

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE DISTINTAS COBERTURAS INVERNALES EN LA DINÁMICA DEL  
ENMALEZAMIENTO

por

Conrado FERBER RIVERA

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2016

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. (Dra.) Grisel Fernández Childs

---

Ing. Agr. (Dr.) Guillermo Siri Prieto

---

Ing. Agr. (Dra.) Juana Villalba Farinha

Fecha: 22 de diciembre de 2016

Autor:

---

Conrado Ferber Rivera

## AGRADECIMIENTOS

Quiero, primero que nada, agradecerle a Dios por haberme dado la fortaleza y la inteligencia suficiente para llegar a éste punto, así como por las amistades que logré a lo largo del proceso.

A la Facultad de Agronomía y sus profesores, especialmente a la Ing. Agr. Grisel Fernández quien me dedicó durante más de un año toda su atención y sus conocimientos. También a los Ings. Agrs. Mauricio Bustamante e Isabel García, que amablemente restaron tiempo a sus actividades para darme una mano cuando la precisé.

A mi madre, a mi abuela y a mis hermanos por su apoyo constante e incondicional a lo largo de todos estos años. A mis tíos, sin los cuales nunca hubiera podido arrancar la carrera...ni tampoco terminarla.

A mi novia por su comprensión y apoyo; y a su familia, por todo lo que han hecho en aras de éste logro.

A la Ing. Agr. Andrea Fraschini, quien me abrió las puertas de su casa, tratándome como a un hijo más cada vez que tuve que ir a Paysandú en el último tramo de la carrera.

A mis amigos.

Muchas gracias.

## 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. EFECTOS DE CULTIVOS DE COBERTURA EN EL MANEJO DEL ENMALEZAMIENTO.....	2
2.2. EL MAÍZ Y SU DEPENDENCIA FRENTE AL CONTROL DE MALEZAS.....	12
2.3. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL ENMALEZAMIENTO.....	14
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	18
3.1. LOCALIZACIÓN.....	18
3.2. DESCRIPCIÓN.....	18
3.3. TRATAMIENTOS.....	19
3.3.1. <u>Diseño experimental</u> .....	19
3.3.2. <u>Modelo experimental</u> .....	19
3.4. DETERMINACIONES.....	20
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	21
3.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	23
4.1. PRIMERA EVALUACIÓN (09/09/2015).....	23
4.1.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	23
4.1.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	25
4.1.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	27
4.2. SEGUNDA EVALUACIÓN (14/10/2015).....	29
4.2.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	29
4.2.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	31
4.2.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	35
4.3. TERCERA EVALUACIÓN (20/11/2015).....	36
4.3.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	36
4.3.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	38
4.3.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	39

4.4. CUARTA EVALUACIÓN (29/12/2015).....	40
4.4.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	40
4.4.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	40
4.4.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	41
4.5. QUINTA EVALUACIÓN (02/02/2016).....	42
4.5.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	42
4.5.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	42
4.5.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	43
4.6. SEXTA EVALUACIÓN (27/03/2016).....	44
4.6.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	44
4.6.2. <u>Efectos a nivel de especie</u> .....	45
4.6.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	46
4.7. SÉPTIMA EVALUACIÓN (16/06/2016).....	49
4.7.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	49
4.7.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	50
4.7.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	52
4.8. OCTAVA EVALUACIÓN (08/08/2016).....	53
4.8.1. <u>Efectos a nivel del enmalezamiento total</u> .....	53
4.8.2. <u>Efectos a nivel de especies de malezas</u> .....	54
4.8.3. <u>Efectos a nivel de grupos de especies</u> .....	56
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	57
6. <u>RESUMEN</u> .....	58
7. <u>SUMMARY</u> .....	59
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	60

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Datos de la conducción del experimento.....	18
2. Tratamientos del ensayo.....	19
3. Fechas de las determinaciones realizadas y días respecto a la siembra de las coberturas y del maíz.....	20
4. Malezas totales (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 1 (09/09/2015).....	23
5. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la primera evaluación (09/09/15).....	24
6. Efecto del tipo de cobertura invernal en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) de <i>Bowlesia incana</i> , <i>Parietaria debilis</i> , <i>Conyza spp.</i> y <i>Anthemis cotula</i> ; en la primera determinación (09/09/2015).....	25
7. Malezas totales (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 2 (14/10/2015).....	29
8. Producción de materia fresca y seca de las coberturas invernales estimada el 13/10/2015.....	30
9. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la segunda evaluación (14/10/15).....	31
10. Efecto del tipo de cobertura invernal en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) de <i>Bowlesia incana</i> , <i>Stachys arvensis</i> , <i>Anthemis cotula</i> y <i>Conyza spp.</i> ; en la segunda determinación (14/10/2015).....	32
11. Efecto del tipo de cobertura invernal en la proporción reproductiva (%) de <i>Stachys arvensis</i> y <i>Anthemis cotula</i> ; en la segunda determinación (14/10/2015).....	33
12. Malezas totales (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 3 (20/11/2016).....	36
13. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la tercera evaluación (20/11/15).....	37
14. Efecto del tipo de cobertura invernal en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) y en la proporción reproductiva (%) de <i>Parietaria debilis</i> ; en la tercera determinación (20/11/2015).....	38

15. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) y en la proporción vegetativa (%) de <i>Raphanus spp.</i> ; en la cuarta determinación (29/12/2015).....	40
16. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) y en la proporción vegetativa (%) de <i>Ipomoea spp.</i> ; en la quinta determinación (02/02/2016).....	42
17. Malezas totales (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 6 (27/03/2016).....	44
18. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la sexta evaluación (27/03/16).....	45
19. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) de <i>Bowlesia incana</i> , <i>Senecio spp.</i> , <i>Stachys arvensis</i> y <i>Gamochaeta spicata</i> ; en la sexta determinación (27/03/2016).....	46
20. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) de malezas estivales totales y gramíneas anuales estivales, en la sexta determinación (27/03/2016).....	47
21. Malezas totales (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 7 (16/06/2016).....	49
22. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la séptima evaluación (16/06/16).....	50
23. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporción vegetativa (%) de <i>Bowlesia incana</i> y <i>Parietaria debilis</i> ; en la séptima determinación (16/06/2016).....	51
24. Malezas totales (plantas.m <sup>-2</sup> ) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 8 (08/08/2016).....	53
25. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la octava evaluación (08/08/16).....	54
26. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m <sup>-2</sup> ) de <i>Bowlesia incana</i> y <i>Parietaria debilis</i> , en la fecha 8 (08/08/2016).....	55

Figura No.

1. Precipitaciones y temperatura correspondientes al período estudiado para la EEMAC y a promedios históricos para la ciudad de Paysandú.....	22
2. Frecuencia de <i>Bowlesia incana</i> en la primera determinación, en comparación con especies hoja ancha (09/09/15).....	27
3. Efecto de los tratamientos de cobertura a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 1 (09/09/2015).....	28
4. Frecuencia de <i>Parietaria debilis</i> en la segunda determinación, en comparación con especies hoja ancha (14/10/15).....	34
5. Efecto de los tratamientos de cobertura a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 2 (14/10/2015).....	35
6. Frecuencia de <i>Parietaria debilis</i> en la tercera determinación, en comparación con especies hoja ancha (20/11/15).....	39
7. Efecto de los tratamientos de cobertura a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 4 (29/12/2015).....	41
8. Efecto de los tratamientos a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 5 (02/02/2016).....	43
9. Efecto de los tratamientos a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 6 (27/03/2016).....	48
10. Frecuencia de <i>Bowlesia incana</i> en la séptima determinación, en comparación con especies hoja ancha (16/06/16).....	52
11. Frecuencia de <i>Bowlesia incana</i> en la octava determinación, en comparación con especies hoja ancha (08/08/16).....	56

## 1. INTRODUCCIÓN

La masiva adopción de tecnologías de cero laboreo así como un favorable escenario de precios internacionales de los granos entre los años 2004 y 2014, fueron determinantes de un marcado incremento del área agrícola sembrada en el país, induciendo a un proceso de “veranización” de la agricultura.

Sin embargo, el incremento del área sembrada de verano, pero fundamentalmente la sojización con un alto número de hectáreas en las que se realizaba soja-soja con barbechos largos descubiertos en el invierno; resultó en la constatación de problemas crecientes de erosión y aparición de enmalezamientos complicados que también tuvieron su origen en el uso masivo frecuente y muchas veces no bien ajustado de glifosato.

Esto motivo reiterados avisos desde grupos de investigación de la Facultad de Agronomía así como una fuerte preocupación por parte del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; hechos que se materializaron en la ley de implementación de planes de uso y manejo de suelos.

En éste contexto, y como ha sido largamente demostrado tanto por la investigación nacional como internacional, el uso de coberturas durante la etapa invernal aparece como una alternativa de manejo con interesante potencial para la reducción de los problemas de erosión así como también la reducción en el uso de herbicidas por vía del manejo cultural de los enmalezamientos.

En el marco de ésta problemática y con la intención de aportar información en el tema, el presente trabajo tuvo por objetivo general el estudio del impacto de cinco tipos de coberturas diferentes, dos con leguminosas y tres con gramíneas, en la dinámica del enmalezamiento.

Específicamente, los objetivos del estudio se centraron en los efectos de dichas coberturas sobre el enmalezamiento invernal y en su efecto residual en la temporada estival, sobre un cultivo de maíz sucesor.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El presente capítulo se dividió en tres grandes temas de manera de jerarquizar la información y a su vez facilitar la comprensión de la misma. Por éste motivo, en un primer momento se establecen las bondades de los cultivos de cobertura, sobre todo en el manejo del enmalezamiento.

En segundo y tercer término se hace referencia a la dependencia del maíz frente al control del enmalezamiento y al efecto de la fertilización nitrogenada en el enmalezamiento, respectivamente.

### 2.1. EFECTOS DE CULTIVOS DE COBERTURA EN EL MANEJO DEL ENMALEZAMIENTO

Las especies que se establecen primero en un determinado ambiente, son las que antes desarrollan ventajas competitivas por los recursos del medio (agua, luz y nutrientes) y por ende, son las que logran un desarrollo superior (Fischer y Miles, 1973).

En ese sentido, los cultivos de cobertura han tenido un buen recibimiento en los sistemas agrícolas, debido a su rápido crecimiento, alta producción de biomasa y potencial control de malezas (Fageria et al., 2005).

Bastos et al. (2007) definen 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 una leguminosa).

La utilización de éstos 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 mayor riesgo de erosión; permite mantener el suelo cubierto y reciclar nutrientes, produciendo un nuevo ingreso de rastrojo al sistema (Ernst, 2004).

