

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFECTO RESIDUAL DE DIFERENTES ESPECIES DE COBERTURA
INVERNAL EN BARBECHO Y CULTIVO DE SOJA**

por

**Camila AUDI TENZI
Ximena Eliana RIVERO SANGUINETTI**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2019**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández Childs

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba Farinha

Ing. Agr. Isabel García Carriquiry

Fecha: 27 de junio de 2019

Autoras: -----
Camila Audi Tenzi

Ximena Eliana Rivero Sanguinetti

AGRADECIMIENTOS

A nuestra familia que conocen por dentro y fuera lo que transitamos en este largo camino, por ese amor y apoyo incondicional que hizo que todo merezca la pena.

A amigos y todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron acompañándonos.

A la Facultad de Agronomía y todo lo que ello implica que nos permitió formarnos como personas y profesionales.

A la Ing. Agr. Grisel Fernández, directora de este trabajo, por su excelente y constante disposición a lo largo de todo el trabajo.

A la Ing. Agr. Florencia Rodríguez por su gran colaboración durante el trabajo práctico.

A la Lic. Sully Toledo por su gran orientación y calidad a la hora de la corrección de la tesis.

Gracias a todos por todo, hoy recogemos los frutos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. EFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN EL ENMALEZAMIENTO.....	2
2.2. EFECTO DE LOS RASTROJOS DE CULTIVOS DE COBERTURA EN EL ENMALEZAMIENTO.....	6
2.2.1. <u>En el barbecho</u>	6
2.2.2. <u>En el cultivo siguiente</u>	9
2.3. EFECTO DEL RASTROJO EN EL CULTIVO SIGUIENTE.....	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	14
3.1. LOCALIZACIÓN.....	14
3.2. TRATAMIENTOS.....	14
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
3.3.1. <u>Modelo experimental</u>	15
3.4. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	15
3.5. DETERMINACIONES.....	16
3.6. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	17
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	18
4.1. RESULTADOS DE LA ETAPA DE BARBECHO.....	18
4.1.1. <u>Primera determinación en barbecho (20/10/17)</u>	19
4.1.2. <u>Segunda determinación en barbecho (14/11/17)</u>	21
4.2. RESULTADOS DE LA ETAPA DE CULTIVO.....	22

4.2.1. <u>Primera determinación en cultivo el 15/12/17</u>	
<u>(38 días post siembra)</u>	22
4.2.2. <u>Segunda determinación en cultivo el 22/01/18</u>	
<u>(76 días post-siembra)</u>	24
4.2.3. <u>Tercera determinación en cultivo el 20/02/18</u>	
<u>(105 días post-siembra)</u>	24
4.2.4. <u>Cuarta determinación en cultivo el 04/04/18</u>	
<u>(148 días post-siembra)</u>	26
5. <u>CONCLUSIONES</u>	27
6. <u>RESUMEN</u>	28
7. <u>SUMMARY</u>	29
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	30

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Tratamientos	14
2. Materia seca (Kg/ha) a la desecación y área cubierta por rastrojo de la cobertura el 20/10/17.....	21
3. Densidad lograda de soja (pl/m) y área cubierta por rastrojo de la cobertura (%) el 15/12/17	23
4. Área cubierta por rastrojo de la cobertura en soja (%) el 22/01/18.....	24
5. Altura hasta primer y último nudo (cm) y cobertura del cultivo de soja (%) el 20/02/18.....	25
Figura No.	
1. Temperatura y precipitaciones mensuales ocurridas en el período de estudio y promedio histórico 2002-2018 (mm.mes-1) para Soriano.....	18
2. Área cubierta por rastrojo de la cobertura, restos secos de malezas y área cubierta total (%) el 20/10/17.....	19
3. Área cubierta por rastrojo de la cobertura y suelo descubierto (%) el 14/11/17.....	21
4. Rendimiento de soja promedio (Kg/ha) para los diferentes tratamientos de especies de cobertura inverna.....	26

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha adoptado el uso de coberturas en el país consecuencia de la implementación de los planes de uso y manejo de suelo siguiendo la Ley No. 18564 de Conservación de Suelo, por lo que a nivel país se ha dado un incremento sostenido de cultivos de cobertura invernal.

La investigación en relación a este tema ha demostrado que además de tener muy importantes aportes para la disminución de problemas de erosión y también, aporte de nutrientes, reporta interesantes ventajas en el manejo del enmalezamiento, mejorando así la sostenibilidad del sistema.

Tanto las tesis de Dávila y Elduayen (2015) como la de Ferber (2016) comprueban resultados muy llamativos en la disminución de las poblaciones de malezas invernales e inclusive la potencialidad de interesantes efectos residuales en los enmalezamientos de barbecho y cultivo siguiente.

Dávila y Elduayen (2015) comprobaron notables disminuciones de la densidad de *Echinochloa colona* en maíz con la utilización de coberturas y marcadas diferencias entre las especies de cobertura ensayadas.

El presente estudio tuvo por objetivos determinar los efectos residuales de especies de cobertura invernal, con y sin herbicida, en el enmalezamiento en barbecho así como los efectos en el cultivo de soja y su enmalezamiento asociado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN EL ENMALEZAMIENTO

Se define a los cultivos de cobertura como aquellos que crecen específicamente para mantener el suelo cubierto, protegiéndolo de la erosión, evitando la pérdida de nutrientes por lavado y escurrimiento e incorporando nitrógeno al sistema en caso de ser leguminosa (Bastos et al., 2007). Los cultivos que se utilizan se caracterizan por tener alta producción de biomasa y potencial control de malezas (Fageria et al., 2005) dado por la supresión física, competencia por los recursos, o alelopatía (Putnam y DeFrank 1983, Teasdale y Daughtry 1993, Creamer et al. 1996).

La utilización de estos cultivos durante el período invernal, normalmente improductivo en sistemas donde predomina el monocultivo de soja y que por ende deja un barbecho extremadamente largo en la época con mayores riesgos de erosión; permite mantener el suelo cubierto y reciclar nutrientes, produciendo un nuevo ingreso de rastrojo al sistema (Ernst, 2004).

Los cultivos de cobertura que crecen durante los períodos en que los cultivos no están presentes en la rotación pueden ayudar a mantener la cobertura del suelo y ocupar un espacio que de otra manera sería ocupado por las malezas.

Los efectos de los cultivos de cobertura dependen en gran parte de las especies del cultivo de cobertura y su manejo después del cultivo comercial, y de la composición de la comunidad de malezas (Bàrberi y Mazzoncini, 2001)

Cultivares de una misma especie utilizada como cobertura, difieren no solamente en términos de habilidades para la supresión de la densidad de malezas sino también en la habilidad para suprimir el crecimiento de las mismas (Vasilakoglou et al., 2006). En ese sentido el nivel de supresión de las malezas dependerá de la especie utilizada como cultivo de cobertura, el espesor de los residuos acumulados y el sistema de manejo (Creamer et al., 1996).

Según Akemo et al. (2000) tratamientos de cultivos de cobertura no tuvieron efecto sobre la composición de especies de malezas. Bàrberi y Mazzoncini (2001) no observaron interacciones significativas entre el sistema de manejo de los cultivos y el tipo de cultivos de cobertura con la biomasa de cultivos de cobertura y biomasa, densidad, y cobertura de las malezas. Pero según Teasdale (1996), existe una alta correlación entre la reducción de la biomasa de malezas y la biomasa del cultivo de cobertura.

Moraes et al. (2009) no encontraron diferencias significativas en número de malezas según distintas coberturas de invierno.

Teasdale et al. (1991) afirman que con residuos de cultivos de invierno superiores a 3000 kg MS/ha con una cobertura del 90% de la superficie de suelo, se determinaron reducciones promedio de 78% cuando se lo compara con un suelo sin cobertura.

La interferencia con las malezas, incluyendo la competencia, efectos físicos y alelopáticos, es por lo general mayor cuando se usan como cultivos de coberturas gramíneas y crucíferas que cuando se usan leguminosas (Blum et al., 1997).

Según un experimento realizado por Murungu et al. (2010), las coberturas de *Avena sativa* reducen la densidad del enmalezamiento en un 90%, en comparación contra un tratamiento testigo de barbecho. Por otra parte, las leguminosas pueden producirse para maximizar rendimientos de biomasa con fertilizaciones mínimas y la cantidad de biomasa producida es un factor fundamental en el control de malezas invernales.

Estudios muestran que la acumulación de biomasa aérea producida por el cultivo de cobertura, principalmente gramínea, limita la emergencia de malezas (Scianca et al., 2006) modificando además la diversidad y abundancia de las mismas (Fernández et al., 2007).

Según Bàrberi y Mazzoncini (2001) el manejo y el tipo de cultivo de cobertura generan un cambio en la composición de especies, por lo que la elección de las especies de cultivos de cobertura basadas únicamente en el potencial de la supresión de malezas directa de la especie puede ser engañosa.

Todas las tácticas de control de malezas, incluyendo los cultivos de cobertura, ejercen una presión selectiva sobre las poblaciones de malezas y seleccionarán aquellas especies que están mejor adaptadas al sistema.

Las especies perennes y algunas malezas anuales con semillas grandes, que tienen requerimientos mínimos para romper la latencia de las semillas y suficientes reservas de energía para penetrar las capas de material de cobertura serán, muy probablemente, las que se establezcan y reproduzcan en los residuos de un cultivo de cobertura. Las especies de malezas de semillas pequeñas parecen ser más sensibles que las de semillas grandes a los efectos físicos de la cobertura así como también a los compuestos alelopáticos (Liebman y Davis, 2000).

Además, las especies que tienen una fenología similar a la del cultivo de cobertura pero que pueden sobrevivir al manejo de ese sistema, constituirán un problema mayor (Teasdale y Molher, 1993).

Otro efecto favorable que tienen las coberturas es su potencial alelopático, es otro mecanismo por medio del cual los cultivos de cobertura vivos pueden suprimir las malezas (Fujii, 1999). La alelopatía fue definida por Molisch, citado por Almeida (1988), como *"la capacidad de las plantas superiores o inferiores de producir sustancias químicas que liberadas en el ambiente influyen en otras, favorable o desfavorablemente para su desarrollo"*.

