en todas sus posibles combinaciones  | (Ligña 2014)                   |
| <i>Crotalaria juncea</i> , <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>Sudanense</i> , <i>Brassica rapa</i> y las combinaciones entre ellos   | (Gómez y Lara 2016)            |
| <i>Secale cereale</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Trifolium incarnatum</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Avena sativa</i> y <i>sorghum bicolor</i>  | (DeDecker 2015)                |
| <i>Triticum aestivum</i> var. Serpiente + <i>Vicia villosa</i> + glifosato y se comparó con glifosato y mezcla de glifosato + atrazina + lontrel (clopyralid)  | (Zanettini <i>et al.</i> 2019) |

Ligña (2014), evaluó los efectos de monocultivos y mezclas de cultivos de cobertura en el control de malezas. De acuerdo con sus resultados, cuando se utilizó cobertura con *Crotalaria juncea* observó el mejor control de malezas gramíneas y de hoja ancha comparado con el testigo. A los 45 días después de siembra (DDS), la utilización de cultivos de cobertura mostró un control de malezas gramíneas (31%) y hoja ancha (18%) comparado con el testigo. Sin embargo, no observó un control para el coyolillo (*Cyperus rotundus*). Resultados similares fueron observados en una investigación utilizando *Sorghum bicolor* var. Sudanense, *Crotalaria juncea*, *Brassica rapa* y las interacciones entre ellos, a los 15 DDS el tratamiento de *Crotalaria juncea* + *Brassica rapa* mostró mejores resultados en el control de ciperáceas (56/m<sup>2</sup>) y malezas de hoja ancha, comparado con el testigo que obtuvo un resultado en ciperáceas de (159/m<sup>2</sup>). No obstante, a los 45 DDS se observó un mejor control utilizando únicamente *Crotalaria juncea* ya que se disminuyó en un 21% la población de ciperáceas, 45% malezas de hoja ancha y 81% gramíneas. Sin embargo, los resultados para las ciperáceas no reflejan diferencia (Gómez y Lara 2016). La *Crotalaria juncea* cuenta con la ventaja de ser una leguminosa de crecimiento precoz y puede llegar alcanzar una altura de 1.2 m en 60 días y debido a su alta capacidad de desarrollar follaje alcanza una buena cobertura en el suelo (Rotar y Joy 1983). La *Crotalaria juncea* desarrolla un crecimiento denso y rápido, este tipo de crecimiento crea un exceso de sombra que disminuye la capacidad fotosintética de las malezas evitando así su desarrollo y propagación (Brunner *et al.* 2009).

Utilizando *Vicia villosa*, *Trifolium alexandrinum*, *Brassica napus*, *Raphanus sativus*, en combinaciones con *Secale cereale* como cultivos de cobertura, se obtuvo menor frecuencia de aparición de malezas como *Coniza bonarienses* y *Stellaria media*, mientras que el tratamiento con barbecho presentó mayor frecuencia de aparición de estas malezas (Alzuetta *et al.* 2018). Bertolotto y Marzetti (2017), compararon la capacidad de supresión de malezas de las gramíneas *Avena strigosa*, *Avena sativa*, *Secale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Triticum tritico-secale* y *Triticum aestivum* en tres localidades. Los resultados fueron similares en las tres localidades, los cultivos de *Triticum tritico-secale*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare* y *Secale cereale* mostraron los mayores porcentajes de supresión de malezas y *Avena strigosa* mostró los menores porcentajes de supresión.