Wall et al. (1991), Fernández et al. (2007), Murungu et al. (2010) sostienen, básicamente, que al mantener el suelo cubierto durante la estación invernal, las coberturas lo protegen físicamente de la radiación solar y la acción erosiva del viento y la lluvia.

La calidad de las coberturas invernales en términos de composición química debería ser un factor crítico cuando se selecciona la especie a utilizar, ya sea para el mejoramiento de los niveles de nutrientes en suelo o para el control de malezas, conservación de la humedad y/o control de la erosión (Musunda et al., 2015).

Winch (2006), Teasdale et al. (2007), Blanco y Lal (2008), Muzangwa et al. (2013) suscriben a ésta teoría y van más allá, afirmando que los cultivos de cobertura

son prácticas útiles dado su impacto positivo en la mejora de las propiedades del suelo y el contenido de materia orgánica, el aumento de la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno y el aumento de nutrientes, el aumento del rendimiento de los cultivos sucesores, el reciclaje y la prevención de la lixiviación de nutrientes, la mejora de la infiltración del agua y el control de malezas. Sobre esto último, Kamo et al. (2003) sostienen que se debe en gran parte a la producción de compuestos aleloquímicos.

Murungu et al. (2010) subrayan el hecho de que las coberturas invernales también mejoran la fertilidad y ayudan a conservar la humedad del suelo. Sin embargo, el mejoramiento de la fertilidad del suelo producto del accionar de los cultivos de cobertura, puede no ser observada en ocasiones dada una falta de sincronización entre la mineralización de nutrientes por parte del rastrojo y la asimilación de los mismos por parte del cultivo sucesor (Muzangwa et al., 2013).

Las coberturas invernales pueden, además, capturar nutrientes móviles como el nitrógeno, a través de su biomasa, aumentar la eficiencia en el uso del agua, favorecer la depresión de napas freáticas y controlar plagas y enfermedades (Kinane y Lyngkjaer 2002, Hiddink et al. 2005, Cazorla y Baigorria 2010).

Como se mencionó con anterioridad, éste tipo de cultivos son una opción interesante a la hora de reducir el enmalezamiento (Kinane y Lyngkjaer 2002, Hiddink et al. 2005, Fernández et al. 2007). Según Teasdale y Mohler (2000) la supresión del crecimiento de malezas se da mediante la creación de una barrera física a dicho proceso así como también mediante el cambio de las condiciones microclimáticas del suelo.

Así mismo, en siembras asociadas, los cultivos de cobertura pueden incluso prevenir la germinación de semillas de especies indeseadas mediante la rápida ocupación del espacio libre entre las hileras del cultivo principal, gracias a la completa intercepción de la luz y/o por secreción de compuestos aleloquímicos; reduciendo el crecimiento y posterior desarrollo de las plántulas que hayan conseguido establecerse (Liebman y Davies, 2005).

Según Celette et al. (2008), Celette et al. (2009), Picard et al. (2010) en éste tipo de siembras (asociadas) seleccionar una especie como cultivo de cobertura significa buscar aquella planta con la mejor compensación entre la competencia contra las malezas y la competencia contra el cultivo principal.

En ese sentido, Teasdale (1998) manifiesta que luego del establecimiento de las plántulas, la competencia por recursos se convierte en el mecanismo principal de control por parte de la cobertura.

En cuanto al mantenimiento de los niveles de nutrientes en el suelo, Sá Pereira et al. (2014) demuestran que la utilización de cultivos de cobertura tiene efecto sobre la

acumulación de nitrógeno y el rendimiento de los cultivos sucesores. Datos similares son aportados por otros estudios, en los cuales se concluye que los cultivos de cobertura invernales mejoran la producción de maíz y la disponibilidad de N del suelo (Torbert et al. 1996, Clark et al. 2007). Por su parte, Baigorria et al. (2012) encontraron que en cuanto al contenido de nitrato en los primeros 20 centímetros de suelo, existen diferencias significativas dependiendo del tipo de cobertura; siendo menor cuando el antecesor es una gramínea.

Las coberturas proveen de sustrato a los microorganismos que intervienen en el ciclo del nitrógeno, mediante la producción de materia seca, tomando nitrato e incorporándolo a su biomasa. De éste modo, si bien se reduce la disponibilidad de nitrógeno a la siembra de los cultivos estivales (Muzangwa et al., 2013), el nutriente no queda expuesto a la lixiviación ante la ocurrencia de lluvias intensas (Abril 2002, Zotarelli et al. 2009). La descomposición y posterior mineralización de los residuos de las coberturas entrega el nitrógeno, nuevamente, durante el ciclo de los cultivos estivales.

Zotarelli et al. (2009) explican, además, que en el caso de las gramíneas, la disponibilidad de nitrógeno durante el cultivo de maíz se ve limitada por una relación carbono/nitrógeno del residuo de aproximadamente 2 a 1, por lo que se produce una inmovilización del nitrógeno. Con leguminosas esta relación es de 15 a 20, motivo por el cual la disponibilidad de nitrógeno es prácticamente inmediata.

A su vez, los cultivos de cobertura pueden reducir la posibilidad de contaminación ambiental por exceso de nitrógeno. Los altos niveles de nitratos en aguas subterráneas producto de la lixiviación del nitrógeno de la zona radicular, representan una pérdida de un recurso imprescindible para la producción de cultivos. Es por esta razón, que la siembra de coberturas en el invierno reduce las pérdidas de nitrato por lixiviación, actuando un como un cultivo trampa (McCracken et al. 1994, Mac Donald et al. 2004). Las coberturas de gramíneas son más efectivas que las de leguminosas, en estos casos (Sainju et al., 1998).

Pero ésta práctica de manejo presenta ventajas no solamente desde el punto de vista del nitrógeno. En ese sentido, un trabajo llevado a cabo por Álvarez et al. (2005) demostró que la utilización de cultivos de cobertura durante el período invernal previo al cultivo de verano, incrementa el volumen de residuos aportados, mejorando el balance de carbono orgánico del suelo bajo prácticas agrícolas continuas.

Hartwig y Ammon (2002) sostienen que las coberturas disminuyen la velocidad de escurrimiento, mejorando la infiltración de agua y por ende la humedad del suelo. Esto resulta en la mejora de la productividad del suelo. La disminución de agua superficial reduce la pérdida de nutrientes y pesticidas (Hall et al. 1984, Ruttimann 2001).

Hiroshi et al. (2005) evaluaron la incidencia del enmalezamiento invernal y estival sobre distintas fechas de siembra 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).

Por su parte, 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. Algo similar aportan Scianca et al. (2006), Fakhari et al. (2015) sugiriendo que el control de que las coberturas tienen sobre el enmalezamiento lo ejercen limitando su emergencia y disminuyendo su peso seco, a través de la producción de biomasa.

Sobre la producción de biomasa, Hiroshi et al. (2005) complementan lo dicho por los autores anteriormente mencionados estableciendo la importancia de la siembra temprana de coberturas invernales sobre el control efectivo del enmalezamiento, mediante una correlación negativa entre el peso seco de las malezas y la tasa de desarrollo de los cultivos de cobertura.

Una serie de experimentos conducidos por Mafakheri et al. (2010) derivaron en la obtención de datos muy interesantes que sostienen que los cultivos de cobertura tienen mayores efectos inhibitorios sobre la germinación de malezas que sobre el crecimiento de las mismas. Sin embargo, cada maleza que logra germinar posee un mayor espacio para desarrollarse y crecer. Evidentemente, la cobertura usará parte de ese espacio, pero las malezas ocuparán el resto. Esto concuerda con lo establecido por Vasilakoglou et al. (2006).

En otro orden, 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).

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).

En un trabajo llevado adelante en Sud África, donde se compararon los efectos de barbechos y coberturas sobre la dinámica del enmalezamiento, se determinó que los barbechos presentan una superioridad estadísticamente significativa para las variables cantidad de malezas y peso seco de las mismas, en comparación con cualquiera de las coberturas evaluadas; lo que permite establecer la gran importancia de los cultivos de cobertura invernales (Muzangwa et al., 2013).

Estudios llevados a cabo por Teasdale et al. (1991), Hoffman et al. (1993), Burgos y Talbert (1996) demuestran que los cultivos de cobertura pueden utilizarse para suprimir malezas en el cultivo de maíz, con el objetivo de reducir la utilización de herbicidas.

Esto es así gracias a que éstos cultivos inhiben la germinación y el posterior desarrollo de malezas, a través de la supresión física, reducción de la penetración de la luz hacia la superficie del suelo, disminución de la amplitud térmica del suelo, competencia por recursos (luz y nutrientes) y síntesis de compuestos aleloquímicos (Putnam y DeFrank 1983, Creamer et al. 1996, Severino y Chistoffoleti 2001, Monaco et al. 2002, Menalled et al. 2007).

Sobre el efecto residual que poseen los cultivos de cobertura, Radosevich et al. (1997) y posteriormente Li et al. (2001), afirman que el rastreo de coberturas que se descompone sobre el suelo dificulta la emergencia y el desenvolvimiento de varias malezas debido al efecto físico de sombreamiento y al aumento de la población de microorganismos que pueden inocular diásporas en las malezas.

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. Además, 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.

Sin embargo, 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.

En ese sentido, experimentos llevados a cabo por Mafakheri et al. (2010) determinaron que aplicaciones muy tempranas de herbicidas con el fin de interrumpir el ciclo de las coberturas, promoviendo la descomposición de las mismas y liberando el suelo para la siembra del maíz; podría aumentar el porcentaje de enmalezamiento de las mismas, debido a una baja en la producción de materia seca y/o a un excesivo período

de barbecho previo a la siembra del maíz. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Teasdale y Mohler (2000), Randhawa et al. (2002).

Algo similar sugieren Edelhar et al. (1984) y unos años después Rimbault et al. (1991), cuando afirman que una amenaza asociada a la alta producción de biomasa es el agotamiento de la humedad superficial, lo cual podría dañar el cultivo de maíz posterior. Esto es producto de cosechas tardías y/o altas producciones de materia seca por parte de la cobertura.

Teasdale et al. (2007) sostienen por su parte que los residuos de plantas en la superficie del suelo pueden reducir la emergencia del cultivo principal mediante mecanismos de resistencia, reduciendo la luz que llega al suelo e interfiriendo con la transferencia de calor y de agua entre el suelo y la atmósfera.

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).

Por otro lado, es importante realizar una selección de cultivos de cobertura que sean tolerantes a condiciones de stress hídrico ya que es clave para lograr producciones satisfactorias, en condiciones de secano (Muzangwa et al., 2013). En ese sentido, se han reportado un número grande de especies que crecen en condiciones de humedad limitante. Entre ellas, *Lolium multiflorum* (Evans y Scholes, 1997) y *Avena sativa* (Weil et al., 2007).