El potencial alelopático de los cultivos de cobertura vegetal depende aún del tipo de residuo vegetal que permanece sobre el suelo y de las plantas infestantes que en él se desarrollen. De esta forma, bajo el aspecto de control de plantas infestantes, lo importante no es tener gran volumen de residuos, sino que éstos presenten aleloquímicos perjudiciales a las especies invasoras y que los mismos sean liberados al suelo en concentraciones suficientes para inhibir su desarrollo (Almeida, 1991).

Estos productos bioquímicos, o aleloquímicos, se liberan de las plantas a través de la volatilización, lixiviación, exudación de la raíz, y la degradación de la planta durante el crecimiento activo, así como de residuos de la planta (Weir et al., 2004). De esta manera, los cultivos de cobertura proporcionan supresión de malezas durante el crecimiento y continúan proporcionando un nivel de supresión después de quemar la cobertura (Price y Norsworthy, 2013).

De acuerdo con Wardle, citado por Souza Filho et al. (1997), desde el punto de vista agronómico, la alelopatía es de gran interés, pues posibilita no sólo la selección de plantas que puedan ejercer cierto nivel de control sobre determinadas especies indeseables, sino también el establecimiento de especies que no sean fuertemente alelopáticas, pero que puedan componer cultivos equilibrados, con reflejos favorables a la productividad y longevidad de las mismas. Por lo tanto, con el monitoreo de la población de plantas infestantes en las plantas de cobertura, se puede evaluar el potencial alelopático entre ambas, posibilitando optimizar el sistema de producción de forma ambientalmente correcta y económica, por la reducción de las aplicaciones de herbicidas en los cultivos sucedidos por las cubiertas vegetales.

Gavazzi et al. (2010) afirman que el manejo sustentable de las malezas involucra numerosas prácticas que incluyen el uso de cultivos de cobertura alelopáticos y que el centeno, el trigo, el sorgo, la cebada y la avena se utilizan con este fin. Los aleloquímicos de los residuos de los cultivos de cobertura inhiben la germinación y el crecimiento de muchas malezas, particularmente las anuales de hoja ancha. Esto es gracias a que actúan como herbicidas naturales y son, a diferencia de una alta proporción

de pesticidas sintéticos, mayormente solubles en agua y de moléculas halogenadas. Además, poseen una vida media relativamente corta lo que determinan que sean menos dañinos para el medio ambiente. Weston (1996) agrega al triticale a esta lista de cultivos alelopáticos.

Una mezcla de especies de cultivos de cobertura con características de crecimiento complementarios, como una leguminosa y otra que no sea leguminosa, podrían incrementar el control de malezas en comparación con una sola especie, por medio de mayor cobertura global de dicho cultivo, descomposición de la biomasa acumulada, degradación apropiada de residuos producidos, y un amplio espectro de actividad alelopática (Creamer y Bennett, 1997).

Muchos estudios sugieren que las mezclas de cereales y leguminosas a menudo suprimen las malezas mejor que un monocultivo de leguminosa, pero inferior o equivalente a un monocultivo de cereal (Mohler y Liebman 1987, Akemo et al. 2000, Brennan y Smith 2005, Poggio 2005, Brainard et al. 2011).

Estudios realizados por Musunda et al. (2015) constataron que las coberturas de triticale (*Triticale secale*) producían una cantidad significativamente mayor de biomasa que las de avena (*Avena sativa*) y éstas que las de raigrás (*Lolium multiflorum*).

Es importante tener en cuenta que, si bien el uso de coberturas para obtener una adecuada supresión de malezas y prevenir pérdidas de rendimiento es muy importante, se trata de una práctica que debería complementarse con el uso de otros métodos de control, como químicos y/o mecánicos (Aguilar et al. 2003, Mafakheri et al. 2010, Bezuidenhout et al. 2012, Sharma y Pankaj 2013, Fakhari et al. 2015).

Estudios indican que los cultivos de cobertura pueden contribuir al control de malezas en sistemas de cultivo de labranza reducida aunque pueden requerir de prácticas de manejo adicionales, inclusive herbicidas.

La investigación que ha explorado las interacciones entre los cultivos de cobertura y herbicidas, otras prácticas de manejo, o una combinación de estos factores ha mostrado resultados mixtos que van desde la ausencia de interacciones a antagonismo con alto sinergismo. Los cultivos de cobertura han demostrado antagonizar la actividad de los herbicidas (Teasdale 1993, Burgos y Talbert 1996). Otras investigaciones han demostrado que a pesar del aumento de interceptación de herbicida por los residuos del cultivo de cobertura, el control de malezas puede aún mejorarse combinando herbicidas con altas tasas de residuos en la superficie (Teasdale et al., 2005).

Un sistema basado en la cobertura del suelo verde, ya sea permanente (cobertura viva) o presente durante el establecimiento del cultivo como rastrojo, tiene

aspectos ambientales positivos, suprime las malezas, favorece los depredadores, y puede reducir las enfermedades y problemas de insectos.

Los sistemas de cultivo con un cultivo de cobertura vivo no sólo suprimen ciertas malezas y causan mayor supresión que residuos de un cultivo de cobertura desecado, sino también resulta en un cambio en la diversidad de las mismas, lo cual puede reducir o prevenir la aparición de malezas resistentes a los herbicidas (Hartwig y Ammon, 2002).

Los materiales vegetales vivos y muertos asociados al uso de cultivos de cobertura en los sistemas agrícolas son particularmente adecuados para desarrollar sistemas ecológicos de manejo de malezas. Por lo general, un ambiente biológico y físico más diverso en la superficie de los suelos, tal como el que está asociado a los cultivos de cobertura, ofrece oportunidades para regular y minimizar las poblaciones de malezas. Liebman y Gallandt (1997) proponen sistemas integrados de manejo de malezas exitosos que pueden ser desarrollados combinando varias estrategias menores que acumulativamente reducen la relativa adecuación de las malezas a los cultivos. Un sistema integrado, incluyendo cultivos de cobertura en combinación con otras estrategias, podría mejorar el control de malezas comparado con la confiabilidad de cada estrategia individual.

2.2. EFECTO DE LOS RASTROJOS DE CULTIVOS DE COBERTURA EN EL ENMALEZAMIENTO

2.2.1. En el barbecho

El éxito de la emergencia de malezas a través del rastrojo se relaciona con la capacidad de las plántulas para crecer a través de la obstrucción de los elementos del rastrojo en condiciones de luz limitadas. Los residuos de cultivos que permanecen en la superficie del suelo en operaciones agrícolas de labranza mínima pueden reducir la emergencia de malezas (Buhler et al. 1996, Vidal y Bauman 1996).

El control de malezas aumenta con el incremento de la biomasa de residuos. Según Crutchfield et al. (1985), Mohler y Teasdale (1993), Wicks et al. (1994) en sus estudios, el volumen y / o densidad de las malezas disminuyó a medida que la biomasa de residuos del trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*) y arveja (*Pisum sativum*) fue mayor. La biomasa de residuos fue más importante para determinar la supresión de malezas que el tipo de residuo.

Teasdale (1998), afirma que hay una interacción significativa entre el volumen de biomasa de residuos y volumen de malezas.

Coincidentemente, Blum et al. (1997) encontraron que la emergencia de malezas disminuyó exponencialmente con el aumento de la biomasa de cobertura aunque constataron también un estímulo de emergencias a bajas tasas de rastrojo cuando se utilizó leguminosas, o cuando la humedad del suelo era más favorable para la emergencia en condiciones de rastrojo que sin rastrojo durante períodos de sequía (Mohler y Teasdale 1993, Buhler et al. 1996). Teasdale et al. (1991) afirman que aunque los residuos en superficie disminuyen la densidad de las malezas en los sistemas de siembra directa, éstas pueden establecerse y desarrollar una biomasa equivalente a la de una superficie sin cobertura de rastrojo.

Sin embargo, los residuos no siempre logran un adecuado control de malezas (Fenster et al., 1969), es así que menores rendimientos en grano se han observado con bajos niveles de rastrojo debido al aumento de la competencia de las malezas (Wicks et al., 1994). Tal situación se observa también con especies perennes cuyo crecimiento no es afectado por la presencia de rastrojo (Day, citado por Crutchfield et al., 1985).

Los bajos niveles de residuos no son suficientes para inhibir la emergencia de las malezas sino que pueden crear un ambiente favorable para su germinación y emergencia. Estos residuos pueden retardar la evaporación y proporcionar condiciones uniformes de humedad en el suelo, más favorables para la germinación y la emergencia que aquellas que existen en la superficie del suelo desnudo (Molher y Teasdale 1993, Teasdale y Molher 2000).

Otro aspecto importante no es solo la biomasa si no es la forma en que se distribuye la biomasa. La distribución aleatoria del rastrojo crea una heterogeneidad dentro del mismo, lo que proporciona sitios para el surgimiento de malezas en niveles aparentemente altos de rastrojo. Esta heterogeneidad ha sido documentada empíricamente por Facelli y Pickett (1991b), Teasdale y Molher (1993) para la penetración de la luz de diversos materiales de rastrojo. Las prácticas de manejo que dejan el residuo uniformemente distribuido deberían proporcionar una mejor supresión de malezas que las prácticas que dejan el residuo distribuido al azar.

Según Molher y Teasdale (1993) la descomposición lenta del rastrojo está asociada con materiales residuales que tienen una alta relación carbono/nitrógeno. Por ejemplo, los residuos de *Secale cereale* que tienen una más lenta descomposición que la leguminosa *Vicia villosa* tuvo un período más largo de supresión de las malezas.

Como ya se estableció, la avena (Weston 1996, Gavazzi et al. 2010) y el triticale (Weston, 1996) son conocidos por producir compuestos alelopáticos, y los autores atribuyen a esto el hecho de que ambas especies hayan logrado un control tan alto de malezas.

El potencial alelopático de los residuos de los cultivos de cobertura después del secado depende de la velocidad de descomposición y el tipo de rastrojo que queda en el suelo, así como la población de las especies de malezas (Tokura y Nobrega, 2006).

Scianca et al. (2006), Pérez y Scianca (2009) comprobaron que los cultivos de cobertura redujeron la cantidad de plantas de malezas por unidad de superficie y el porcentaje de cobertura de las mismas en los cultivos sucesores, lo que contribuyeron a la mayor competencia y la segregación de sustancias alelopáticas de los cultivos de cobertura.