Los cultivos de cobertura también pueden evitar el desarrollo de malezas produciendo compuestos inhibitorios de malezas y crecimiento de ellas, esto es conocido como alelopatías, sin embargo, se debe considerar debido a que algunas especies también pueden afectar los cultivos de interés. Algunas de estas plantas son *Secale cereale*, *Ceratonía siliqua*, *Trifolium incarnatum*, *Fagopyrum esculentum*, *Medicago sativa*, *Hordeum vulgare*, *Brassica napus*, *Avena sativa* y *Sorghum bicolor* (DeDecker 2015). En otras situaciones también se pueden utilizar socios de cultivos de cobertura con herbicidas. Se utilizó el socio de trigo (*Triticum aestivum* var. Serpiente) + vicia (*Vicia villosa*) + glifosato y se comparó con glifosato y mezcla de glifosato + atrazina + lontrel (clopyralid). En esta situación la mezcla de glifosato + cultivos de cobertura no se observó aumento del número de malezas, comparado a la mezcla de GAL (glifosato + atrazina + lontrel) que el número de malezas se incrementó cinco veces (Zanettini *et al.* 2019).

Este último resultado está asociado al incremento de biomasa por parte de los cultivos de cobertura, esto provoca que las semillas se mantengan en dormancia, ya que evita el ingreso de radiación en el suelo y por ende el aumento de temperatura (Garay 2018). La supresión de malezas con cultivos de cobertura está influenciada mayormente por la cantidad de biomasa que estos producen que por la calidad del cultivo (Finney *et al.* 2016).

## Mejoras en el cultivo

**Rendimiento.** Otro de los beneficios de los cultivos de cobertura es el incremento del rendimiento de los cultivos de interés comercial, para lo cual se han investigado diferentes cultivos de cobertura y su efecto en el rendimiento de los cultivos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Beneficios percibidos por investigadores en mejoras del rendimiento de cultivos al utilizar mezclas o monocultivos de cultivos de cobertura.

| Cultivos evaluados   | Referencia                     |
|--|--------------------------------|
| <i>Avena sativa</i> + <i>Brassica rapa</i> y <i>Avena sativa</i> + <i>Brassica rapa</i> + <i>vicia villosa</i> y control sin cultivos de cobertura   | (Restovich <i>et al.</i> 2018) |
| <i>Vicia villosa</i> y <i>Vicia villosa</i> + <i>Avena sativa</i>  | (Capurro <i>et al.</i> 2012)   |
| Barbecho, <i>Triticum aestivum</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Triticum tritico-secale</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Vicia villosa</i> , <i>Vicia sativa</i> , <i>Brassica rapa</i> , <i>Secale cereale</i> + <i>Vicia villosa</i> , <i>Triticum tritico-secale</i> + <i>Vicia villosa</i> y <i>Avena sativa</i> + <i>Vicia villosa</i> | (Kaufmann 2018)                |
| <i>Pisum sativum</i> , <i>Vicia sativa</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Avena bizantina</i> , <i>Avena strigosa</i> , <i>Lolium multiflorum</i> y <i>Triticum secale</i>   | (Bratschi y López 2012)        |
| <i>Vicia villosa</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Raphanus sativus</i> , en combinaciones con <i>Secale cereale</i> y comparado con barbecho   | (Alzueta <i>et al.</i> 2018)   |
| <i>Triticum aestivum</i> L., <i>Secale cereale</i> , <i>Secale cereale</i> + <i>Trifolium incarnatum</i> L., <i>Secale cereale</i> + <i>Vicia villosa</i> , una mezcla multiespecies con <i>Avena sativa</i> + <i>Secale cereale</i> + <i>Raphanus sativus</i> var. <i>Niger</i> J. Kern, + <i>Brassica campestris</i> L., + <i>Trifolium incarnatum</i> L., y un control sin cobertura    | (Chu <i>et al.</i> 2017)       |

Restovich *et al.* (2018) realizó un ensayo de dos mezclas, la primera *Avena sativa* + *Brassica rapa* y la segunda fue *Avena sativa* + *Brassica rapa* + *vicia villosa* comparadas con un control sin cobertura. Estos experimentos se incluyeron en la rotación maíz-soja y soja-soja. Después de cinco años de estudio se obtuvieron mejores rendimientos de maíz cuando se incluyeron leguminosas en la mezcla, a diferencia de la soja que los rendimientos fueron similares entre los tratamientos. Resultados similares fueron obtenidos por Capurro *et al.* (2012) quienes compararon el monocultivo de *Vicia villosa* con la mezcla de *Vicia villosa* + *Avena sativa*, donde los mejores resultados en el rendimiento de maíz fueron observados cuando se incluyó el monocultivo de la leguminosa *Vicia villosa* como cobertura.