Barbazán et al. (2002), por su parte, manifiestan la necesidad de conocer el ciclo ontogénico de los cultivos de cobertura ya que de ésta forma se conoce el momento de máxima acumulación de biomasa, el cual se produce alrededor de floración para luego decaer; así como el contenido de nitrógeno en hojas, el cual disminuye a medida que avanza el ciclo, producto de la removilización hacia órganos reproductivos.

En ese sentido, Andraski y Bundy (2005) atribuyen bajas producciones de biomasa en etapas tempranas del desarrollo del triticale, a su uso de energía para almacenar carbohidratos en el sistema radicular para sobrevivir al invierno. El raigrás (*Lolium multiflorum*) en cambio, desarrolla un sistema radicular de mayor profundidad, y menor biomasa (Musunda et al., 2015), lo que le permite explotar la humedad y los nutrientes pertenecientes a capas más profundas de suelo (Fourie et al., 2001).

Esta característica del raigrás permite hacer un uso correcto de las medidas de manejo disponibles. En ese sentido, un estudio llevado a cabo por Sjoerd y Curran (2004) constató que los rendimientos de maíz diferían significativamente de un año a otro y que eran afectados por la fecha de siembra del cultivo anterior.

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.

Así mismo, Hiroshi et al. (2005) determinaron que las malezas también pueden controlarse mediante siembras tardías de cultivos de coberturas dado que éstos incrementen la intercepción de la radiación. Esto coincide con lo dicho por Teasdale (1993a), y que se mencionó anteriormente.

Por su parte, Muzangwa et al. (2013) evaluando la interacción cultivo de cobertura-fecha de siembra, encontraron que la misma es significativa sobre el peso seco de malezas. Además, los investigadores determinaron que las parcelas cuya siembra se había producido en febrero tenían los más altos niveles de peso seco de malezas, mientras que las sembradas en abril tenían los más bajos. Los barbechos evaluados tuvieron siempre los más altos niveles de peso seco de malezas así como la mayor diversidad de especies por metro cuadrado; lo cual condice con lo expresado por Cazorla y Baigorria (2010), Murungu et al. (2010) y que ya se mencionó.

Ryan et al. (2009) encontraron que el rendimiento de cultivos creciendo en sistemas orgánicos, los cuales dependen de métodos de control culturales, no se comprometían cuando aumentaba la producción de biomasa de malezas.

Con relación a la fecha de siembra de las coberturas y su impacto sobre el rendimiento del maíz, Muzangwa et al. (2013) determinaron que los rendimientos más altos de éste cultivo se obtuvieron en aquellas parcelas cuyas coberturas habían sido sembradas en marzo, y dentro de ésta fecha de siembra destacaban las leguminosas sobre las gramíneas.

Por otra parte, Ormeño et al. (2001) estudiaron la velocidad de descomposición de residuos y afirman que los productos finales de la descomposición dependen de la calidad de los residuos. Esta calidad, está dada fundamentalmente por la relación carbono/nitrógeno y por el tipo de hidratos de carbono que presenta en su constitución. En ese sentido, el raigrás posee una descomposición lenta debido a la alta relación carbono/nitrógeno que posee, por lo que mantiene el suelo cubierto por mayor tiempo (Balbinot Jr. et al., 2007).

La composición física y química de los residuos, el clima, la ecología microbiana del suelo y las prácticas agronómicas son los principales factores que determinan la tasa de descomposición de la biomasa. Los residuos de los cultivos de cobertura pueden interferir en la transferencia de calor y agua entre el suelo y el aire, o entre la luz y la superficie del suelo; influenciando no solamente a los cultivos en

crecimiento, sino también a las malezas y su desarrollo (Liebl et al. 1992, Teasdale y Mohler 1993b, Teasdale y Daughtry 1993c, Bezuidenhout et al. 2012).

Teasdale y Mohler (1993b) encontraron que el rastrojo de centeno retenido en la superficie del suelo puede, de forma física y química, suprimir las malezas. Esto es gracias a que reduce la penetración de la luz solar hacia la superficie del suelo y disminuye la temperatura del mismo, disminuyendo a su vez la germinación de semillas de malezas y el crecimiento temprano de las mismas. Siete años después, Teasdale y Mohler (2000) encontraron datos que les permitieron concluir que el grado de supresión del enmalezamiento depende significativamente del ratio de suelo cubierto por el cultivo de cobertura o por el cultivo estival sucesor, que en su caso fue maíz.

Cultivares de una misma especie utilizada como cobertura, difieren no solamente en términos de habilidades para la supresión 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).

Para Jordan et al. (2000), Kumar et al. (2008) el contenido de nitrógeno de la biomasa y los aleloquímicos y exudados producidos por las raíces de las plantas, interaccionan y contribuyen en determinar la diversidad y densidad de las malezas que se establecen. Olofsdotter et al. (2002), Trezzi y Vidal (2004), Souza et al. (2006) comparten esto al afirmar que la síntesis de compuestos aleloquímicos es un importante mecanismo de control de malezas.

En ese sentido, 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 éste 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 determina que sean menos dañinos para el medio ambiente. Weston (1996) agrega el triticale a ésta lista de cultivos alelopáticos.

Por su parte, Sicker et al. (2012) encontraron que el efecto de los cultivos de cobertura en el control de malezas envuelve el posible uso de aleloquímicos. Benzoxazinones y varios compuestos fenólicos han sido identificados en el centeno, por ejemplo (Wojcik-Wojtowiak et al. 1990, Sicker et al. 2004).

Existen diferencias entre los efectos alelopáticos producidos por gramíneas y leguminosas. Por ejemplo, el contenido de lignina y polifenoles es sensiblemente mayor

en gramíneas que en leguminosas, así como lo es la relación carbono/nitrógeno (mayor contenido de carbono). Estos dos factores son de suma importancia ya que determinan que la velocidad de descomposición de las coberturas de gramíneas sea inferior a la de leguminosas y por ende permita mantener el suelo cubierto por un período de tiempo mayor, ejerciendo de ésta forma un mayor control de malezas por competencia y por alelopatía, así como de la erosión (Sakala et al., 2000).

No obstante, Putnam y DeFrank (1983), Shilling et al. (1985) reportan que aunque se han encontrado controles muy altos de malezas producto de la utilización de cultivos de cobertura alelopáticos; también existen casos donde se dan controles insuficientes y hasta incrementos del enmalezamiento como resultado de la utilización de éstos cultivos. Masiunas et al. (1995), Koger et al. (2002), Reddy (2003) suscriben a ésta teoría.

En otro orden, Ruffo y Bollero (2003), Sainju et al. (2005) afirman que las leguminosas están asociadas a una relación carbono/nitrógeno muy baja, la cual cae por debajo de niveles críticos de mineralización neta; resultando en una descomposición acelerada de sus residuos. Esto trae como consecuencia para las leguminosas, una liberación alta, temprana y rápida de nitrógeno y fósforo inorgánicos, en comparación con las gramíneas, lo que puede comprometer el control de malezas ya que la rápida descomposición de residuos deja el suelo descubierto antes de tiempo y permite una lixiviación del nitrógeno fijado por las leguminosas (Ruffo y Bollero, 2003). Sin embargo, el efecto supresor de leguminosas sobre las malezas presentes en un cultivo de maíz, sumado a un intercalado de leguminosas ha sido reportado por varios investigadores (Coultas et al. 1996, Ghosheh et al. 2005).

En cambio, la descomposición de residuos y liberación de nitrógeno de las gramíneas, es lenta gracias a la alta relación carbono/nitrógeno (Rosecrance et al., 2000). Producto de su persistencia y lenta degradación, las gramíneas son capaces de controlar el establecimiento y desarrollo de malezas por períodos de tiempo mayores.

Balbinot et al. (2007) afirman que una baja producción de materia seca por parte de las coberturas invernales, se traduce en una relación carbono/nitrógeno menor, hecho que proporciona una rápida descomposición de los residuos y en consecuencia un aumento del enmalezamiento. El raigrás es la excepción a esto, ya que si bien produce poca materia seca en comparación con la avena, el centeno y el triticale; posee una relación carbono/nitrógeno mayor y por ende una velocidad de descomposición menor que la de éstas especies.

Agostinetto et al. (2000), Dutra de Moraes et al. (2013) también hacen énfasis en la importancia de la relación carbono/nitrógeno de la cobertura, diciendo que la razón de una mayor infestación por malezas es una baja relación carbono/nitrógeno, la cual proporciona una rápida descomposición, dejando el suelo descubierto en poco tiempo y sin la presencia de posibles compuestos aleloquímicos.

En cuanto a la especificidad de las especies utilizadas como coberturas, existen estudios que establecen que si bien el raigrás no acumula mucha materia seca, su alto efecto supresor sobre el enmalezamiento podría atribuirse a sus características de crecimiento ya que se expande formando una alfombra que reduce la llegada de radiación a capas más cercanas a la superficie del suelo (Teasdale et al., 2007). Este concepto es apoyado por Dutra de Moraes et al. (2013), quienes trabajando en la evaluación del control de malezas por parte de diferentes coberturas invernales, encontraron que el raigrás (*Lolium multiflorum*) reducía el número de malezas establecidas, arrojando los mejores resultados en cuanto a performance productiva.

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*). Sin embargo, al medir el total de malezas y el peso seco de las mismas, presentes en cada cobertura, los investigadores encontraron que el raigrás era quien permitía menor desarrollo de malezas no difiriendo estadísticamente de la avena y el triticale; atribuyendo éste fenómeno a su hábito de crecimiento. Por otro lado, al evaluar el enmalezamiento en el cultivo de maíz sucesor, concluyeron que estas tres especies eran quienes permitían un menor desarrollo de malezas, no existiendo diferencias significativas entre ellas en cuanto a la magnitud de la supresión. 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.

No obstante, 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.

En cuanto a la arveja (*Pisum sativum*), Balbinot et al. (2007) encontraron que la aplicación de herbicida sobre ésta especie, al menos 27 días previo a la siembra del maíz, posee un efecto contradictorio dado que promueve la acumulación de materia seca por parte de las malezas que están presentes. Los resultados coinciden con lo expuesto por Ruffo y Bollero (2003), Sainju et al. (2005) sobre la descomposición de leguminosas. En cambio, varios estudios remarcan la importancia de una aplicación temprana de herbicida sobre coberturas invernales de gramíneas, dado que esto aumenta la productividad de un cultivo de maíz sucesor (Silva et al., 2006).

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).

## 2.2. EL MAÍZ Y SU DEPENDENCIA FRENTE AL CONTROL DE MALEZAS

La importancia de incluir este capítulo dentro de la revisión bibliográfica radica en la inclusión del maíz como cultivo estival, sucesor y antecesor, de las coberturas invernales evaluadas. En ese sentido, es fundamental establecer la incidencia que poseen las malezas sobre un cultivo de maíz y su desempeño productivo.