Además de la alelopatía, los cultivos de cobertura pueden suprimir la germinación de semillas y crecimiento de malezas por modificaciones al microambiente del suelo por los propios residuos vegetales o rastrojos (Masiunas et al., 1995).

Barreras físicas y disponibilidad de luz para las plántulas emergentes y otros factores como los efectos del microclima en la germinación de las semillas y la alelopatía, también pueden influir en la emergencia (Teasdale, 1998). Las barreras físicas por el rastrojo fue el efecto dominante en la reducción de la emergencia de las plántulas en comparación con los efectos del microclima en la germinación o la alelopatía. Además la luz puede estar limitando la emergencia de especies que pudieron crecer alrededor de elementos del rastrojo que los cubrían y crecer en ausencia de luz, las reservas de semillas probablemente determinaron la capacidad de las plántulas para crecer a través de las coberturas en ausencia de luz (Teasdale, 1998).

Teasdale et al. (1993), estudiaron el efecto que ejerce el rastrojo en cuanto a la transmisión de la luz, temperatura y humedad del suelo. En dicho estudio encontraron que el rastrojo de los cultivos de cobertura puede disminuir el número de semillas germinadas a profundidades del suelo que están en el umbral de germinación. Una capa gruesa de rastrojo puede no solo inhibir la emergencia por reducir la luz a un nivel por debajo del punto de compensación, sino que también provee una barrera física para ser superada antes de que se agoten las reservas de la semilla. Este estudio también demuestra que la biomasa del cultivo de cobertura es el factor dominante en influenciar las condiciones del microambiente bajo el rastrojo y que la especie del cultivo de cobertura tiene una influencia menor.

El residuo en la superficie aumenta la humedad del suelo al aumentar la infiltración (McVay et al., 1989) y al disminuir la pérdida de humedad por evaporación (Bristow, 1988). Bajo condiciones de suelo saturado, los residuos podrían disminuir la evaporación y reducir la germinación de especies inhibidas por el exceso de humedad del suelo. En cambio, bajo condiciones de sequía, la retención de humedad en el suelo podría mejorar la germinación de las malezas y la supervivencia de las plántulas.

Los residuos en superficie no afectan la performance de los herbicidas cuando son aplicados a las dosis recomendadas, controles deficientes son mencionados cuando las dosis son reducidas y la lluvia es limitante (Erbach y Lovely, 1975).

El rastrojo contribuiría indirectamente a mejorar la eficiencia de los herbicidas, debido al mayor contenido de humedad del suelo (Crutchfield et al., 1985), aún en bajas dosis (Gerber et al., citados por Johnson y Coble, 1986).

Los residuos de cultivo en superficie interceptan los herbicidas y disminuyen su eficiencia (Erbach y Lovely 1975, Bauman y Ross 1983, Ghadiri et al. 1984, Crutchfield et al. 1985). Niveles de residuos de paja de trigo de 1700, 3400, 5100, 6800 kg/ha que cubren el 58, 77, 88 y 92% de la superficie del suelo interceptan el 14, 55, 53 y 88% respectivamente (Wicks et al., 1994).

Para cultivos con opciones efectivas de postemergencia, la supresión de malezas proporcionada por los residuos del cultivo de cobertura sería permitir que muchos cultivos se establezcan antes de la maleza.

Los herbicidas postemergentes también podrían controlar malezas emergentes tardías hasta que el cultivo haya pasado el período crítico para el control de malezas. Este enfoque podría potencialmente reducir el impacto ambiental mediante la sustitución de herbicidas de preemergencia, los que se detectan con mayor frecuencia en suelos y aguas superficiales, también permitir la reducción de los insumos de herbicidas y un cambio hacia los programas de herbicidas totales después de la emergencia.

Los mayores volúmenes de rastrojo determinan controles más eficientes de las malezas independientemente de la dosis de herbicida (Crutchfield y Wicks, 1983).

El grado de supresión de malezas por el cultivo de cobertura depende en gran parte de las especies de cultivos de cobertura y el sistema de manejo. En un sistema de cobertura muerta, el control de malezas depende de la capacidad del cultivo de cobertura para suprimir las malezas mientras se encuentra en crecimiento activo y el efecto residual de rastrojo de cultivo de cobertura después de la senescencia (Teasdale et al. 1991, Hoffman et al. 1993, Burgos y Talbert 1996).

2.2.2. En el cultivo siguiente

Las malezas interfieren en el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo agrícola y pueden llevar a pérdidas potenciales de rendimiento (Halford et al., 2001) si no se controlan adecuadamente.

La magnitud de las pérdidas depende de la densidad de enmalezamiento, el período de convivencia y del estado del cultivo. En ese sentido, Bhatnagar et al. (2015) constataron que las malezas emergentes en estados tardíos obstaculizan el crecimiento del maíz.

Bozzo (2010), indica que uno de los aspectos más importantes para el manejo del enmalezamiento es conocer el período crítico de competencia del cultivo. Este es el período durante el cual el cultivo debe permanecer sin malezas, con vistas a minimizar las pérdidas de rendimiento.

Si el enmalezamiento no se controla desde el inicio, las reducciones de rendimiento del cultivo principal pueden ser de hasta un 41% (Stoller et al., 1979).

Según Cepeda y Rossi (2003) cuando la competencia es ejercida por una comunidad vegetal integrada por especies gramíneas y latifoliadas, el máximo período de interferencia por el cultivo, sin afectar su rendimiento, se produce antes de la 6° u 8° hoja.

Cassarino, Astaziarán y Ceretta, Belgeri y Caulín, citados por Bozzo (2010), manifiestan que la soja, por su escaso desarrollo inicial y por su tardanza en cubrir el suelo, es muy susceptible a la competencia establecida por las malezas. Numerosos experimentos demuestran que las malezas, por su acción competitiva en la extracción de humedad y nutrientes, y por los problemas que crea a la cosecha, pueden llegar a reducir en un 50% o más los rendimientos de un cultivo de soja.

Por su parte, Govaerts et al. (2006), Hayat y Ali (2010) afirman que el beneficio de los cultivos de cobertura invernales se puede medir en el aumento del rendimiento del cultivo estival sucesor. Rendimientos más altos han sido atribuidos a un mejoramiento de la calidad del suelo y a la reducción del enmalezamiento (Mann et al., 2008).

Según Musunda et al. (2015), existe una relación estadísticamente significativa entre el rendimiento en grano del maíz y el peso seco de malezas estivales e invernales. Éstos investigadores afirman que las diferencias en peso seco de malezas invernales pueden atribuírseles a las coberturas invernales, lo que subraya la gran incidencia de éstas en el enmalezamiento estival y por ende en el rendimiento del cultivo estival.

A su vez, al establecerse una determinada especie, su presencia modifica nuevamente las condiciones del medio, y con ello puede también favorecerse el establecimiento de otras especies (Odum, citado por Urzúa Soria, 1999).

Otro aspecto que puede beneficiar la inclusión del cultivo de cobertura en los sistemas agrícolas, es disminuir la presencia de malezas en el cultivo sucesor (Liebman y Davis 2000, Zamar et al. 2000, Blackshaw et al. 2001, Fisk et al.

2001, Pérez y Scianca 2009, Fernández et al. 2012) lo que permitiría reducir y/o suprimir la dosis de herbicida utilizado en los mismos.

Constantin et al. (2007) determinaron que cuanto mayor es la cobertura del suelo, mayores son los efectos de inhibición sobre las malezas, pudiendo garantizar por mayor tiempo la ausencia de las mismas y favoreciendo el cultivo.

Hiroshi et al. (2005) evaluaron la incidencia del enmalezamiento invernal y estival sobre distintas fechas de siembra de coberturas invernales y cultivos de maíz; y determinaron que el ratio de radiación interceptada fue mayor en las parcelas de maíz y de soja con cultivos de cobertura. En ese mismo trabajo, encontraron resultados que indican que las malezas pueden ser controladas mediante el uso de cultivos de cobertura de siembra tardía mediante el aumento de la TIR (Tasa de Radiación Interceptada).

En la tesis de Elduayen y Dávila (2015), realizada en el país comparando distintas especies de cultivos de cobertura se constató que la menor densidad y desarrollo del enmalezamiento temprano en maíz ocurrió en la cobertura de arveja, que fue la que presentó mayor biomasa residual post-desección. El total de malezas en esa estimación, que se correspondió casi en su totalidad a *Echinochloa colona* resultó reducida en un 80% comparada con el testigo sin coberturas previo a la siembra del maíz.

Estudios realizados en INTA Martín Juárez (Cazorla y Baigorria, 2010) en los que se evaluaron diferentes coberturas invernales midiéndose el impacto de las mismas sobre el enmalezamiento; determinaron que los barbechos presentan mayores contenidos de malezas que los cultivos de cobertura, y que la incidencia de éstas es mayor en el maíz sucesor. Los investigadores atribuyeron esto al hecho de que el barbecho solo posee residuos del cultivo antecesor (maíz). Los residuos de los cultivos de cobertura de centeno y vicia, en cambio, provocaron una disminución de alrededor de 80% de la población de malezas. En estudios realizados en otras regiones, se reportan reducciones del enmalezamiento de entre un 30 y 90%, dependiendo del sitio y año considerado (Zotarelli et al. 2009, Mischler et al. 2010).

Bezuidenhout et al. (2012) trabajando en la cuantificación del impacto que tenía el control de malezas mediante la utilización de coberturas invernales en el rendimiento de un cultivo de maíz sucesor, encontraron que si bien existe un gran control por parte de la avena y el triticale, también existe una reducción del rendimiento de un maíz sucesor de éstos cultivos. Este dato podría complementar lo establecido por Putnam y DeFrank (1983), Shilling et al. (1985) sobre los efectos de los compuestos alelopáticos. A pesar de éstas reducciones de rendimiento constatadas en el maíz, Bezuidenhout et al. (2012) sostienen que los cultivos de cobertura son una excelente opción para controlar el enmalezamiento.

Lo importante es que el control sea oportuno, efectivo, económico y fácil de realizar ya que un cultivo vigoroso y bien establecido es el mejor complemento a un programa efectivo de control de malezas.