Según los resultados obtenidos por Kaufmann (2018), se observa que los mejores rendimientos en el cultivo de maíz correspondieron a las plantas de la familia leguminosa, posteriormente las

mezclas entre leguminosas con gramíneas y en lo inferior se pueden observar las gramíneas por sí solas. Utilizando los granos por mazorca, granos por metro cuadrado y peso de los granos para calcular rendimientos en el cultivo de maíz, se compararon las coberturas de *Pisum sativum*, *Vicia sativa*, *Trifolium alexandrinum*, *Sinapis alba*, *Avena bizantina*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, y *Triticum secale*. Los resultados indican que el mayor rendimiento corresponde a las coberturas de leguminosas (5453–6406 kg/ha), *Sinapis alba* que fue la única brassica incluida en el experimento mostró resultados dentro del rango de las leguminosas (5716 kg/ha). Además, fue notable que las coberturas gramíneas mostraron los resultados menores (5298–5371) (Bratschi y López 2012). El incremento en el rendimiento cuando se utilizaron leguminosas fue significativo en diferentes estudios. Este beneficio se asocia al aporte de las leguminosas en la fijación de nitrógeno y mejorar la salud del suelo. El uso de esta práctica no es nuevo en América Latina, esta se viene aplicando desde hace mucho tiempo al asociar maíz con frijol (FAO 2016).

Chu *et al.* (2017) compararon coberturas de monocultivos de gramíneas, mezclas de gramíneas + leguminosas, una mezcla multiespecies de gramíneas + leguminosas + brassicas y un control sin cobertura (Cuadro 4). En los primeros 3 años de investigación no hubo mucha diferencia respecto al rendimiento. Sin embargo, después de 3 años en la mezcla multiespecies se observó que el rendimiento en el cultivo de soja fue 15% mayor al del control. Los monocultivos o mezclas de dos cultivos fueron inferiores a la mezcla multiespecies, pero, a excepción del *Secale cereale* todos mostraron mayor rendimiento comparado con el control sin cobertura. Alzueta *et al.* (2018), compararon los rendimientos en maíz antecedido por barbecho y maíz antecedido por mezclas entre *Secale cereale* con *Vicia villosa*, *Trifolium alexandrinum*, *Brassica napus*, *Raphanus sativus*. En el primer año el mayor rendimiento fue en el maíz antecedido por barbecho y el menor rendimiento fue por la mezcla de *Vicia villosa* + *Secale cereale* + *Trifolium alexandrinum*. Para el segundo año fue todo lo contrario ya que todas las parcelas de maíz antecidas por cultivos de cobertura mostraron mayor rendimiento que el maíz antecedido por barbecho. El máximo rendimiento fue en la parcela antecida por la mezcla de *Vicia villosa* + *Secale cereale* + *Raphanus sativus*.

El rendimiento de un cultivo posterior a un cultivo de cobertura está influenciado por la relación carbono-nitrógeno de la biomasa del cultivo (Kuo y Sainju 1998). Es recomendable considerar la cantidad de biomasa que los cultivos de cobertura producen y considerar la relación de carbono-nitrógeno al momento de elegir los cultivos de cobertura (Finney *et al.* 2016). La diferencia de rendimientos en el tiempo está relacionado a la cantidad de nitrógeno que le suministran los residuos de los cultivos de cobertura y va a depender de la inmovilización y mineralización durante la descomposición de los residuos (Shah *et al.* 2026). En una relación carbono-nitrógeno cercana a 24:1 los microorganismos del suelo consumirán rápido los residuos sin dejar excesos de carbono o nitrógeno. En rastrojos con alta relación carbono-nitrógeno mayor a 24:1, como en el de *Triticum aestivum* (80:1), los microorganismos del suelo necesitan nitrógeno adicional para consumir los excesos de carbono y ocurre una inmovilización de nitrógeno que se retiene en los microorganismos, mismo que será liberado una vez que los microorganismos mueran. Al contrario, cuando existen relaciones bajas menores a 24:1 como en la *Vicia villosa* (11:1), los microorganismos lo consumirán rápidamente y dejarán un excedente de nitrógeno que van a estar disponibles para el cultivo (USDA NRCS 2011).