Las malezas interfieren en el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo agrícola y pueden llevar a pérdidas potenciales de crecimiento (Halford et al., 2001), de calidad comercial y de palatabilidad (Van Barneveld, 1999), si no se controlan adecuadamente.

En el caso del maíz, se ha reportado que la reducción total del rendimiento se halla entre un 28 y un 100%, dependiendo del tipo de malezas presentes (Patel et al., 2006). Esto permite inferir que el maíz es uno de los cultivos con menor tolerancia a la competencia de malezas y por ende, el cultivo estival con mayor respuesta al control de las mismas.

El manejo adecuado del cultivo de maíz exige la integración coordinada de distintos factores de la producción y la relación que guardan éstos entre si es sumamente crítica, de tal manera que la acción desfavorable de uno de ellos puede llegar a limitar la expresión óptima de los otros. Dentro de éstos factores el manejo de malezas es uno de los más limitantes en la producción del cultivo de maíz, pues las pérdidas en rendimiento están relacionadas con el tiempo que el cultivo compite con las malezas y el tipo de malezas, y pueden ser del 35 al 80% (Medina Cazares et al., 2005).

La magnitud de las pérdidas depende de la densidad de enmalezamiento, el período de convivencia y del estado del cultivo.<sup>1</sup> En ese sentido, Bhatnagar et al. (2015) constataron que las malezas emergentes en estados tardíos obstaculizan el crecimiento del maíz.

Tanto para el maíz como para el sorgo, el manejo de malezas es el factor de mayor incidencia en el rendimiento del cultivo, a tal punto que en algunos trabajos incluso fue determinante del 87% y del 67% del mismo, respectivamente.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Fernández, G.; Villalba, J. 2015. Control de malezas en maíz y sorgo; teórico. Paysandú, EEMAC. Facultad de Agronomía (sin publicar).

Esto último es reafirmado por un estudio realizado por Bhatnagar et al. (2015) quienes trabajaron por un período de dos años en Uttarakhan, India; y determinaron que en una situación de libre competencia con malezas, el rendimiento en grano del maíz fue 60,44% inferior, comparado con una situación libre de malezas. Así mismo, los autores señalan que esa pérdida de rendimiento se debió a un crecimiento ininterrumpido de las malezas, las cuales redujeron el crecimiento y el rendimiento del maíz debido a la competencia por agua, luz, nutrientes y otros recursos.

En ese mismo ensayo, se afirma que un cultivo de maíz creciendo en ausencia de malezas, alcanzó una altura de plantas (188 cm), circunferencia de mazorca (12,3 cm), longitud de mazorcas (15,7 cm) y peso de 100 granos (26,5 g) significativamente mayor que otros cultivos de maíz que enfrentan una competencia con malezas en algún momento de su ciclo (Bhatnagar et al., 2015).

En situaciones de libre competencia entre malezas y maíz, las pérdidas de rendimiento pueden ser del 10% hasta los 20 días post emergencia, momento en el cual el cultivo desarrolla la 4<sup>ta</sup> hoja. Un mes después, las pérdidas de rendimiento pueden alcanzar valores de entre 25 y 40%.<sup>1</sup>

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

Conceptos similares, fueron los que presentaron Maldonado et al. (1970) quienes sostienen que el efecto crítico de la competencia en los cultivos de maíz de clima frío se presenta en los primeros 30 días de su período vegetativo, al cabo de los cuales se reducen los rendimientos en un 50%, siendo que la mayor competencia entre el cultivo y las malezas se establece entre los 0 y 10 días. Además, encontraron que la disminución en los rendimientos llegó a un 87% cuando no se realiza ningún desmalezado durante el período vegetativo del cultivo.

Así mismo, Fancelli y Dourado Neto (2000) afirman que la reducción del rendimiento del maíz producto de la competencia ejercida por malezas, puede alcanzar hasta un 70% de su potencial productivo, variando en función de la especie y el grado de infestación de las malezas, así como de las condiciones ambientales.

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<sup>o</sup> u 8<sup>o</sup> hoja según Cepeda y Rossi (2003).

La competencia por nutrientes, agua, espacio y radiación solar en etapas tempranas del cultivo de maíz es crítica. Existen evidencias que la calidad de la luz juega un papel importante en la definición del potencial competitivo futuro, ya que inicialmente se captura la señal de competencia por diferencia en la relación rojo/rojo lejano. La presencia de vegetación alrededor de las plantas de maíz, determina que éste

desarrolle características de plantas sombreadas. Esto se podría provocar por la presencia de malezas en etapas tempranas del cultivo, afectando el rendimiento final (Rajcan et al., 2004).

Indefectiblemente, por todo lo expuesto anteriormente, el control temprano de las malezas en el cultivo de maíz es fundamental para evitar pérdidas innecesarias de rendimiento.

Esto mismo afirma Vargas Díaz (1972): en el maíz, las malezas se pueden controlar por métodos culturales, mecánicos, químicos (uso de herbicidas), o por una combinación de los tres métodos. 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.

A la fecha, el manejo del enmalezamiento se centra principalmente en un control “curativo”, puesto que los herbicidas son altamente eficientes y relativamente baratos (Van Barneveld, 1999).

Además, el uso intensivo de un número limitado de herbicidas, crea una situación donde es más probable que se genere resistencia al herbicida.

Es por eso que, Kinane y Lyngkjaer (2002), Hiddink et al. (2008) sostienen que los cultivos de cobertura pueden representar una opción interesante en la supresión de malezas, además de reducir la incidencia de enfermedades relacionadas al cultivo. También reducen la erosión del suelo (Wall et al., 1991) y las pérdidas de agua del mismo (Maighany et al. 2007, Calvo et al. 2010).

Bastiaans et al. (2008) hacen alusión a una preocupación creciente con respecto a los efectos negativos de los herbicidas en el medio ambiente y un aumento del interés en la agricultura orgánica, hechos que han producido un alza en la demanda de métodos alternativos a la hora de manejar las malezas.

Por otra parte, Paolini y Campliglia (2004) afirman que la fertilización y el control de malezas están estrechamente relacionados, así como una buena nutrición de cultivos y un control efectivo de malezas se realzan mutuamente.

### 2.3. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL ENMALEZAMIENTO

La fertilización y el control de malezas están estrechamente relacionados, así como la buena nutrición de cultivos y el control efectivo de malezas se realzan mutuamente (Paolini y Campiglia, 2004). Por eso, los cultivos de cobertura pueden estar dirigidos a atacar tanto los problemas de enmalezamiento como el bajo nivel de nitrógeno y fósforo del suelo, que pueden contribuir de forma significativa en el aumento de la productividad del maíz sucesor (Muzangwa et al., 2015).

Con relación al valor total del nitrógeno en el suelo, Masoller et al. (2008) afirman que es básicamente nitrógeno orgánico y que sus niveles son el resultado de un balance de entradas, fertilización y fijación biológica (FBN) fundamentalmente; y salidas, erosión de la materia orgánica, lavado de nitratos, volatilización de amonio, desnitrificación y exportación mediante productos vegetales y/o animales principalmente. En ese sentido, cultivos sucesores pueden beneficiarse entre un 30 y un 60% de la fijación de nitrógeno por parte de coberturas invernales de leguminosas (Kuo et al., 1996).

Según Zanine y Santos (2004), la competencia entre las plantas se produce tanto por debajo como por encima del suelo, debiendo considerarse que existe una asociación entre éstos dos entornos.

En un estudio realizado por Evans et al. (2003) se establece que las reducciones del uso de nitrógeno pueden crear la necesidad de un manejo más intensivo de malezas. En cambio, un aumento en el nitrógeno aplicado temprano en la estación de crecimiento, amplía la tolerancia del maíz a la presencia de malezas. Olasantan et al. (1994) coinciden con esto, ya que afirman que existe una reducción significativa en el peso seco de malezas cuando se fertiliza el cultivo de maíz.

Según Evans (2001), esto puede deberse a que el nitrógeno incrementa la tasa de crecimiento del maíz a principios de temporada, ayudando oportunamente en la ampliación de la superficie de la hoja de maíz y la mejora de la capacidad de recuperación de los contenidos de nitrógeno foliar en maíz a los efectos de la interferencia de malezas.

Gavazzi et al. (2010) sostienen, sin embargo, que el efecto del nitrógeno residual en la supresión de malezas no es estadísticamente significativa, aunque si existe una tendencia de inhibición de malezas gramíneas, paralela a altas tasas de fertilización de nitrógeno ( $300 \text{ KgN} \cdot \text{ha}^{-1}$  y más) y las cantidades residuales del cultivo de cobertura.

Por otro lado, la interacción entre el sistema de labranza y la fertilización nitrogenada es significativa solamente para malezas de hoja ancha, las cuales se reducen entre un 83 y un 90% en siembras directas y con fertilizaciones de  $250 \text{ KgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ , o más. Para las gramíneas, estas condiciones de manejo no determinan diferencias significativas, pero si una tendencia similar ya que la reducción de las malezas se da de 68% a 85%, comparadas con un testigo sin fertilizar. En laboreos convencionales, en cambio, y con las mismas fertilizaciones; las malezas de hoja ancha aumentan entre 61 y 65% (Gavazzi et al., 2010).

Blackshaw et al. (2003) en cambio, afirman que el crecimiento del brote y de la raíz de todas las malezas aumenta con agregado de nitrógeno, pero la magnitud de la respuesta varía mucho entre las especies de malezas; como el propio Blackshaw y

Brandt (2008) lo comprobaron tiempo después, y posteriormente Diniz Melo et al. (2013).

Datos similares se obtuvieron en una investigación llevada a cabo por Sweeney et al. (2008), en donde se demuestra que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en primavera aumenta el nivel de nitrógeno inorgánico total del suelo y el crecimiento de malezas, pero la influencia del nitrógeno sobre la emergencia de malezas depende de las especies de malezas, fuente de semillas y condiciones ambientales. Cuando se realizan aplicaciones de fertilizante nitrogenado se incrementa la biomasa de malezas en comparación con la no aplicación de éste.

Karam et al. (2006) afirman que el maíz, aun siendo eficaz en la absorción, no puede acumular nutrientes en su componente vegetativo como lo hacen las malezas. En ese sentido, Cury et al. (2012), Diniz Melo et al. (2013) encontraron que la acumulación de macronutrientes por parte de las malezas disminuye en detrimento del maíz, cuando se aplican mecanismos de corrección de la acidez del suelo, siendo éste efecto mayor en tratamientos con caliza.