2.3. EFECTO DEL RASTROJO EN EL CULTIVO SIGUIENTE

En función de varios de los aspectos mencionados anteriormente en relación al efecto de los rastrojos en la germinación y/o implantación vegetal también es esperable que pudieran existir problemas a nivel de la implantación del cultivo siguiente y por ende efectos en el rendimiento.

En la implantación del cultivo aun no siendo esperable problemas en cuanto a los requerimientos lumínicos para la germinación, sí pueden existir dificultades mecánicas, efectos alelopáticos e hídricas determinados por los residuos de los cultivos de cobertura antecesores limitando la implantación.

Debido al efecto de los residuos del cultivo de cobertura en las propiedades del suelo, los rendimientos de los cultivos comerciales pueden mejorarse sustancialmente (Burgos y Talbert 1996, Drury et al. 1999); pero también se encontró que los cultivos de cobertura tienen efectos perjudiciales sobre el crecimiento del cultivo comercial en algunos casos, principalmente debido a los efectos de condiciones de humedad del suelo menos óptimas (Campbell et al. 1984, Adbin et al. 1998).

Los cultivos de cobertura, al igual que todas las prácticas agrícolas, también presentan ciertas limitantes. Según Fernández y Quiroga (2009), Baigorria et al. (2012) las coberturas utilizan el agua del perfil del suelo y pueden llegar a afectar la implantación del cultivo posterior o comprometer su rendimiento. Lampurlanes et al. (2002) y más tarde Cazorla y Baigorria (2010), determinaron que éste factor dependerá de la capacidad de retención de agua que tenga el suelo, útil al momento de la siembra, y de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo estival.

Además, los efectos negativos del crecimiento del cultivo de cobertura para el manejo del agua del suelo deseado deben evitarse planificando el desecado temprano para cultivos de cobertura con un fuerte crecimiento de biomasa, o eligiendo cultivos de cobertura con un crecimiento más corto de brotes y una mayor producción de raíces.

Incrementos en la acumulación de biomasa de centeno pueden resultar en una disminución en el contenido de agua del suelo, lo que puede provocar un pobre establecimiento y crecimiento de la soja (Eckert, 1988).

Magrini et al. (1983), estudiaron el efecto de la avena, la cebada, el trigo y el lino como cultivos antecesores del girasol. Los rendimientos fueron máximos luego de la avena, intermedios luego de la cebada y el trigo y mínimos luego del lino, que es el

cultivo que determinó menores valores de humedad en el suelo al momento de la siembra y el que dejó el rastrojo con mayor enmalezamiento.

El manejo inadecuado del cultivo de cobertura también puede influir en la temperatura del suelo, ya que una gran cantidad de residuos del cultivo de cobertura puede resultar en una mayor humedad del suelo. Esto puede ser importante al comienzo de la temporada de crecimiento para cultivos de verano sensibles a la temperatura, como lo observaron Teasdale y Mohler (1993), Calkins y Swanson (1998). El establecimiento y desarrollo tempranos del maíz después del cultivo de cobertura también es de gran consideración, debido a que el vértice del tallo (punto de crecimiento) se encuentra debajo de la superficie del suelo hasta la etapa vegetativa V5 (Ritchie et al., 1997), y las plantas jóvenes de maíz son muy susceptibles a las modificaciones ambientales del suelo.

La humedad inadecuada del suelo, la baja temperatura del suelo, el contacto deficiente de las semillas de maíz con el suelo e incluso las influencias aleloquímicas adversas de los residuos de cultivos de cobertura en las plantas jóvenes de maíz son los impedimentos más citados para el crecimiento temprano del maíz (Campbell et al. 1984, Opoku y Vyn 1997).

En definitiva, se debe tener precaución en el manejo de las coberturas invernales, ya que si no es el adecuado se pueden comportar como malezas agotando la humedad del suelo y la reserva de nutrientes del mismo; reduciendo el rendimiento del cultivo sucesor (Salako y Tian, 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en el establecimiento “Campo Feliz” del Ingeniero Agrónomo Andrés Alayón, ubicado en el km 8.5 camino paso de Ramos (33°34.734´ S 58°7.860´ O), situado en el departamento de Soriano.

Los suelos corresponden a Brunosoles Subéutricos, CONEAT 11.7.

La duración del período experimental correspondiendo al presente estudio se extendió desde octubre de 2017 a abril de 2018 y consistió en la evaluación de los efectos residuales en el enmalezamiento en barbecho y cultivo de soja, de 12 tratamientos instalados previamente en la etapa invernal.

3.2. TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en la combinación de seis especies de cultivos de cobertura y dos manejos del enmalezamiento (con y sin herbicida en la etapa de cobertura) tal como figura en el cuadro No. 1 a continuación.

Cuadro No. 1. Tratamientos

Tratamiento	Especie de cobertura	Herbicida en cobertura
1	Mezcla de leguminosas*	Si
2	Mezcla de leguminosas*	No
3	Avena negra con mezcla de leguminosa*	Si
4	Avena negra con mezcla de leguminosa*	No
5	Avena negra	Si
6	Avena negra	No
7	Avena blanca	Si
8	Avena blanca	No
9	Centeno	Si
10	Centeno	No
11	Triticale	Si
12	Triticale	No

*la mezcla de leguminosas consistía en *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental correspondió a un DBCA con arreglo de bloques divididos y 2 repeticiones. Las parcelas en cada bloque correspondieron a las especies de cultivo de cobertura y los bloques fueron divididos según recibieran o no tratamiento herbicida durante la tapa invernal. Cada parcela tuvo un tamaño de 100m de largo x 22 m de ancho.

3.3.1. Modelo experimental

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + \varepsilon_{ik} (a) + B_j + \varepsilon_{ij} (b) + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk} (c) \text{ con}$$

$$\varepsilon_{ik} \text{ iid} \sim N(0; \sigma^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \text{ iid} \sim N(0; \sigma^2)$$

$$\varepsilon_{ijk} \text{ iid} \sim N(0; \sigma^2)$$

Dónde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (número de tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (número de repeticiones)

$k = 1, 2, \dots,$

Y_{ijk} : variables de respuesta estudiadas

μ : media poblacional

β_k : efecto de los bloques

A_i : rastrojo de la cobertura

B_j : herbicida

ε_{ik} : error del efecto del rastrojo de la cobertura (a)

ε_{ij} : error del efecto del herbicida (b)

ε_{ijk} : error experimental (c)

3.4. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

Las coberturas fueron desecadas con herbicidas, realizándose dos aplicaciones los días 20 y 25 de setiembre de 2017. Los herbicidas utilizados fueron decididos por el propietario de la chacra quien utilizó una mezcla de 2,4-D, carfentrazone y dicamba en la primera fecha y glifosato + cletodim 5 días después. El cultivo de soja fue sembrado el día 7 de noviembre utilizándose el cultivar AW5815 con una distancia entre hileras de 0,45 cm, todo con equipamiento tractorizado del productor.

3.5. DETERMINACIONES

Se realizaron determinaciones tanto en barbecho como en el cultivo de soja.

En barbecho se estimó materia seca de las distintas coberturas al momento de la desecación y área cubierta de suelo el 20/10 y 14/11, a los 25 y 50 días post-desecación, respectivamente.

Para la estimación de la materia seca se realizaron 5 cortes por parcela de 0,5 x 0,5 m. Se colectó la totalidad de la materia correspondiente a cada cobertura dentro del área de muestreo y posteriormente se determinó peso húmedo y peso seco, secando a estufa a 60°C hasta peso constante y se expresó como kg/ha.

Para el área cubierta se utilizaron cuadros de 0,3 x 0,3 m al azar, 5 veces por parcela, estimándose por separado área cubierta por rastrojo de la cobertura, por restos secos de malezas, área cubierta total y suelo desnudo.

A nivel del cultivo de soja se realizaron estimaciones el 15/12, 22/01/18, 20/02 y a la cosecha el 4/04/2018.

En la primera determinación el 15/12 se estimó densidad lograda de soja y área cubierta por rastrojo de la cobertura. La densidad se estimó a partir de conteos de total de plantas en 5 muestreos de 0,5 m lineales de surco y se expresó como plantas por metro lineal. Para la estimación del área cubierta de suelo se hicieron 4 muestreos de 0,3 x 0,3 m por parcela en los que se registraba área cubierta por rastrojo de la cobertura.

En la segunda determinación del 22/01/18 sólo se realizó estimación del grado de cobertura de suelo utilizando la misma metodología de la determinación anterior.

La tercera determinación del 20/02/18 se realizó a nivel de crecimiento de soja, determinándose altura (cm) a primer nudo, altura (cm) hasta el último nudo y cobertura de suelo por soja en el entresurco (%). Para altura se midieron 10 plantas al azar por parcela. Para la cobertura de suelo por soja en el entresurco se caminó sobre el surco y se midió con regla el suelo descubierto expresándose en cm, luego se expresó en porcentaje y por diferencia se calculó la cobertura por soja.

La última determinación del 4/4/18 en la cosecha, consistió en la estimación del rendimiento de soja, se hicieron cortes de plantas en 2 m lineales al azar, luego se procedió a contar número de plantas, número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de mil granos, expresándose en kg/ha.

3.6. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

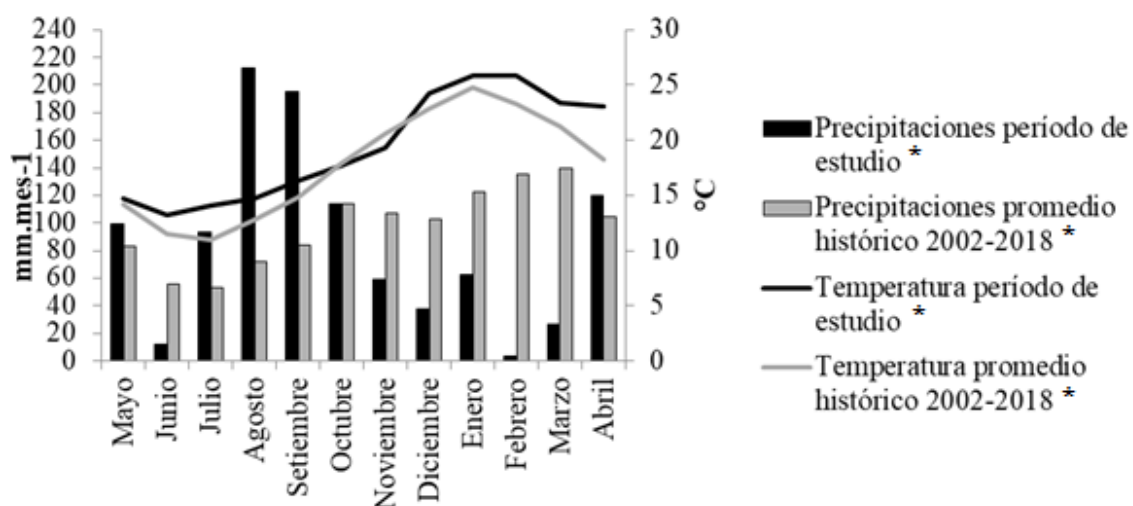
Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software Infostat, las medias fueron comparadas utilizando el test Tukey con 5 % de significancia.