La falta de beneficios observados inmediatamente después de sembrar cultivos de cobertura también está relacionada a la estrategia utilizada para eliminar y manejar los residuos dejados por los cultivos de cobertura para su posterior descomposición (Wortman *et al.* 2012). En sistemas de

producción que no tienen prohibido el uso de herbicidas esto puede ser una opción. Comparándolo con una terminación física de los residuos, la terminación con herbicidas puede reducir riesgos de perder rendimientos en un cultivo de soja posterior a cultivos de cobertura (Davis 2010). Para sistemas de producción orgánicos donde no está permitido el uso de herbicidas, el rodillo-rizador de cultivos de cobertura representa una importante herramienta para el manejo de los residuos, además con este rodillo se pueden reducir costos porque ahorran mano de obra para el manejo de malezas y disminuir los efectos negativos en el suelo con una baja labranza (Liebman y Davis 2000). Sin embargo, la eficiencia del rodillo-rizador va a depender del cultivo de cobertura que se sembró (Davis 2010).

## 4. CONCLUSIONES

- Los monocultivos de leguminosas aportan la mayor cantidad de nitrógeno por fijación biológica, así como también realizan el mayor aporte durante la descomposición de los residuos.
- Las mezclas que incluyen gramíneas tienden a mejorar la estabilidad de los suelos desarrollándose agregados entre 0.25-10 mm, además se observan mejoras en la infiltración y porosidad del suelo.
- El control de malezas está influenciado por la producción de biomasa del cultivo de cobertura, la *Crotalaria juncea* sembrada en monocultivo tiene la mayor capacidad de supresión de malezas debido a su velocidad en desarrollar biomasa.
- El mayor aporte de rendimiento corresponde a cultivos antecidos por mezclas entre leguminosas, gramíneas y brassicas. Sin embargo, este resultado es observable después de varios años de incluir las mezclas de cobertura en la rotación con el cultivo comercial.

## 5. RECOMENDACIONES

- Antes de establecer un monocultivo o una mezcla de cultivos de coberturas, debe analizarse la relación carbono-nitrógeno de esos cultivos para evitar la inmovilización del nitrógeno.
- No considerar el aporte de nitrógeno de los cultivos de cobertura como el total requerido por un cultivo comercial.
- No establecer socios de cultivos de cobertura con cultivos comerciales en condiciones de sequía ya que se crea competencia por agua, afectando las condiciones del suelo y el desarrollo del cultivo comercial.
- Antes de establecer cultivos que inhiban el desarrollo de malezas a través de sustancias alelopáticas, se debe investigar si estas no afectan el cultivo de interés comercial.
- Realizar investigaciones de sistemas de manejo de residuos de cultivos de cobertura, que permitan una rápida descomposición de estos.
- Para suelos de Zamorano, evaluar mezclas de leguminosas con gramíneas para el control de malezas y aporte en la estabilidad estructural del suelo
- Realizar investigaciones evaluando el aporte de los cultivos de cobertura en la biota del suelo y biodiversidad de los agroecosistemas.
- Realizar investigaciones evaluando la relación entre el uso de cultivos de cobertura y el tipo de mecanización utilizada para incorporar los residuos.