Por su parte, Rajcan y Swanton (2001) encontraron que la presencia de un competidor durante el desarrollo inicial del maíz puede cambiar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y su distribución en la planta. Las especies con características morfológicas y fisiológicas similares, generalmente tienen las mismas exigencias de recursos del medio, tornando la competencia cada vez más intensa y las pérdidas de rendimiento cada vez más altas (Silva y Durigan, 2006).

Un estudio realizado por Fakhari et al. (2015) en el cual se evaluó la significancia de una alta producción de biomasa por parte de tres cultivos de cobertura sobre el control de malezas, mediante dos mecanismos de aplicación de una misma cantidad de nitrógeno (220 Kg/ha); demostró que si bien no existieron efectos significativos, el número de malezas y el peso seco de las mismas tendía a ser mayor cuando la aplicación de nitrógeno era 50% a la siembra y 50% a V8 – V10 que cuando era 1/3 a la siembra, 1/3 a V8 – V10 y 1/3 una semana antes de floración.

Schomberg et al. (2005), contrastan los resultados de Fakhari et al. (2015) anteriormente expuestos, cuando afirma que la cantidad de nitrógeno fijada (FBN) o retenida por los cultivos de cobertura no está siempre relacionada con la producción de biomasa.

Blackshaw et al. (1994) compararon la respuesta de 23 especies de malezas a diferentes aplicaciones de nitrógeno encontrando que la avena (*Avena fatua*) incrementaba drásticamente su biomasa aérea cuando la dosis de nitrógeno suministrada aumentaba, en comparación con otras especies. Los investigadores concluyeron que la fertilización es una de las medidas de manejo más importantes a tener en cuenta para reducir el riesgo de infestaciones severas de malezas.

En ese sentido, Hoefl et al. (2000) afirman que mayores concentraciones de fertilizante en la solución del suelo pueden reducir la germinación de semillas de malezas, debido a estrés osmótico o toxicidad, similar a la lesión de las plántulas de maíz cuando el fertilizante se coloca directamente en la semilla, o muy cerca de esta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo se llevó a cabo en el potrero 31 de la estación experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) de UdelaR. Facultad de Agronomía, en el departamento de Paysandú, kilómetro 363 de la ruta nacional No. 3.

El experimento a campo, fue conducido de setiembre del año 2015 a agosto del 2016, por un período aproximado de 12 meses.

#### 3.2. DESCRIPCIÓN

El ensayo forma parte de una serie de estudios llevados adelante por el grupo sistemas de producción del departamento de producción vegetal, y pretende evaluar el efecto de distintas coberturas invernales en la productividad de maíz (con y sin fertilización).

Las medidas de manejo llevadas a cabo durante la etapa experimental estuvieron a cargo del grupo de sistemas de producción, ya mencionado, y se presentan a continuación (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Datos de la conducción del experimento.

FECHA	EVENTO
14/05/2015	Aplicación de 1440g eq. ácido/ha de glifosato (panzer gold) en todas las coberturas y barbecho
20/05/2015	Siembra de las coberturas invernales. Las mismas no se fertilizaron
15/08/2015	Aplicación de 2160g eq. ácido/ha de glifosato (supra2 gliserb), solamente sobre los tratamientos de barbecho químico
13/10/2015	Determinación de producción materia seca de todas las coberturas
28/10/2015	Aplicación de 1620g eq. ácido/ha de glifosato (supra2 gliserb) en gramíneas y barbechos, y de 1 L/ha de fluroxypyr (starane) en leguminosas
23/11/2015	Siembra del maíz con una aplicación pre emergente de: 1080g eq. ácido/ha de glifosato (roundup full II) + 1 Kg/ha de atrazina + 1,2 L/ha de metolaclor (dual)
16/12/2015	Fertilización nitrogenada de las parcelas con urea, a razón de 50 UN
28/03/2016	Cosecha del maíz
9/04/2016	Aplicación de 2160g eq. ácido/ha de glifosato (supra2

	gliserb), sólo sobre los barbechos
24/05/2016	Siembra de las coberturas en conjunto con una aplicación pre emergente de 1620g eq. ácido/ha de glifosato (supra2 gliserb). Las coberturas no se fertilizan
25/07/2016	Aplicación de 0,25 L/ha de flumetsulam (preside) sobre las coberturas invernales
31/08/2016	Aplicación de 2160g eq. ácido/ha de glifosato (supra2 gliserb), solamente sobre los tratamientos de barbecho químico

### 3.3. TRATAMIENTOS

Los tratamientos en la etapa de cobertura invernal fueron las seis coberturas (Cuadro No. 2) sin fertilizar, mientras que en el maíz los tratamientos constituyeron la combinación de las seis coberturas con y sin fertilización nitrogenada.

Cuadro No. 2. Tratamientos del ensayo.

No.	TRATAMIENTO
1	Triticale – maíz con fertilización
2	Triticale – maíz sin fertilización
3	Raigrás 284 - maíz con fertilización
4	Raigrás 284 - maíz sin fertilización
5	Trébol alejandrino - maíz con fertilización
6	Trébol alejandrino - maíz sin fertilización
7	Barbecho químico - maíz con fertilización
8	Barbecho químico - maíz sin fertilización
9	Avena común - maíz con fertilización
10	Avena común - maíz sin fertilización
11	Arveja - maíz con fertilización
12	Arveja - maíz sin fertilización

#### 3.3.1. Diseño experimental

El estudio se realizó en base a un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas, siendo la cobertura la parcela grande y la fertilización la parcela chica. Además, existieron tres repeticiones de cada tratamiento. El tamaño de cada parcela fue de 33 m<sup>2</sup>.

#### 3.3.2. Modelo experimental

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \delta_{ik} + F_j + (CF)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$ : número de malezas.

i: tratamiento de cobertura.

j: tratamiento de fertilización.

k: bloque.

$\mu$ : media.

$C_i$ : efecto cobertura.

$\delta_{ik}$ : error condicionado a la cobertura.

$F_j$ : efecto fertilización nitrogenada.

$(CF)_{ij}$ : interacción cobertura-fertilización.

$\varepsilon_{ijk}$ : error condicionado a la fertilización.

Las parcelas experimentales no estuvieron fertilizadas cuando las coberturas invernales estaban presentes, por lo tanto la utilización del modelo experimental en estos casos supuso la evaluación del efecto residual de la fertilización nitrogenada en el enmalezamiento invernal.

### 3.4. DETERMINACIONES

Las determinaciones, un total de 8, consistieron en todos los casos en el conteo del total de malezas, diferenciadas por especie y con registro individual del grado de desarrollo. La diferenciación por grado de desarrollo contemplo la identificación de los estados vegetativos y reproductivos y en el primer caso, se registraron las diferencias en desarrollo anotándose el número de hojas.

Las fechas en las que se realizaron las determinaciones (Cuadro No. 2) fueron pautadas en relación a los manejos realizados en los distintos tratamientos. En general, las determinaciones se efectuaron previo y post-tratamientos de herbicidas, fertilizaciones y cosecha. Los mismos (Cuadro No. 3) condicionaron las fechas de evaluación, por lo que también serán considerados al momento de discutir de los resultados.

Cuadro No. 3. Fechas de las determinaciones realizadas y días respecto a la siembra de las coberturas y del maíz.

FECHA	DÍA	DÍAS RESPECTO A LA SIEMBRA DE COBERTURA	DÍAS RESPECTO A LA SIEMBRA DEL MAÍZ
1	09/09/2015	112	-75
2	14/10/2015	147	-40
3	20/11/2015	184	-3

4	29/12/2015	*	36
5	02/02/2016	*	71
6	27/03/2016	*	125
7	16/06/2016	**	Sin datos
8	08/08/2016	76	Sin datos

\*Cobertura año 1.

\*\*Cobertura año 2.

Los valores negativos indican los días que faltan para la siembra del maíz.

Todas las determinaciones fueron realizadas utilizando un cuadro de 30x30 cm que fuera arrojado al azar 3 veces en el área fertilizada y 3 veces en al área sin fertilizar, por parcela. La densidad de malezas encontrada se expresó en plantas por metro cuadrado.

Por otro lado, los valores de materia seca de las coberturas invernales se determinaron arrojando un cuadro de 30x30 cm tres veces en cada parcela y colectando la totalidad de la cobertura que cayera dentro de la misma.

Posteriormente se determinó el peso húmedo de cada muestra y el peso seco, secando a estufa a 60°C hasta peso constante y se expresó como Kg/ha.

En el caso del maíz, no se presentan las producciones de biomasa puesto que el presente trabajo no se enfoca en la producción de maíz, cultivo que se ve fuertemente influenciado por los niveles de nitrógeno en suelo así como también por el régimen de precipitaciones.

El cuadro de producción de materia fresca y seca de las coberturas invernales se encuentra en el capítulo de resultados y discusión, donde se analizan en conjunto con la dinámica de enmalezamiento.

### 3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software infostat donde se establecieron como variables principales, tanto a nivel del enmalezamiento total como de especies de malezas, al número total de malezas (densidad) y a la proporción vegetativa y reproductiva de ese total.

Como fuentes de variación se establecieron, para todos los casos, las siguientes: bloques, tratamientos (coberturas), fertilización nitrogenada e interacción tratamiento-fertilización nitrogenada.

Además, se conformaron tres categorías de desarrollo vegetativo según el número de hojas que presentaba la especie: grado 1 de 1 a 4 hojas, grado 2 de 5 a 8 hojas y grado 3 más de 9 hojas; con el objetivo de analizar la contribución de las especies en estado vegetativo al enmalezamiento.

El análisis se realizó tanto a nivel del enmalezamiento total como a nivel de especies de malezas, y solamente en un caso a nivel de grupo de especies. Todos los datos que se presentan en éste estudio se encuentran determinados por metro cuadrado.