Es importante señalar que las determinaciones de principal interés para el experimento y previstas originalmente consistían en estimaciones a nivel de enmalezamiento, lo cual no fue posible, dada las condiciones de severa sequía que afectaron la emergencia de malezas ocurriendo en cantidades mínimas y en manchones, lo cual impidió recabar resultados para el procesamiento de los datos. Por lo tanto, se procedió a estimar área cubierta por rastrojo de la cobertura, por malezas, suelo desnudo (%), crecimiento (cm) y rendimiento (kg/ha) de soja considerándolas como variables de interés.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de introducción importa destacar que el período experimental coincidió con condiciones climáticas muy particulares, de terrible sequía, lo cual constituye la principal explicación de los resultados obtenidos.

En la figura No. 1 se graficó las temperaturas y precipitaciones para el período de estudio 2017-2018 y para el período 2002-2018 correspondiente a la zona, donde si se comparan se puede ver que en los meses de diciembre, enero y fundamentalmente febrero y marzo se caracterizaron por una pronunciada deficiencia hídrica y temperaturas algo superiores al período 2002-2018.



*Datos históricos (2002- 2018); período en estudio (abril 2017- marzo 2018) para Soriano

Figura No. 1. Temperatura y precipitaciones mensuales ocurridas en el período de estudio y promedio histórico 2002-2018 (mm.mes-1) para Soriano

Los datos de las condiciones climáticas se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Mercedes, Soriano.

4.1. RESULTADOS DE LA ETAPA DE BARBECHO

En ninguna de las determinaciones realizadas en barbecho se pudo estimar presencia de plantas de malezas; esto no se debe a la falta de agua, sino que se le adjudica al efecto herbicida y/o cobertura.

Tal como se discutirá más adelante el total de nuevas emergencias observado resultó despreciable y sólo pudieron ser determinados restos secos de malezas de las etapas previas.

4.1.1. Primera determinación en barbecho (20/10/17)

Cabe aclarar que tanto en esta determinación como en la siguiente, aún detectándose efectos significativos de tratamientos en la mayoría de las variables estimadas, no pudo comprobarse efecto del tratamiento herbicida en la etapa de la cobertura en ningún caso.

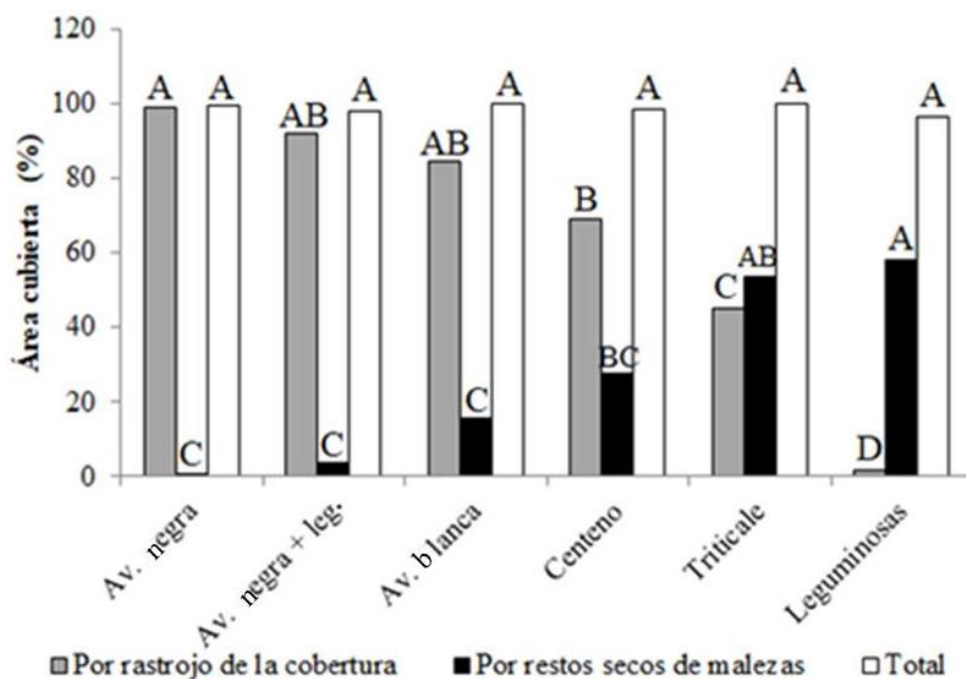


Figura No. 2. Área cubierta por rastrojo de la cobertura, restos secos de malezas y área cubierta total (%) el 20/10/17.

En el caso de la leguminosa, tratamiento en el que el área cubierta por rastrojo de la cobertura fue significativamente menor, cabe aclarar que se observaban plantas vivas avanzando pausadamente su desecación.

Por esta razón pese a que existía una baja área cubierta por rastrojo de la cobertura igual se alcanzó un alta área cubierta total estimándose promedios de suelo descubierto que no superaron el 2% en este tratamiento.

Pese a que el área cubierta total de suelo fue similar en todos los tratamientos como puede observarse en la figura No. 2, la proporción por área cubierta por rastrojo de la cobertura y restos secos de malezas fue muy diferente.

Las mayores áreas cubiertas por rastrojo de la cobertura correspondieron a las avenas, todas con 85% y más. El centeno mostró un comportamiento intermedio alcanzando el 70% y triticale resultó el cultivo con la menor proporción de área cubierta por rastrojo de la cobertura (45%).

En cuánto a los restos secos de malezas las mayores contribuciones se encontraron en las leguminosas y triticale.

La alta proporción de restos secos en leguminosas tuvo relación con los problemas que presentó esta cobertura durante el invierno. Fue una cobertura de muy baja y lenta implantación que permitió un alto enmalezamiento. Según Teasdale (1996) existe una alta correlación entre la reducción de la biomasa de malezas y la biomasa del cultivo de cobertura, correspondiéndose con los resultados obtenidos.

En el caso de triticale la alta proporción de restos secos de malezas posiblemente sea el resultado de un adelantamiento en la aparición del enmalezamiento estival, consecuencia de la alta proporción de suelo descubierto al final del ciclo de esta cobertura. Esto posiblemente generó condiciones más favorables para la aparición de malezas permitiendo mayor llegada de la luz y también favoreciendo los contrastes térmicos e hidricos.

Los restos secos de malezas en centeno aún sin diferenciarse estadísticamente de los valores encontrados en triticale, mostró el 50% de los restos secos que presentara este tratamiento y no logró diferenciarse de avena blanca y avena negra+leguminosa. La avena negra se destacó con solo 0,42% de restos secos de malezas.

Como puede verse en la misma figura parece existir una relación inversa entre el área cubierta por rastrojo de la cobertura y el área cubierta por restos secos de malezas. Así lo corroboró el estudio estadístico realizado, detectándose una relación muy significativa para la regresión (p-valor <0,0001) con un R^2 de 0,74.

Considerando estos resultados y su potencial importancia agronómica, se consideró de interés para analizar la relación entre el área cubierta por rastrojo de la cobertura y su producción final de materia seca al momento de la desecación (cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Materia seca (Kg/ha) a la desecación y área cubierta por rastrojo de la cobertura el 20/10/17

Tratamiento	MS a la desecación (Kg/ha)	Área cubierta por rastrojo de la cobertura (%)
Av. negra	1105	99,17
Av. negra + leg.	1760	84,53
Av. blanca	1353	84,34
Centeno	1690	69,32
Triticale	1371	44,96
Leguminosas	725	1,67

Como puede observarse no existe una relación estrecha entre las estimaciones de materia seca al momento de la desecación y el área cubierta por rastrojo de la cobertura. Esto puede estar dado por la estructura de los rastrojos, dinámica del secado, descomposición de las distintas coberturas y contrastes térmicos e hídricos operando a nivel del suelo.

4.1.2. Segunda determinación en barbecho (14/11/17)

A los 50 días post-desecación se observaron algunas variantes en relación a la determinación anterior. Ya no fue posible estimar restos secos de malezas, lo cual pudo estar dado seguramente por su completa descomposición. (figura No. 3).

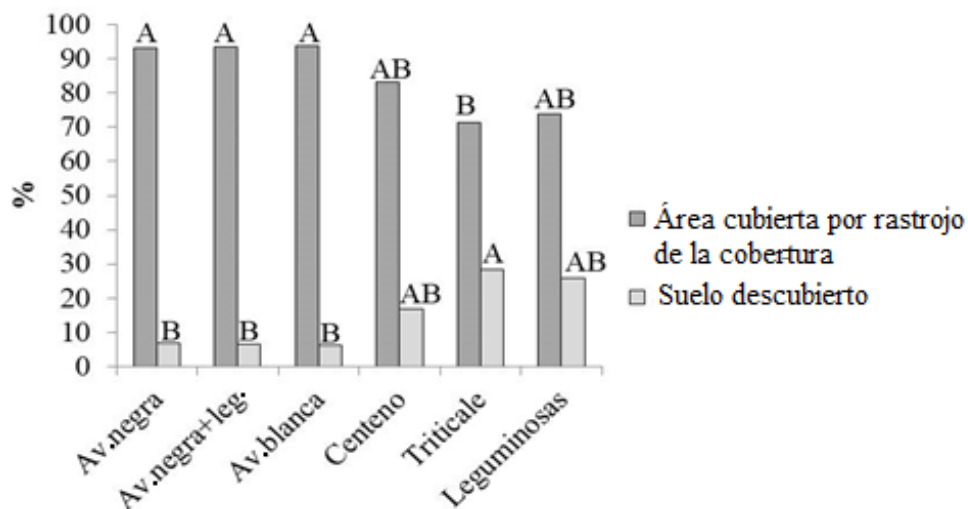


Figura No. 3. Área cubierta por rastrojo de la cobertura y suelo descubierto (%) el 14/11/17

En el caso del área cubierta por rastrojo de la cobertura se observa un importante incremento del área cubierta realizada por el rastrojo del tratamiento de leguminosas, las que junto a centeno muestran un comportamiento intermedio sin diferenciarse de las avenas que continúan siendo los rastrojos que cubren más el suelo, aunque tampoco de triticale que fue el tratamiento con la menor área cubierta en superficie. Para el caso de las leguminosas, que tuvo un notorio aumento en el área cubierta por rastrojo, podría estar dado por un efecto herbicida ya que no se tiene conocimiento si hubo alguna otra aplicación.