## 6. LITERATURA CITADA

- Lara Acosta D, Costales Menéndez D, Nápoles García MC, Falcón Rodríguez A. 2019. Pectimorf® y Azofert-F® en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). cultrop; [Consultado el 30 de ago. de 2020]. 40(4). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000400005&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000400005&lng=es&tlng=pt)
- Acciaresi HA, Buratovich MV, Cena ME, Picapietra G, Restovich SB. 2016. Cultivos de cobertura y su relación con la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y la materia seca aérea de malezas. RTA; [consultado el 22 de sep. de 2020]. 10(30):45-48. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_la\\_intercepcion\\_de\\_la\\_radiacion\\_fotosinteticamente\\_activa\\_y\\_la\\_materia\\_seca.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_cultivos_de_cobertura_y_su_relacion_con_la_intercepcion_de_la_radiacion_fotosinteticamente_activa_y_la_materia_seca.pdf)
- Agrotecnia. 2016. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. [internet]. [consultado el 16 de sep. de 2020]. <http://www.agrotecnia.com.co/novedades/conservacion-de-los-recursos-naturales-para-una-agricultura-sostenible/>
- Álvarez C, Quiroga A, Santos D, Bodrero M. 2012. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1a Ed. La Pampa, Argentina: INTA; [consultado el 14 de sep. de 2020]. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cultivos_de_cobertura_.pdf)
- Álvarez C, Scianca C, Barraco M, Diaz Zorita M. 2010. Cambios en suelos bajo siembra directa cereales de invierno de cobertura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mayo-junio 2010. Rosario, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2010\\_alvarez\\_cambios\\_en\\_suelos\\_bajo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2010_alvarez_cambios_en_suelos_bajo.pdf)
- Alzueta I, Romano B, Madias A. 2018. Cultivos de cobertura como antecesores de maíz temprano. Argentina: Aapresid [consultado el 11 de jul. De 2020]. <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2018/05/Cultivos-de-cobertura-como-antecesores-de-ma%C3%ADz-temprano.pdf>
- Barrios Maestre R, Friñas J, Silva Acuña R, Sanabria D. 2011. Idesia. 29(2):29-37. [doi.org/10.4067/S0718-34292011000200004](https://doi.org/10.4067/S0718-34292011000200004)
- Bertolotto M, Marsetti M. 2017. Manejo de malezas problema. Cultivos de Cobertura. Bases para su manejo en sistemas de producción. 1ª ed. Santa Fe, Argentina: Aapresid; [consultado el

3 de sep. de 2020]. <http://aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/AAP-Original-Cultivos-de-cobertura.pdf>

Bratschi Clavell A, López Ferreira F. 2012. Empleo de cultivos cobertura y su incidencia en nitratos, agua acumulada en el suelo y rendimiento de maíz. [Tesis]. Uruguay: Universidad de la República. 69p. [consultado el 2 de ago. de 2020]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9766/1/3775bra.pdf>

Brunner B, Martínez S, Flores L, Morales P. 2009. Hoja informativa crotalaria: Natural Resources Conservation Service (NRCS) [internet]. Lajas, Puerto Rico: Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. [consultado el 27 de ago. de 2020]. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14766378/crotalaria-agricultura-organica>

Capurro J. 2018. Cultivos de cobertura y sus beneficios para ambientes agrícolas [internet]. Santa Fe: INTA; [consultado 23 de ago. de 2020]. <https://inta.gob.ar/documentos/cultivos-de-cobertura-y-sus-beneficios-para-ambientes-agricolas>

Capurro J, Dickle MJ, Ninfi D, Zazzarini A, Tosi E, Gonzáles MC. 2012. Vicia y avena como cultivos de cobertura en maíz. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica; [consultado el 7 de ago. de 2020]. 6:20-22. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/C95DB764EA8A903585257A0F006D98BB/\\$FILE/IAH-2012-06.pdf#page=20](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/C95DB764EA8A903585257A0F006D98BB/$FILE/IAH-2012-06.pdf#page=20)

Chu M, Jagadamma S, Walker FR, Eash NS, Buschermohle MJ, Duncan LA. 2017. Effect of multispecies cover crop mixture on soil properties and crop yield. *Agricultural Environmental Letter*. 2(1):1-5. doi:10.2134/ael2017.09.0030

Clark, A. 2007. Sunn hemp: *Crotalaria juncea* En: *Managing cover crops profitably*. 3 ed. Sustainable Agriculture Research & Education. College Park. [consultado el 21 de ago. de 2020]. <http://www.sare.org/Learning-Center/Books/Managing-Cover-Crops-Profitably-3edEdition/Text-Version/Printable-Version>.