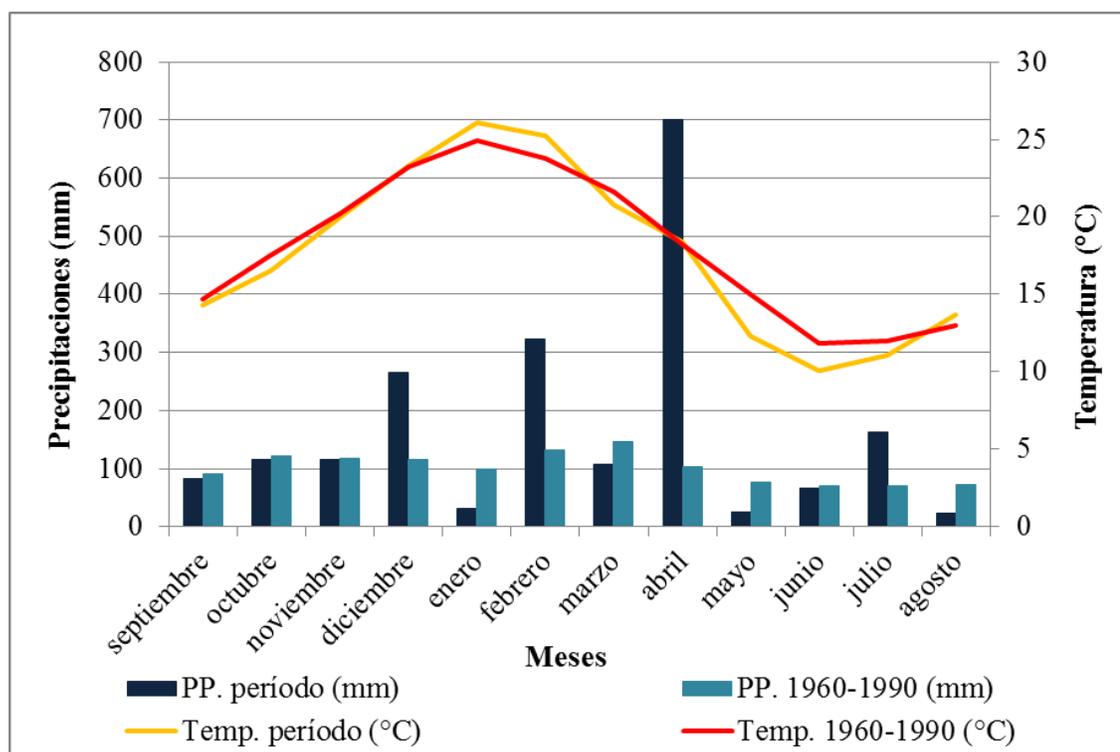
Por otro lado, se compusieron grupos de especies en función de caracteres de interés, que resultaron ser: gramíneas anuales estivales, gramíneas anuales invernales, gramíneas perennes estivales, gramíneas perennes invernales, hoja ancha anuales estivales, hoja ancha anuales invernales, hoja ancha perenne estivales, hoja ancha perenne invernales y *Cyperus spp.*

### 3.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL

Los datos de las condiciones climáticas se obtuvieron del INE (2010) en el caso de los históricos (período 1960 – 1990) y de la estación meteorológica de la propia EEMAC, en el caso de los pertenecientes al período evaluado (setiembre 2015 – agosto 2016).

Con los mismos se compuso la siguiente gráfica conjunta, la cual permitirá comparar los datos de temperatura y los de precipitaciones con las medias históricas para Paysandú (Figura No. 1).

Figura No. 1. Precipitaciones y temperatura correspondientes al período estudiado para la EEMAC y a promedios históricos para la ciudad de Paysandú.



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se realizó un análisis general de los datos obtenidos a lo largo de las 8 evaluaciones, en el cual además de los efectos de los tratamientos y el nitrógeno, se incluyó la fecha de evaluación y sus interacciones como una fuente de variación adicional con el objetivo de estudiar la dinámica del enmalezamiento de forma conjunta en todo el período.

Al constatarse la existencia de una fuerte interacción fecha-tratamiento para la mayoría de las variables, se decidió analizar y discutir los resultados separadamente por fecha.

##### 4.1. PRIMERA EVALUACIÓN (09/09/2015)

##### 4.1.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

A nivel del total de malezas el ANAVA detectó efectos significativos únicamente para los tratamientos de coberturas ( $p < 0,0001$ ) en ésta primera determinación. La proporción de malezas en estados vegetativos y reproductivos no se vio afectada por el tratamiento y en ningún caso pudieron comprobar efectos para nitrógeno ni para la interacción tratamiento-nitrógeno (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Malezas totales (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 1 (09/09/2015).

TRATAMIENTO	MALEZAS TOTALES	PROP. VEGETATIVA	PROP. REPRODUCTIVA
Avena	20,50 a	0,11 a	0,89 a
Triticale	23,50 a	0,00 a	1,00 a
Raigrás 284	55,83 ab	0,11 a	0,89 a
Barbecho químico	115,17 bc	0,18 a	0,82 a
Trébol alejandrino	121,17 c	0,09 a	0,91 a
Arveja	139,33 c	0,06 a	0,94 a

Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Avena y triticale resultaron ser las coberturas que presentaron los menores niveles de enmalezamiento con densidades que solo alcanzaron el 15% y 17% respectivamente, de la estimada en arveja. Raigrás mostró un comportamiento intermedio y sin diferenciarse de avena ni de triticale, resultó similar al tratamiento testigo de barbecho sin cobertura.

Por otro lado, se puede apreciar como las dos coberturas de leguminosas, con trébol alejandrino y arveja, presentaron los mayores niveles de enmalezamiento para ésta fecha, siendo significativamente superiores a las coberturas gramíneas aunque iguales al barbecho.

En función de éste último dato podría considerarse que el peor desempeño de las leguminosas tenga relación con estado de descomposición más avanzado de las mismas, en base a lo dicho por Sakala et al. (2000) y teniendo en cuenta la fecha en la cual se realizó la determinación. Sin embargo, se trata de enmalezamientos en estado reproductivo dado que más del 80% de las especies se encontró en éste estado (Cuadro No. 4). Por ende las diferencias estadísticas apreciadas son producto de una conjunción de factores ocurrida previa al inicio de la etapa experimental del presente trabajo.

El buen desempeño del barbecho químico cuando se lo comparó con las leguminosas, podría explicarse no solamente por la aplicación de herbicidas previo al inicio de la etapa experimental; sino también por una menor conservación de la humedad del suelo así como mayor lixiviación de nutrientes que impactaron de forma negativa en la emergencia y desarrollo de especies vegetales indeseadas.

Con el objetivo de analizar la estructura de la población, además del tamaño de la misma, se analizó la distribución en grados de desarrollo según la contribución porcentual de plantas en distintos grados de desarrollo vegetativo y en estado reproductivo, respectivamente (Cuadro No. 5).

Cuadro No. 5. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la primera evaluación (09/09/15).

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>%VEG. G1</b>	<b>%VEG. G2</b>	<b>%VEG. G3</b>
Triticale	0,00%	0,00%	0,00%
Raigrás 284	4,48%	5,67%	0,00%
Trébol alejandrino	3,03%	3,58%	3,16%
Barbecho químico	4,49%	4,78%	8,10%
Avena	3,25%	3,25%	0,00%
Arveja	5,86%	1,44%	0,00%

VEG.: vegetativo; G1: de 1 a 4 hojas; G2: de 5 a 8 hojas; G3: 9 o más hojas.

En primer lugar, se pudo comprobar que más del 80% de las malezas presentes en todos los tratamientos se encontraba en estado reproductivo. Por otro lado, si bien el enmalezamiento vegetativo fue menor que el reproductivo, es de destacar un desarrollo más homogéneo de las malezas en éste estado en aquellas coberturas que presentaron mayores niveles de enmalezamiento generales. Sobre todo barbecho y trébol alejandrino, que fueron los únicos dos tratamientos en los que se encontraron especies vegetativas con más de 9 hojas.

Tanto la avena común como el triticale se caracterizaron por ser los dos tratamientos con menor grado de desarrollo vegetativo de malezas, siendo el triticale el único en presentar especies 100% reproductivas. En éste punto es importante considerar que la avena (Weston 1996, Gavazzi et al. 2010) y el triticale (Weston, 1996) son

especies alelopáticas, lo podría explicar el buen desempeño de ambas e incluso el hecho de que no haya habido enmalezamiento vegetativo en el triticale.

#### 4.1.2. Efectos a nivel de especies de malezas

El total de especies de malezas presentes en el ensayo en ésta primera determinación fue de 15. Las mismas fueron: *Bowlesia incana*, *Parietaria debilis*, *Lolium multiflorum*, *Stellaria media*, *Stachys arvensis*, *Cerastium glomeratum*, *Gamochaeta spicata*, *Conyza spp.*, *Urtica urens*, *Anthemis cotula*, *Capsella bursa-pastoris*, *Sisirrynchium platense*, *Echium plantagineum*, *Raphanus spp.*, *Veronica persica*.

A nivel de especies el ANAVA no logró detectar ningún efecto sobre las proporciones vegetativas y reproductivas ni tampoco efectos en la densidad, de las especies *Stellaria media*, *Stachys arvensis*, *Urtica urens*, *Capsella bursa-pastoris*, *Sisirrynchium platense*, *Echium plantagineum*, *Raphanus spp.* y *Veronica persica* ( $p > 0,05$ ).

Si se detectaron efectos significativos de las coberturas en la densidad de las especies *Bowlesia incana* ( $p = 0,0001$ ), *Parietaria debilis* ( $p = 0,0377$ ), *Conyza spp.* ( $p < 0,0001$ ) y *Anthemis cotula* ( $p = 0,0237$ ). La comparación de los mismos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 6. Efecto del tipo de cobertura invernal en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) de *Bowlesia incana*, *Parietaria debilis*, *Conyza spp.* y *Anthemis cotula*; en la primera determinación (09/09/2015).

TRATAMIENTO	BOWIN.	PARDE.	CONSP.	ANTCO.
Triticale	16,17 a	3,00 ab	0,00 a	0,67 a
Avena	14,83 a	1,17 a	0,00 a	0,67 a
Raigrás 284	38,83 ab	8,17 ab	0,00 a	1,83 ab
Arveja	90,67 bc	13,50 ab	0,33 a	7,50 b
Trébol alejandrino	97,50 c	6,33 ab	0,00 a	3,17 ab
Barbecho químico	50,50 abc	39,50 b	0,83 b	0,00 a

\*BOWIN.: *Bowlesia incana*, PARDE.: *Parietaria debilis*, CONSP.: *Conyza spp.*, ANTCO.: *Anthemis cotula*.

\*\* Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En el caso de *Parietaria debilis*, tal como se puede observar, solamente se encontraron diferencias entre avena y barbecho químico. Los restantes tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos, ni tampoco con los dos primeros.

*Anthemis cotula* tuvo un comportamiento diferente al de las otras tres especies. Tal como se puede observar, triticale, avena y barbecho químico fueron los que

presentaron menores niveles de ésta especie, difiriendo estadísticamente de la arveja que resultó ser el de mayores niveles. Las coberturas de raigrás y trébol alejandrino no presentaron diferencias con ninguna de los otros tratamientos por lo que presentaron un comportamiento intermedio.

Por su parte, *Conyza spp.* solamente difirió para el tratamiento testigo, lo que demuestra la importancia de la cobertura del suelo en el eficiente control de ésta especie dado que la ausencia de un tapiz vegetal promovió su desarrollo. A su vez, ésta fue la única especie que también presentó diferencias significativas para la interacción tratamiento-nitrógeno ( $p = 0,0165$ ). En ese sentido, la única media que resultó significativamente diferente a la demás, fue la de la parcela barbecho químico sin nitrógeno donde hubo  $11,33 \text{ especies.m}^{-2}$ , las restantes interacciones no superaron las  $3,67 \text{ especies.m}^{-2}$  y estadísticamente fueron todas iguales.