Si se observa en la gráfica anterior los valores de área cubierta por rastrojo de la cobertura resultan promedialmente mayores que en la determinación del 20/10; cabe aclarar que esta determinación se realizó 7 días después de la siembra de la soja y que esto pudo haber contribuido a aumentar la cobertura como resultado de la operación mecánica asociada a la sembradora, ya que lo que permanecía aún de pie a la fecha pudo haberse volcado.

Tampoco se registraron nuevas emergencias de malezas, por lo que no fue posible encontrar efectos a nivel del enmalezamiento. Esto puede estar explicado por el tratamiento de herbicida utilizado por el productor, caracterizándose por tener amplio espectro y residualidad.

4.2. RESULTADOS DE LA ETAPA DE CULTIVO

La determinación de principal interés se basaba en la estimación a nivel del enmalezamiento en cultivo. La misma no fue posible dada las condiciones de severa sequía que afectó la emergencia de malezas. Esto determinó que ocurrieran emergencias en cantidades insignificantes e impidió el procesamiento estadístico de los resultados.

En función de lo expuesto se optó por realizar estimaciones consideradas de interés, a nivel de rastrojo de las coberturas, crecimiento y rendimiento de soja. Cabe aclarar que tampoco a nivel de estas determinaciones realizadas en la etapa de cultivo se detectó efecto del tratamiento herbicida realizado en la etapa del cultivo de cobertura, aunque si en la mayoría de los casos hubo efecto de la especie de cultivo de cobertura antecesora.

4.2.1. Primera determinación en cultivo el 15/12/17 (38 días post-siembra)

En esta primera determinación en la etapa de cultivo se estimó la densidad lograda de soja y el área cubierta por rastrojo de la cobertura.

Como se puede ver en el cuadro No. 3 para las dos variables estimadas se observó efecto de tratamiento.

Cuadro No. 3. Densidad lograda de soja (pl/m) y área cubierta por rastrojo de la cobertura (%) el 15/12/17

Tratamiento	Densidad lograda de soja (pl/m)		Área cubierta por rastrojo de la cobertura (%)	
Av. negra	11	AB	94,48	A
Av. negra + leg.	10	AB	95,1	A
Av. blanca	13	A	89,69	A
Centeno	11	AB	73,54	B
Triticale	13	A	66,35	B
Leguminosas	9	B	43,85	C

El área cubierta por rastrojo de la cobertura siguió una tendencia similar a la observada en las determinaciones anteriores. Las avenas continuaron siendo los rastrojos con mayor cobertura, ya sea sola o en mezcla. Centeno y triticale presentan un comportamiento intermedio, y las leguminosas fueron el tratamiento que presentó menor área cubierta por rastrojo de la cobertura con 43,85 %.

Los tratamientos que tuvieron menor área cubierta fueron triticale y leguminosas, en el caso de las leguminosas es muy probable que haya existido una descomposición más rápida que triticale, variando sus comportamientos relativos.

Por otra parte, en un trabajo de tesis que no ha sido publicado, realizado en el mismo período, pero a nivel de laboratorio, se estudiaron los potenciales efectos alelopáticos de estos mismos rastrojos de cultivo de cobertura; para sorgo como gramínea y brassica como leguminosa. Se evaluó el porcentaje de germinación y el largo radicular. Se observó que los resultados obtenidos en laboratorio siguieron la misma tendencia a los observados en este trabajo.

La avena blanca y el triticale presentaron los mayores valores en cuanto a densidad lograda (cuadro No. 3), y a su vez, en el trabajo de tesis ya mencionado, fueron los rastrojos que no presentaron potenciales efectos alelopáticos. Lo contrario ocurrió con avena negra, centeno y leguminosas, dónde se obtuvieron las menores densidades (cuadro No. 3), y sí presentaron potenciales efectos alelopáticos.

La densidad lograda de soja no parece estar relacionada con el área cubierta por rastrojo de la cobertura, dado que las leguminosas tuvieron los valores más bajos tanto en densidad como en cobertura, mientras que sobre triticale la soja presentó una alta densidad, al igual que sobre la avena blanca, aunque la cobertura de triticale fue de las más bajas.

En el caso de las leguminosas, otra posible causa podría ser que la lenta descomposición y por ende la mayor permanencia de cobertura viva fueran las razones de los mayores efectos observados en la densidad lograda de la soja.

4.2.2. Segunda determinación en cultivo el 22/01/18 (76 días post-siembra)

Tampoco en esta determinación fue posible determinar malezas. Las condiciones hídricas continuaban siendo limitantes y por esta razón sólo se procedió a estimar el grado de cobertura de suelo (cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Área cubierta por rastrojo de la cobertura en soja (%) el 22/01/18

Tratamiento	Área cubierta por rastrojo de la cobertura en soja (%)	
Av. negra	92,08	A
Av. negra + leg.	92,92	A
Av. blanca	77,92	AB
Centeno	63,23	AB
Triticale	55,21	B
Leguminosas	56,35	B

Del cuadro No. 4 se puede extraer que todavía había gran parte del rastrojo sin descomponer, que claramente podría estar dado por las condiciones hídricas de este período que limitaron la descomposición de los rastrojos.

Si bien puede considerarse llamativa la elevada cobertura que mantenían a la fecha todas las especies, se destaca avena negra sola o en mezcla por tener la más alta cobertura lo que podría estar relacionado con una más lenta tasa de descomposición para este cultivo.

4.2.3. Tercera determinación en cultivo el 20/02/18 (105 días post-siembra)

En el mes de febrero se intensificaron las condiciones de seca afectando el crecimiento de la soja y muy probablemente la expresión del enmalezamiento que continuaba ausente. Los resultados de las determinaciones realizados a nivel de crecimiento de soja se muestran en el cuadro No. 5 a continuación.

Cuadro No. 5. Altura hasta primer y último nudo (cm) y cobertura del cultivo de soja (%) el 20/02/18

Tratamiento	Altura hasta primer nudo (cm)		Altura hasta último nudo (cm)		Cobertura de soja (%)	
Av. negra	7,51	A	56,52	C	49,01	C
Av. negra + leg.	6,50	A	59,67	B	53,17	B
Av. blanca	6,93	A	65,91	A	58,99	A
Centeno	6,38	A	57,48	BC	51,1	BC
Triticale	6,80	A	65,99	A	59,19	A
Leguminosas*	-----	-----	-----	-----	-----	-----

*no se realizaron determinaciones en este tratamiento.

En las leguminosas no se realizaron determinaciones por problemas al momento de la desecación, dónde se utilizó una batería de herbicidas que no logró su muerte, por lo que la soja fue sembrada con plantas vivas. A su vez la parcela presentaba desperdicios por presencia de cárcavas por lo que no resultó comparativo.

En la altura hasta primer nudo no se detectaron efectos ($p=0,17$). Si se detectó efecto de las coberturas antecesoras en la altura hasta el último nudo ($p < 0,0001$) así como en el grado de cobertura del entresurco ($p < 0,0001$).

Como se observa en el cuadro No. 5 las dos variables de crecimiento estimadas coincidieron en señalar los mayores crecimientos en el caso de la soja sembrada sobre avena blanca y triticale, y los menores en el caso de avena negra e inclusive centeno. Esto pudo estar dado tanto por posibles efectos alelopáticos prolongados y/o severos, que dadas las condiciones de sequía se podría estar afectando el normal metabolismo de los compuestos alelopáticos, y así la no recuperación por parte del cultivo de soja. Según Sampietro (2003) el cultivo que controla la maleza, como por ejemplo centeno, puede interferir en el cultivo siguiente afectando su desarrollo.

No se encontraron referencias respecto a avena negra, pero en la revisión bibliográfica se constata que tanto esta como el centeno, son dos especies consideradas como alelopáticas para malezas, lo que puede considerarse que su residualidad haya afectado el crecimiento de la soja.

4.2.4. Cuarta determinación en el cultivo el 04/04/18 (148 días post-siembra)

El rendimiento estimado de soja fue muy bajo (figura No. 4) como era de esperarse.

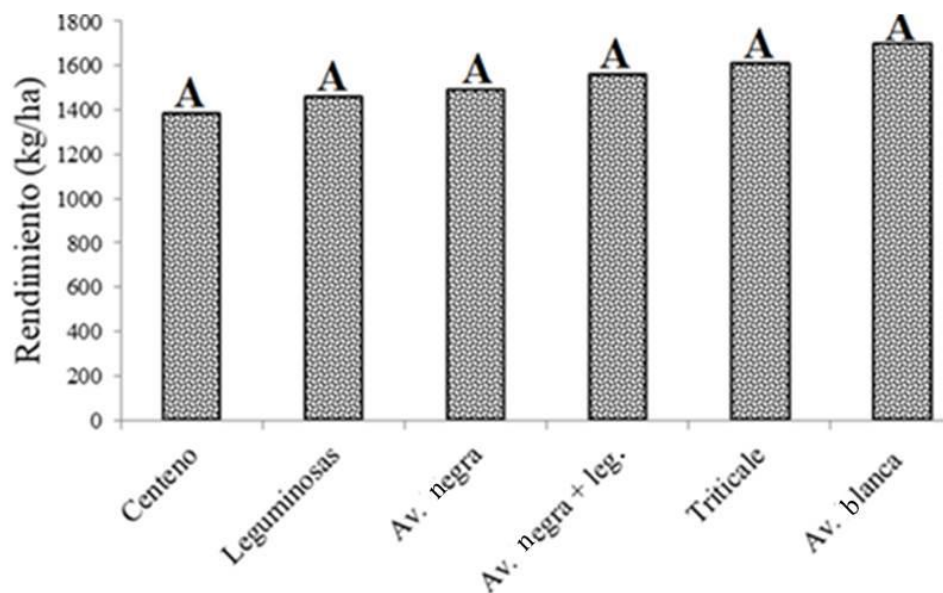


Figura No. 4. Rendimiento de soja promedio (Kg/ha) para los diferentes tratamientos de especies de cobertura invernal

El ANAVA no logró detectar efecto del cultivo antecesor. Es probable que en mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo del cultivo de soja hubiera sido posible constatar algún efecto de las diferentes coberturas invernales como se insinuó en las evaluaciones de crecimiento el 20/02/18.