Cole KK, Krupek FS, Proctor C, Barche A. 2020. What are the benefits of a cover crop mix versus a single species cover crop?. [internet]. Lincoln: Universidad de Nebraska. [consultado el 18 de sep. de 2020]. <https://cropwatch.unl.edu/2020/what-are-benefits-cover-crop-mix-versus-single-species-cover-crop>

Davis AS. 2010. Cover-crop roller-crimper contributes to weed management in no-till soybean. *Weed Science*. 58(3):300-309. doi:10.1614/WS-D-09-00040.1

DeDecker J. 2015. Cultivos de cobertura para la supresión de maleza en cultivos orgánicos. [internet]. Michigan: UM. [consultado el 4 de sep. de 2020].

<https://www.hortalizas.com/cultivos/cultivos-de-cobertura-para-la-supresion-de-maleza-en-cultivos-organicos/>

- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2000. Mejorando la nutrición través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y El Caribe [internet]. Roma, Italia; [consultado el 27 de ago. de 2020]. <http://www.fao.org/3/v5290s/v5290s00.htm>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2011. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Mundi-Prensa, Madrid. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/a-i1688s.pdf-i1688s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2016. Ahorrar para crecer en la práctica maíz, arroz y trigo. [consultado el 6 de sep. de 2020]. <http://www.fao.org/3/a-bb032s.pdf>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2020. Mejoramiento de la Salud del Suelo. Portal de Suelos de la FAO. [consultado el 25 de ago. de 2020]. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/mejoramiento-de-la-salud-del-suelo/es/>.
- Finney DM, White CM, Kaye JP. 2016. Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*. 108:39–52. doi:10.2134/agronj15.0182
- Garay JA. 2018. Los cultivos de cobertura como una estrategia de control de malezas con menor impacto ambiental. *Horizonta A*; [consultado el 4 de sep. de 2020]. 110:47-51. [https://issuu.com/horizonteadigital/docs/ha\\_110\\_digital/46](https://issuu.com/horizonteadigital/docs/ha_110_digital/46)
- Gardi C, Angelini M, Barceló S, Comerma J, Cruz C, Rojas A, Jones A, Krasilnikov P, Mendonça S, Brefin ML, Montanarella L, Muñoz O, Schad P, Vara MI, Vargas R. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxemburgo, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 176 p. doi: 10.2788/37334
- Gómez Pesantes LE, Lara Cedeño RG. 2016. Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25p; [consultado el 6 de jul. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5850/1/CPA-2016-T054.pdf>