Además, *Conyza spp.* fue una de las dos especies que presentó interacciones significativas para el tipo de tratamiento a nivel de proporción vegetativa ( $p = 0,0001$ ). La otra especie fue *Lolium multiflorum* ( $p = 0,0063$ ). Para el primer caso se comprobó que el único tratamiento que presentaba medias significativamente diferentes al resto era barbecho químico (0,83), lo que demuestra nuevamente que *Conyza spp.* se ve favorecida por la ausencia de tapiz vegetal. En el segundo caso el único tratamiento que, se comprobó, difería del resto era trébol alejandrino (0,67). Sobre esto es importante aclarar que el estado de ésta cobertura al momento de realizar la determinación era malo, con grandes superficies de suelo descubierto.

La única especie cuya proporción vegetativa presentó niveles significativos para la interacción tratamiento-nitrógeno fue *Gamochaeta spicata*. No obstante, no se apreciaron diferencias estadísticas entre medias.

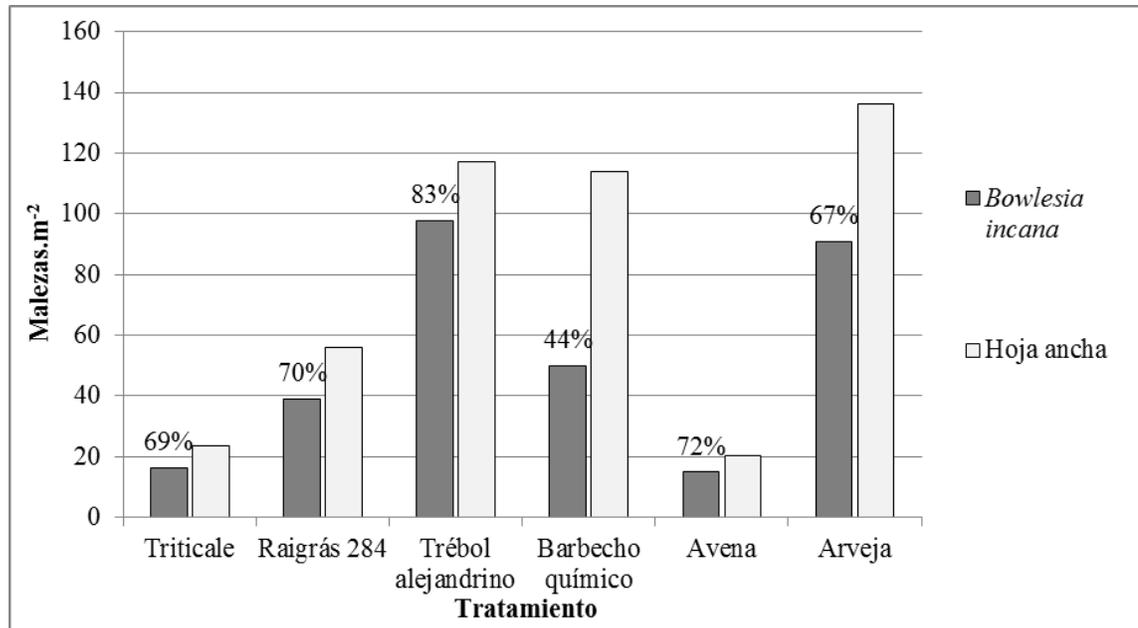
Se puede apreciar que, en general, cuanto mayor fue la cobertura del suelo, menores fueron los niveles de enmalezamiento. Sin embargo, esto no ocurre en el caso de *Anthemis cotula*, lo que indicaría que ésta especie es mejor compitiendo en condiciones de baja incidencia de radiación (sombreado) y alta competencia por agua y nutrientes. Aun así, esta diferencia apreciada no se pudo extrapolar a sus proporciones vegetativas y reproductivas ya que cuando se realizó el análisis de éstas dos variables, no se encontraron niveles de significancia para ninguna fuente de variación.

En *Bowlesia incana*, que resultó la especie de mayor frecuencia dado que representó el 82% del total, las tendencias fueron muy similares a las comentadas para el total de la variable malezas totales del ensayo. Los menores niveles de enmalezamiento se dieron en las coberturas con gramíneas (triticale, avena y raigrás) para las cuales no se detectaron diferencias estadísticas entre ellas.

De todas formas el raigrás presentó niveles intermedios puesto que tampoco difirió significativamente de la arveja ni del barbecho. El tratamiento de peor

comportamiento fue el trébol alejandrino, aunque no difirió estadísticamente de la arveja ni del barbecho. La importancia de *Bowlesia incana* dentro del enmalezamiento de ésta primera fecha, se puede apreciar en la Figura No. 2.

Figura No. 2. Frecuencia de *Bowlesia incana* en la primera determinación, en comparación con especies hoja ancha (09/09/15).



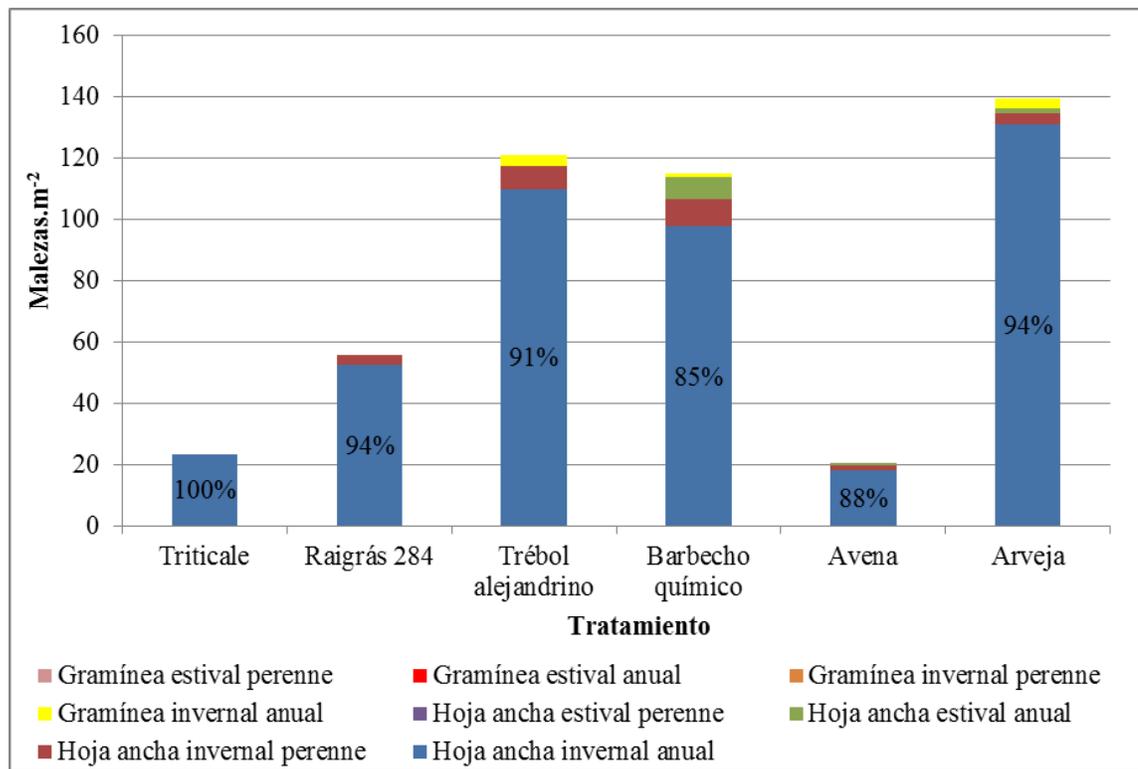
Salvo en el tratamiento testigo, se puede apreciar como en todos los casos *Bowlesia incana* representa más del 65% de las especies hoja ancha encontradas, lo que reafirma la gran importancia de esta especie vegetal dentro de la dinámica del enmalezamiento para esta fecha.

Los niveles apreciables en el barbecho químico resaltan la importancia de la cobertura vegetal en el enmalezamiento. La ausencia de tapiz determina un aumento en la diversidad de especies, no solamente a nivel de grupo sino también dentro de cada grupo. Esta mayor diversidad será un factor determinante a la hora de aplicar herbicida, ya que al aumentar la cantidad de especies aumenta también la probabilidad de generación de resistencia de alguna de ellas.

#### 4.1.3. Efectos a nivel de grupos de especies

Como se detalla en el capítulo de materiales y métodos, también se analizaron los efectos a nivel de grupos de especies de malezas de interés. La Figura No. 3 muestra los resultados para estas variables.

Figura No. 3. Efecto de los tratamientos de cobertura a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 1 (09/09/2015).



Si bien en todas las coberturas existe una frecuencia de hoja ancha anuales invernales superior al 85%, se puede notar como en el tratamiento testigo (barbecho químico) el grado de desarrollo de otros grupos es mayor que en el resto, debido a que la ausencia de un tapiz vegetal capaz de competir con la emergencia y desarrollo de éste tipo de especies, promueve una mayor incidencia de la radiación que promueve la germinación de un mayor número de especies.

Por otro lado, si bien el análisis estadístico determinó que la avena común fuera el tratamiento con menores niveles de malezas por metro cuadrado, se puede apreciar que el triticale es la única cobertura que fue capaz de suprimir el desarrollo de cualquier tipo de maleza que no fuese del grupo principal.

Además, el gráfico permite apreciar con mayor exactitud la brecha existente entre las coberturas gramíneas (avena, triticale y raigrás 284) y el resto de los tratamientos. Estos poseen una frecuencia de malezas.m<sup>-2</sup> que es 50% superior, prácticamente, al de éste tipo de coberturas y que permite coincidir con la revisión bibliográfica.

## 4.2. SEGUNDA EVALUACIÓN (14/10/2015)

### 4.2.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

En esta segunda determinación, el ANAVA detectó nuevamente efectos significativos sólo para tratamientos ( $p = 0,0003$ ) a nivel del total de malezas. La proporción de malezas en estados vegetativos y reproductivos no se vio afectada por el tratamiento y en ningún caso pudo comprobarse efecto de nitrógeno ni de la interacción nitrógeno-tratamiento (Cuadro No. 7).

Cuadro No. 7. Malezas totales (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 2 (14/10/2015).