Si bien los resultados obtenidos no fueron significativamente diferentes, cabe destacar que siguieron las tendencias de las estimaciones de crecimiento obtenidas el 20/02/18, donde centeno y avena negra resultaron los tratamientos con menor rendimiento.

5. CONCLUSIONES

En las particulares condiciones de este estudio, no se logró detectar efecto de las especies de cobertura invernal en el enmalezamiento.

Se encontró una relación directa entre el área cubierta por rastrojo de la cobertura y el área cubierta por restos secos de malezas. Sin embargo el área cubierta por rastrojo de la cobertura no tuvo relación con la producción final de materia seca de los cultivos de cobertura invernales.

La densidad lograda de soja no mostró relación con el área cubierta por rastrojo de la cobertura.

Se observó efecto de los rastrojos en el crecimiento de la soja resultando avena negra y centeno los cultivos con efectos más depresores.

No se detectaron efectos en el rendimiento aún cuando la tendencia a nivel de promedios mostró relación con los efectos observados a nivel del crecimiento.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el establecimiento “Campo Feliz” del Ingeniero Agrónomo Andrés Alayón en la ciudad de Dolores, departamento de Soriano (33°34.734´ S 58°7.860´ O), Uruguay, en el período de octubre de 2017 a abril de 2018. Tuvo por objetivo determinar el efecto residual de las diferentes especies de cultivo de cobertura invernal (avena negra, avena negra y leguminosas, avena blanca, centeno, triticale, y leguminosas) con y sin herbicida, en el enmalezamiento en barbecho y cultivo de soja. Los tratamientos fueron dispuestos siguiendo un diseño DBCA con arreglo de bloques y 2 repeticiones, con tamaño de parcela igual a 100 m de largo x 22 m de ancho, y los bloques fueron divididos según recibieran o no tratamiento herbicida durante la tapa invernal. Las determinaciones realizadas en forma periódica durante todo el período experimental consistieron en evaluaciones de materia seca, área cubierta por rastrojo de la cobertura, suelo desnudo y restos secos de malezas durante la etapa de barbecho y en la etapa de cultivo se estimó densidad lograda de soja, área cubierta por rastrojo de la cobertura, altura hasta primer y último nudo, cobertura y rendimiento en soja. Las variables relevadas fueron analizadas utilizando el programa Infostat, procesándose ANAVA y cuando correspondiera contrastes de medias según el test Tukey (5%). Es importante destacar que el período experimental coincidió con condiciones climáticas muy particulares lo cual constituye la principal explicación de los resultados obtenidos. Se encontró una relación directa entre el área cubierta por rastrojo de la cobertura y el total de restos secos de malezas. Sin embargo el área cubierta por rastrojo de la cobertura no tuvo relación con la producción final de materia seca de los cultivos de cobertura invernales. En el caso de la densidad lograda de soja no se logró detectar una relación con el área cubierta por rastrojo de la cobertura. La menor densidad tuvo lugar en el tratamiento con leguminosas el que aún presentando una baja área cubierta por rastrojo de la cobertura mantuvo alta proporción de plantas vivas por tiempo prolongado. Se observó efecto de los rastros en el crecimiento de la soja resultando avena negra y centeno los cultivos con efectos más depresores. No se detectaron efectos en el rendimiento aún cuando la tendencia a nivel de promedios mostró relación con los efectos observados a nivel del crecimiento.

Palabras clave: Alelopatía; Coberturas invernales; Rastrojo; Soja.

7. SUMMARY

The present work was carried out at "Campo Feliz" farm whose owner is Agriculture Engineer Andrés Alayón in Dolores Soriano province (33°34.734' S 58°7.860' O) in Uruguay, from October 2017 to April 2018. Its objective was to determine the Residual effect of the different winter cover crop species (black oats, black oats and legumes, white oats, rye, triticale, and legumes) with and without herbicide, in the fallow block and soybean crop. The treatments were arranged following a DBCA design with arrangement of blocks and 2 replications with plot size equal to 100 m long x 22 wide, and the blocks were divided according to whether or not they received herbicide treatment during the winter cover. The determinations made periodically throughout the experimental period consisted of evaluations of dry matter, area covered by stubble of coverage, bare soil and dry remains of weeds during the fallow stage. At the stage of cultivation, achieved density of soybean was estimated, area covered by stubble of coverage, weed growth, height to first and last knot and soybean cover and yield. The variables surveyed were analyzed using the Infostat program, processing ANAVA and when it corresponded, the median contrast comparisons were made according to Tukey (5%). It is important to mention that the experimental period coincided with very specific climatic conditions, which constitutes the main explanation of the obtained results. A direct relationship was found between the area covered by stubble of coverage and the total dry weed remains. However, area covered by stubble of coverage was not related to the final dry matter production of the winter crops. In the case of achieved density of soybean, it was not possible to detect a relationship with area covered by stubble of coverage. The less achieved density of soy took place in the treatment with legumes, which, although showing low area covered by stubble of coverage, maintained a high proportion of live plants for a long time. The stubble effect was observed in the growth of soybeans resulting in black oats and rye crops with more depressant effects. No effects on performance was detected even when the trend at average level was related to the effects observed at the level of growth.

Keywords: Allelopathy; Winter cover; Stubble; Soy.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Akemo, M. 1998. An exploration of cover crops for vegetable production systems in tropical situations. PhD. Columbus, Ohio. The Ohio State University. 143 p.
2. Almeida, F. S. 1988. A alelopatía e as plantas. Londrina, Brasil, IAPAR. 60 p. (Circular no. 53).
3. Astazarian, G.; Ceretta, S. 1984. Control de malezas en sorgo, maíz, girasol y soja en siembra directa sobre rastrojo de trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 208 p.
4. Baigorria, T.; Cazorla, C.; Santos, D.; Pegoraro, V.; Ortíz, J. 2012. Evaluación de especies como cultivo de cobertura en sistemas agrícolas puros en siembra directa. INTA Marcos Juárez. Informe de actualización técnica. no. 24. s.p.
5. Bàrberi, P.; Mazzoncini, M. 2001. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. *Weed Science*. 49(4): 491-499.
6. Bastos, M.; Feller, D.; Ingold, J. 2007. Efectos del cultivo de cobertura y grupo de madurez en el contenido de agua del suelo y rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 150 p.
7. Bauman T. T.; Ross, M. A. 1983. Effect of three tillage systems on the persistence of atrazine. *Weed Science*. 31: 423-426.
8. Belgeri, A.; Caulin, M. P. 2008. Comunidades de malezas en siembra directa en el litoral agrícola centro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 75 p.
9. Bezuidenhout, S. R.; Reinhardt, C. F.; Whitwell, M. I. 2012. Cover crops of oats, stooling rye, and three annual ryegrass cultivars influence maize and *Cyperus esculentus* growth. *Weed Research*. 52: 153-160.
10. Bhatnagar, A.; Singh, G.; Pal, M. S. 2015. Weed control options for maize (*Zea mays L.*) and effects on succeeding wheat (*Triticum aestivum L.*) crop in tarai region of uttarakhand. *International Journal of Basic and Applied Agricultural Research*. 13(2): 245-249.

11. Blackshaw, R. E.; Moyer, J. R.; Doram, R. C.; Boswell, A. L. 2001. Yellow sweetclover, green manure, and its residues effectively suppress weeds during fallow. *Weed Science*. 49(3): 406-413.
12. Blum, U.; King, L. D.; Gerig, T. M.; Lehman, M. E.; Worsham, A. D. 1997. Effects of clover and small grain cover crops and tillage techniques on seedling emergence of some dicotyledonous weed species. *American Journal of Alternative Agriculture*. 4: 146-161.
13. Bozzo, A. 2010. Persistencia del glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de soja en agricultura continúa en siembra directa sobre parámetros biológicos del suelo. Tesis para obtener el grado de Magister en Ciencias Ambientales. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. 107 p.
14. Brainard, D.; Bellinder, R.; Kumar, V. 2011. Grass-legume mixtures and soil fertility affect cover crop performance and weed seed production. *Weed Technology*. 25:473-479.
15. Brennan, E.; Smith, R. 2005. Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technology*. 19:1017-1024.
16. Bristow, L. K. 1988 The Role of Mulch and its Architecture in Modifying Soil Temperature. *Australian Journal of Soil Research*. 20: 269-288.
17. Burgos, N.; Talbert, R. 1996. Weed control and sweet corn (*Zea mays var. rugosa*) response in a no-till system with cover crops. *Weed Science*. 44:355- 361.
18. Calkins J. B.; Swanson B. T. 1998. Comparison of conventional and alternative nursery field management systems: soil physical properties. *Journal of Environmental Horticulture*. 16: 90-97.
19. Cazorla, C.; Baigorria, T. 2010. Antecesoros de maíz: barbecho o cultivo cobertura. Martín Juárez, Argentina, INTA. s.p.
20. Cepeda, S.; Rossi, A. 2003. Manejo y control de malezas en maíz. INTA Pergamino. Boletín de Divulgación Técnica. s.p.
21. Cessarino, J. 1974. Análisis agroeconómico y posibilidades del cultivo de soja en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 66 p.