- Gonzales H, Restovich S, Portelas S. 2016. Efecto de los cultivos de cobertura sobre la estabilidad estructural del suelo: método de lebissonais. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Junio-Julio 2016. Rio Cuarto, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/efecto-de-los-cultivos-de-cobertura-sobre-la-estabilidad-estructural-del-suelo-metodo-de-le-bissonais/>
- Hernández CL, Ramos J, Rodriguez M, López Hernández ID. 2007. Efecto del estiércol de vacuno en la estabilidad estructural y la actividad biológica de un suelo bajo manejo agrícola. *Acta Biológica Venezolana*. 27(2):19–30. [consultado el 14 de sep. de 2020]. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista\\_abv/article/view/2395/2288#](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista_abv/article/view/2395/2288#)
- Hernández Santiesteban Y, Alfaro Alfaro E, Mederos Medros D, Rivas Figueredo E. 2009. Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. *Temas de Ciencia y Tecnología*; [consultado el 08 de ago. de 2020] 13(38):7-16. [http://www.utm.mx/edi\\_anteriores/Temas38/1ENSAYO%2038-2.pdf](http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/1ENSAYO%2038-2.pdf)
- Karlen DL, Varvel GE, Bullock D, Cruse RM. 1994. Crop rotations for the 21st Century. *Advances in Agronomy*. 53:1-45. doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60611-2
- Kaufmann A. 2018. Producción y productividad del maíz según diferentes cultivos de cobertura como antecesores. [Tesis]. Argentina: Universidad Nacional del Litoral. 4p; [Consultado el 11 de jul. De 2020]. [https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5366/Resumen\\_Kaufmann\\_Ingenier%C3%ADas.pdf](https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5366/Resumen_Kaufmann_Ingenier%C3%ADas.pdf)
- Kaye J, Finney D, White C, Bradley B, Schipanski M, Alonso Ayuso M, Hunter M, Burgess M, Mejia C. 2019. Managing nitrogen through cover crop species selection in the u.s. mid-atlantic. *PLOS ONE*. 14(4):1-23. doi.org/10.1371/journal.pone.0215448
- Kuo S, Sainju UM. 1998. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biology and Fertility Soils*. 26:346-353. doi:10.1007/s003740050387
- Liebman M, Davis AS. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*. 40(1):27-47. doi:10.1046/j.1365-3180.2000.00164.x
- Ligña Sangucho MA. 2014. Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas y aporte de materia seca y nutrientes al suelo. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 27p; Consultado el 6 de jul. de 2020. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3480/1/CPA-2014-048.pdf>.

- Lok S, Fraga S. 2011. Comportamiento de indicadores del suelo y del pastizal en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*/*Cynodon nlemfuensis* con ganado vacuno en desarrollo. Cuban Journal of Agricultural Science; [consultado el 15 de sep. de 2020]. 45(2):195–202. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-cubana-de-ciencia-agricola/articulo/comportamiento-de-indicadores-del-suelo-y-del-pastizal-en-un-sistema-silvopastoril-de-leucaena-leucocephalacynodon-nlemfuensis-con-ganado-vacuno-en-desarrollo>
- Olivares Pascual J. 2008. Fijación biológica de nitrógeno. [internet]. Granada: Estación Experimental del Zaidín, CSIC. [consultado el 17 de sep. de 2020]. <https://www2.eez.csic.es/olivares/ciencia/fijacion/>
- Pound B. 1998. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América. Estudio FAO. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Chatham, Kent ME4 4TB, UK. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>
- Puertas F, Arévalo E, Zúñiga L, Alegre J, Loli O, Soplin H, Baligar V. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonía peruana. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. Ecología Aplicada; [consultado el 22 de ago. de 2020]. 7(1,2):23-28. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a04v7n1-2.pdf>
- Raudes M, Sagastume N. 2009. Manual de conservación de suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central [internet]. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75.[consultado el 22 de ago. de 2020] [https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo\\_3\\_Manual\\_Conservacion\\_de\\_Suelos.pdf](https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_3_Manual_Conservacion_de_Suelos.pdf)
- Redfearn D, Anderson B. 2016. Is nitrogen fixation oversold with legume cover crops? [internet]. Lincoln Universidad de Nebraska. [consultado el 18 de sep. de 2020]. <https://cropwatch.unl.edu/2016/nitrogen-fixation-oversold-legume-cover-crops>
- Restovich SB, Andriulo AE, Portela SI. 2018. Mezcla de cultivos de cobertura: aumento de la diversidad de especies y multibeneficios agroecosistémicos. Congreso Argentino de la Ciencia el Suelo. Tucumán. [consultado el 3 de jul. de 2020]. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2733/INTA\\_CRBsAsNorte\\_EEAPergamino\\_Restovich\\_Silvina\\_Mezcla\\_de\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_aumento\\_de\\_la\\_diversidad\\_de\\_especies\\_y\\_multibeneficios\\_agroecosistemicos.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2733/INTA_CRBsAsNorte_EEAPergamino_Restovich_Silvina_Mezcla_de_cultivos_de_cobertura_aumento_de_la_diversidad_de_especies_y_multibeneficios_agroecosistemicos.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

- Ridley N. 2012. Cultivos de cobertura en el sur de Santa Fe: efectos sobre la eficiencia del barbecho y la porosidad del suelo. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1(2):7-15. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cultivos_de_cobertura_.pdf)
- Rimski Korsakov H, Álvarez CR, Lavado RS. 2016. Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*; [consultado el 15 de sep. de 2020]. 21:2-6. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48332/CONICET\\_Digital\\_Nro.3cf6d0d3-73e7-446e-9d1a-6066312acc7b\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48332/CONICET_Digital_Nro.3cf6d0d3-73e7-446e-9d1a-6066312acc7b_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Rotar PP, Joy RJ. 1983. 'Tropic Sun' Sunn Hemp *Crotalaria juncea* L. *Research Extension Series*; [consultado el 22 de ago. de 2020]. 36:1-11. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/15089/RES-36.pdf>
- Rubio G, Mosca C, Varela MF, Scianca C, Taboada MA. 2012. Estructura de suelos arenosos bajo cultivos de cobertura. En: Mendez D, editor. *Memoria técnica 2011-2012*. Buenos Aires, Argentina: EEA General Villegas. P. 43-47.
- Sancllemente Reyes OE, Prager Mosquera M, Beltrán Acevedo LR. 2013. Aporte de nitrógeno al suelo por *Mucuna pruriens* y su efecto sobre el rendimiento de maíz dulce (*Zea mays* L.). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 4(2):149-155. doi: 10.22490/21456453.978
- Shah SS, Hookway S, Pullen H, Clarke T, Wilkinson S, Reeve V, Fletcher M. 2016. The role of cover crops in reducing nitrate leaching and increasing soil organic matter. *Aspects of Applied Biology*; [consultado el 17 de sep. de 2020]. 134:243-252 [https://www.researchgate.net/publication/319263503\\_The\\_role\\_of\\_cover\\_crops\\_in\\_reducing\\_nitrate\\_leaching\\_and\\_increasing\\_soil\\_organic\\_matter](https://www.researchgate.net/publication/319263503_The_role_of_cover_crops_in_reducing_nitrate_leaching_and_increasing_soil_organic_matter)
- Sullivan DM, Andrews N, Brewer LJ. 2020. Estimating plant – available nitrogen release from cover crops. *Pacific Northwest Extension Publishing*; [consultado el 5 de sep. de 2020]. 636:1-20. [https://www.researchgate.net/publication/344064424\\_Estimating\\_Plant-Available\\_Nitrogen\\_Release\\_from\\_Cover\\_Crops/citations](https://www.researchgate.net/publication/344064424_Estimating_Plant-Available_Nitrogen_Release_from_Cover_Crops/citations)
- [USDA NRCS] United States Department of Agricultura, Natural Resources Conservation Service. 2011. Carbon to nitrogen ratios in cropping systems. Greensboro: East National Technology Support Center; [consultado el 22 de sep. de 2020]. <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2019/04/stelprdb1166766.pdf>
- Vásquez Arroyo BJ. 1996. Fijación biológica de nitrógeno en frijol de temporal y de diversidad genética en las poblaciones nativas de *Rhizobium*. [Tesis]. México: Universidad Autónoma

de Nuevo León. 151 p; [consultado el 17 de sep. de 2020].  
<http://eprints.uanl.mx/451/1/1080073260.PDF>

Wortman SE, Francis CA, Bernardis ML, Drijber RA, Lindquist JL. 2012. Optimizing cover crop benefits with diverse mixtures and an alternative termination method. *Agronomy Journal*. 104(5):1425-1435. doi:10.2134/agronj2012.0185

Zanettini JL, Orden N, Dubo G. 2019. El cultivo de cobertura en el control de malezas. *RTA*; [consultado el 16 de sep. de 2020]. 10(39): 56-58.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_25\\_de\\_mayo\\_el\\_cultivo\\_de\\_cobertura\\_en\\_el\\_control\\_de\\_malezas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_25_de_mayo_el_cultivo_de_cobertura_en_el_control_de_malezas.pdf)