22. Creamer, N.; Bennett, M.; Stinner, B.; Cardina, J.; Regnier, E. 1996. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience*. 31:410-413.
23. Crutchfield, D. A.; Wicks, G. A. 1983. Effect of wheat mulch level on weed control in ecofarming corn production. In: Meeting of the Weed Science Society of America (1983, Oxford, United States). Proceedings publication. *Weed Science*. 30: 164-168.
24. _____.; _____.; Burnside, O. C. 1985 Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed Science*. 34: 110-114.
25. Dávila, E.; Elduayen, N. 2015. Efecto de diferentes coberturas de invierno antecesoras a la siembra de maíz en la dinámica del enmalezamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 45 p.
26. Drury, C. F.; Tan, C. S.; Welacky, T. W.; Oloya, T. O.; Hamill, A. S.; Weaver, S. E. 1999. Red clover and tillage influence on soil temperature, water content, and corn emergence. *Agronomy Journal*. 91: 101-108.
27. Eckert, D. J. 1988. Rye cover crops for no-tillage corn and soybean production. *Journal Production of Agriculture*. 1:207-210.
28. Erbach, D. C.; Lovely, W. G. 1975. Effect of plant residue on herbicide performance in no-tillage corn. *Weed Science*. 23:512-515.
29. Ernst, O. 2004. Efecto de la incorporación de una leguminosa invernal como cultivo de cobertura sobre las necesidades de nitrógeno de maíz sembrado sin laboreo. Tesis Esp. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 36 p.
30. Facelli, J. M.; Pickett, S. T. A. 1991. Plant litter: its dynamics and its role in plant community structure. (en línea). *Botanical Review*. 57: 1-32. Consultado ago. 2018. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02858763>
31. Fageria, N. K.; Baligar, V. C.; Bailey, B. A. 2005. Role of cover crops in improving soil and raw crop productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 2733-2757.

32. Fakhari, R.; Khanzade, H.; Mammadova, R.; Tobeh, A.; Moharramnezhad, S. 2015. Effects of inter seeding cover crops and split nitrogen application on weed suppression in forage maize. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*. 14(3): 278-285.
33. Fenster, C. R.; Domingo, C. E.; Burnside, O. C. 1969. Weed control and plants residue maintenance with various tillage treatment in a winter wheat fallow rotation. *Agronomy Journal*. 61:256-259.
34. Ferber, C. 2016. Efecto de distintas coberturas invernales en la dinámica del enmalezamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p.
35. Fernández, R.; Quiroga, A. 2009. Cultivos de cobertura: costo hídrico de su inclusión en sistemas mixtos. In: Jornadas Nacionales Sistemas Productivos Sustentables; Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura (1as., 2009, Bahía Blanca, Buenos Aires). Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Anguil, INTA. pp. 16-20.
36. _____.; _____.; Noellemeyer, E.; Saks, M.; Arenas, F.; Antonini, C. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en sistemas de producción de la Región Semiárida Pampeana. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (1o., 2012, Bahía Blanca, Buenos Aires). Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana. Una alternativa viable para la Región Semiárida Pampeana. Anguil, INTA. pp. 55- 65.
37. Fujii, Y. 1999. Allelopathy of hairy vetch and mucuna; their application for sustainable agriculture. In: Chou, C. H.; Wallerand, G. R.; Reinhardt, C. eds. *Biodiversity and Allelopathy from Organisms to Ecosystems in the Pacific*. Taiwan, Republic of China Academia Sinica Taipei. pp. 289-300.
38. Gavazzi, C.; Schulz, M.; Marocco, A.; Tabaglio, V. 2010. Sustainable weed control by allelochemicals from rye cover crops: from the green house to field evidence. *Allelopathy Journal*. 25(1): 259-274.
39. Ghadiri, H.; Shea, P. J.; Wicks, G. A. 1984. Interception and retention of atrazine by wheat (*Triticum aestivum*) stubble. *Weed Science*. 32(1):24-27.
40. Govaerts, B.; Mezzalama, M.; Sayre, K. D.; Crossa, J.; Nicol, J. M.; Deckers, J. 2006. Long term consequences of tillage, residue managements and crop

rotation on maize/wheat root rot and nematode population. *Applied Soil Ecology Journal*. 32: 305-315.

41. Halford, C.; Hamill, A. S.; Zhang, J.; Doucet, C. 2001. Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Weed Technology*. 15: 737-744.
42. Hartwig, N. L.; Ammon, H. U. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science*. 50(6):688-699.
43. Hiroshi, U.; Kazuto, I.; Takayoshi, T.; Yakuta, J. 2005. Weed control by cover crops under organic farming maize, soybean and potato. *In: World Congress on Allelopathy (4th., 2005, Wagga Wagga, Australia). Proceedings. Wagga Wagga, s.e. pp. 318-320.*
44. Hoffman, M.; Regnier, E.; Cardina, J. 1993. Weed and corn (*Zea mays*) responses to a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop. *Weed Technology*. 7: 594-599.
45. Johnson, W. C.; Coble, H. D. 1986. Crop rotation and herbicide effects on the population dynamics of two annual grasses. *Weed Science*. 34:452-486.
46. Lampurlanes, J.; Angás, P.; Cantero Martínez, C. 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid segarra region, Spain. *Soil and Tillage Research*. 65: 207-220.
47. Liebman, M.; Davis, A. S. 2000. Integration of soil, crop, and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*. 40: 27-47.
48. McVay, K.; Radcliffe, D. E.; Hargrove, W. L. 1989. Winter legumes effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Science Society of America Journal*. 53:1856-1862.
49. Mafakheri, S.; Ardakani, M. R.; Meighani, F.; Mirhadi, M. J.; Vazan, S. 2010. Rye cover crop management affects weed suppression and yield of corn (*Zea mays* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38(3): 117-123.
50. Magrini, A. D.; Ancheri, C.; Diaz, R. M. 1983. Efecto residual de rastrojos de invierno sobre cultivos de verano sembrados con mínimo y cero laboreo. *Miscelánea CIAAB. no. 49: 1-15.*

51. Mischler, R. A.; Duiker, S. W.; Curran, W. S.; Wilson, D. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agronomy Journal*. 102: 355-362.
52. Mohler, C.; Liebman, M. 1987. Weed productivity and composition in sole crops and intercrops of barley and field pea. *Journal of Applied Ecology*. 24:685– 699.
53. Mondon, M.; Oyenard, J. 1998. Efecto de herbicidas preemergentes en siembra directa de cultivos de verano con diferentes volúmenes de rastrojo y niveles de precipitación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p.
54. Murungu, F.; Chiduzza, C.; Muchaonyerwa, P. 2010. Biomass accumulation weed dynamics and nitrogen uptake by winter cover crops in a warm-temperate region of South Africa. *African Journal of Agricultural Research*. 5: 1632-1642.
55. Musunda, B. Z.; Chiduzza, C.; Muchaonyerwa, P. 2015. Biomass accumulation and weed suppression by winter cereal cover crops in maize-based cropping systems in the eastern cape, South Africa. *International Journal of Agriculture and Biology*. 17(3): 561-567.
56. Muzangwa, L.; Chiduzza, C.; Muchaonyerwa, P. 2013. Feasibility of winter cover crop production under rainfed conditions in the eastern cape province of South Africa. *African Crop Science Journal*. 21(2): 173-184.
57. Opoku, G.; Vyn, T. J. 1997. Wheat residue management option for no-till maize. *Canadian Journal of Plant Science*. 78: 207-213.
58. Pérez, M.; Scianca, C. 2009. Efecto de los cultivos de cobertura sobre las poblaciones de malezas en un Hapludol thapto árgico del Noroeste bonaerense: memoria técnica 2008-2009. (en línea). General Villegas, INTA. 126 p. Consultado set. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_memoria_tcnica_2008_-2009.pdf
59. Poggio, S. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems Environment*. 109:48–58.
60. Putnam, A.; Duke, W. B. 1978. Allelopathy in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*. 16: 431-451.

61. _____; Defrank, J. 1983. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*. 2:173–181.
62. Salako, F. K.; Tian, G. 2003. Soil water depletion under various leguminous cover crops in the derived savanna of west Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 100: 173-180.
63. Scianca, C.; Álvarez, C.; Barraco, M.; Quiroga, A.; Zalba, P. 2006. Cultivos de cobertura. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (20°. , 2006, Salta, Argentina). Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. Salta, INTA Marcos Juárez. pp. 43-64.
64. Souza Filho, A. P.; Rodrigues, L. R.; Rodrigues, T. J. 1997. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. *Planta Daninha (Viçosa)*. 15(1): 53-60.
65. Teasdale, J.; Beste, C.; Potts, W. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residues. *Weed Science*. 39:195–199.
66. _____.; Mohler, C. 1993a. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*. 85: 673–680.
67. _____.; _____. 1993b. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* roth and *Secale cereale* L. residue. *Weed Research*. 33: 487-499.
68. _____. 1998. Influence of corn (*Zea mays*) population and row spacing on corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) yield. *Weed Science*. 46: 447-453.
69. _____.; _____. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science*. 48: 385-392.
70. Tokura, L. K.; Nóbrega, L. H. P. 2006. Alelopatía de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. *Acta Scientiarum Agronomy (Maringá)*. 28(3): 379-384.
71. Vasilakoglou, I. B.; Dhima, K. V.; Eleftherohoringos, I. G.; Lithourgidis, A. S. 2006. Winter cereal cover crop mulches and inter-row cultivation effects

on cotton development and grass weed suppression. *Agronomy Journal*. 98: 1290-1297.

72. Weston, L. A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agro ecosystems. *Agronomy Journal*. 88: 860-866.
73. Wicks, G. A.; Burnside, O. C.; Felton, W. L. 1994. Weed control in conservation tillage systems. In: Unger, P. W. ed. *Managing agricultural residues*, Boca Raton, FL, Lewis. pp. 211-244.
74. Zamar, J. L.; Alessandria, E. E.; Barchuk, A. H.; Luque, S. M. 2000. Emergencia de plántulas de malezas bajo residuos de especies utilizadas como cultivos de cobertura. *Agriscientia*. 17: 59-64.
75. Zotarelli, L.; Avila, L.; Scholberg, J. M. S.; Alves, B. J. R. 2009. Benefits of vetch and rye cover crops to sweet corn under no -tillage. *Agronomy Journal*. 101: 252-260.