TRATAMIENTO	MALEZAS TOTALES	PROP. VEGETATIVA	PROP. REPRODUCTIVA
Avena	10,00 a	0,00 a	1,00 a
Triticale	20,50 ab	0,08 a	0,92 a
Raigrás 284	34,50 abc	0,17 a	0,83 a
Barbecho químico	76,17 bcd	0,17 a	0,83 a
Arveja	88,67 cd	0,02 a	0,98 a
Trébol alejandrino	100,00 d	0,03 a	0,97 a

Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Es muy importante puntualizar que los niveles de enmalezamiento que presenta el barbecho químico, y que lo colocan como un tratamiento de comportamiento intermedio en éste caso, son consecuencia de la aplicación de herbicida realizada el 15/08/2015 solamente sobre estas parcelas experimentales y que determinó que las malezas presentes en las mismas fueran producto de una re infestación.

Observando el cuadro se puede apreciar, a nivel de todos los tratamientos, una disminución en la cantidad de malezas.m<sup>-2</sup> con relación a la fecha anterior y un aumento en la proporción de especies en estado vegetativo.

Esa disminución de la densidad del enmalezamiento podría atribuirse a la disminución en el total de especies de malezas invernales que acabaron su ciclo con el cambio de estación. En consecuencia el aumento de la proporción en estado vegetativos resulta lo esperable, producto del inicio de los flujos de emergencia de especies estivales.

En cuanto a las diferencias entre tratamientos si bien avena, triticale y raigrás continúan, en esta fecha, siendo los tratamientos con más bajos enmalezamientos, podría destacarse como diferencia el comportamiento de raigrás que se muestra con algo más de enmalezamiento, resultando significativamente distinto a avena y triticale en el caso de esta determinación.

También importa comentar que la densidad del enmalezamiento en el caso de la avena fue solo de un 10% de la estimada en el tratamiento de trébol alejandrino que fuera el tratamiento con la mayor infestación de malezas en ésta fecha.

Los tratamientos de barbecho químico y con cobertura de arveja, con enmalezamiento altos, aún sin diferenciarse del trébol alejandrino tampoco resultaron diferentes de raigrás.

El resultado de los enmalezamientos en las coberturas mostró relación directa con los obtenidos a partir de las determinaciones de materia seca de los tratamientos (Cuadro No. 8).

Cuadro No. 8. Producción de materia fresca y seca de las coberturas invernales estimada el 13/10/2015.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>MATERIA FRESCA (Kg.há<sup>-1</sup>)</b>	<b>MATERIA SECA (Kg.há<sup>-1</sup>)</b>
Triticale	13144,69	4228,89
Raigrás 284	4135,56	1313,09
Trébol alejandrino	3440,00	589,63
Barbecho químico	0,00	0,00
Avena	18113,83	4816,91
Arveja	11799,14	3374,81

Puede verse que los menores niveles de enmalezamiento se encuentran asociadas a las mayores producciones de biomasa, coincidentemente con lo que sostienen Constantin et al. (2007) acerca de los mayores efectos inhibitorios que tienen sobre las malezas los incrementos en la cobertura del suelo. También coincide con los resultados del trabajo de Scianca et al. (2006) quienes demostraran el control que ejercen las coberturas sobre el enmalezamiento limitando su emergencia a través de la producción de biomasa.

El resultado que podría considerarse no esperable es el de la arveja, cobertura que aun produciendo más del doble de materia seca que raigrás presentó un enmalezamiento considerablemente mayor. Es posible que la explicación para éste resultado tenga que ver con lo ocurrido meses antes, durante las etapas invernales. Seguramente el más lento establecimiento de la arveja en el invierno así como también la presencia de efectos alelopáticos en el raigrás (Weston, 1996), sean la explicación de las diferencias entre estos tratamientos.

Buscando profundizar en el análisis, se analizó también la estructura de las poblaciones de malezas en los tratamientos (Cuadro No. 9).

Cuadro No. 9. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la segunda evaluación (14/10/15).

TRATAMIENTO	%VEG. G1	%VEG. G2	%VEG. G3
Triticale	5,69%	0,00%	0,00%
Raigrás 284	0,00%	0,00%	0,00%
Trébol alejandrino	0,00%	0,67%	1,83%
Barbecho químico	0,00%	10,72%	0,88%
Avena	0,00%	0,00%	0,00%
Arveja	0,00%	0,75%	2,07%

VEG.: vegetativo; G1: de 1 a 4 hojas; G2: de 5 a 8 hojas; G3: 9 o más hojas.

En todos los tratamientos se pudo observar un predominio de la contribución de los estados reproductivos. Tal como puede observarse raigrás y avena solamente presentaron especies en estado reproductivo, no pudiendo establecerse un comportamiento diferencial de éstas dos coberturas dado que las restantes superaron el 94% de especies en éste estado. El barbecho fue el único tratamiento en presentar niveles de enmalezamiento reproductivo inferiores al 90%, lo que estaría explicado por la re infestación producida luego de la aplicación anteriormente mencionada.

Si bien el triticale tuvo incidencia de especies vegetativas, la misma fue baja (6%) y de desarrollo incipiente puesto que ninguna de las mismas presentó más de cuatro hojas. En cambio, aunque de por sí son bajos, tanto el barbecho como el trébol alejandrino y la arveja presentaron mayores niveles de malezas vegetativas y con mayor grado de desarrollo.

En ese sentido, para el tratamiento testigo cabe resaltar nuevamente el efecto promotor que posee la ausencia de tapiz vegetal sobre la emergencia de nuevas especies vegetales indeseadas, permitiendo la incidencia de mayor radiación y con ello la geminación de semillas presentes en el suelo. Una vez que se produce la germinación, el desarrollo de las plántulas es rápido puesto que no hay una cobertura vegetal que compita con las mismas por los recursos necesarios para el desarrollo. Por estos motivos es que las especies que se encontraron en el barbecho presentaron una mayor proporción vegetativa y de mayor desarrollo (grado), en comparación con los otros tratamientos.

#### 4.2.2. Efectos a nivel de especies de malezas

En ésta fecha se determinó un total de 18 especies de malezas diferentes. Estas fueron *Parietaria debilis*, *Lamium amplexicaule*, *Lolium multiflorum*, *Gamochoeta spicata*, *Stachys arvensis*, *Bowlesia incana*, *Anthemis cotula*, *Alternanthera spp.*, *Anagallis arvensis*, *Raphanus spp.*, *Conyza spp.*, *Cyrsium vulgare*, *Eleusine tristachya*, *Urtica urens*, *Cerastium glomeratum*, *Coronopus spp.*, *Fumaria spp.* y *Stellaria media*.

El ANAVA realizado a nivel de especies no permitió identificar ningún efecto significativo sobre la densidad, proporción vegetativa ni proporción reproductiva de las especies *Lamium amplexicaule*, *Gamochaeta spicata*, *Alternanthera spp.*, *Anagallis arvensis*, *Cirsium vulgare*, *Eleusine tristachya*, *Urtica urens*, *Cerastium glomeratum*, *Coronopus spp.*, *Fumaria spp.* y *Stellaria media* ( $p > 0,05$ ).

Por el contrario, se detectaron efectos significativos de las coberturas en la densidad de las especies *Bowlesia incana* ( $p = 0,0037$ ), *Parietaria debilis* ( $p = 0,0394$ ), *Lolium multiflorum* ( $p = 0,0198$ ), *Stachys arvensis* ( $p = 0,0167$ ), *Anthemis cotula* ( $p = 0,0029$ ) y *Conyza spp.* ( $p = 0,0001$ ). Aunque el test de tukey no logró separar medias en el caso de *Parietaria debilis* y *Lolium multiflorum* (Cuadro No. 10).

Cuadro No. 10. Efecto del tipo de cobertura invernal en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) de *Bowlesia incana*, *Stachys arvensis*, *Anthemis cotula* y *Conyza spp.*; en la segunda determinación (14/10/2015).

TRATAMIENTO	BOWIN.	STAAR.	ANTCO.	CONSP.
Avena	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Triticale	0,67 ab	0,67 a	0,00 a	1,17 a
Raigrás 284	1,83 abc	4,33 ab	0,00 a	0,00 a
Barbecho químico	4,83 abc	1,83 ab	0,00 a	10,00 b
Arveja	17,17 bc	3,83 ab	2,50 a	1,17 a
Trébol alejandrino	18,33 c	10,33 b	16,00 b	0,67 a

\*BOWIN.: *Bowlesia incana*, STAAR.: *Stachys arvensis*, ANTCO.: *Anthemis cotula*, CONSP.: *Conyza spp.*

\*\*Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En *Bowlesia incana* las mayores enmalezamientos ocurrieron en las coberturas con leguminosas, arveja y trébol alejandrino, siendo su presencia insignificante en el caso de avena y triticale.

Parece resaltante el comportamiento de las coberturas con leguminosas en el caso de ésta especie. Como puede observarse, el barbecho sólo posee una densidad de *Bowlesia incana* equivalente al 28% de la que se desarrolla en arveja y al 26% de la desarrollada en trébol alejandrino.

En consecuencia, la ausencia de herbicidas después de la siembra de las coberturas permite concluir que en el caso de ésta especie existió un efecto promotor por parte de las leguminosas puesto que las condiciones de manejo, suelo y ambiente fueron idénticos para todos los tratamientos, a excepción del barbecho químico cuya situación fue anteriormente comentada.

En el caso de *Conyza spp.* se encontró que el único tratamiento difiriendo del resto significativamente fue barbecho químico, lo que permite coincidir con lo ya

establecido en la primera fecha acerca de la necesidad de un tapiz vegetal capaz de competir con el desarrollo de ésta maleza. Además, *Conyza spp.* fue la única especie que en la fecha analizada presentó efectos significativos a nivel de la proporción vegetativa ( $p = 0,0004$ ), pudiéndose comprobar que el único tratamiento en presentar medias significativamente diferentes fue nuevamente el barbecho químico.

Parecería que *Conyza spp.* se ve estimulada por una mayor incidencia de la radiación, dado que no hubo influencia de medida de manejo alguna puesto que entre la determinación anterior y la presente no se realizaron aplicaciones o fertilizaciones.

Por su parte, *Stachys arvensis* presentó tres tipos de comportamientos bien marcados. Superior para los tratamientos de avena y triticale, inferior para el tratamiento de trébol alejandrino e intermedio para los restantes tres. En ese sentido, existe una densidad de enmalezamiento de ésta especie 94% superior en trébol alejandrino que en triticale.

En este caso no se puede hablar de un efecto de las leguminosas dado que el trébol alejandrino por más que no difiere estadísticamente de la arveja, posee niveles de *Stachys arvensis* 63% superiores cuando se la compara con ésta.

Algo similar ocurre en el caso de *Anthemis cotula*, la cual se destacó por presentar una respuesta significativamente diferente para el tratamiento de trébol alejandrino en se encontró a razón de 16 plantas.m<sup>-2</sup>. Las restantes coberturas no mostraron efectos diferentes entre medias, e incluso en avena, triticale, raigrás y barbecho no se encontraron individuos de ésta especie.

Es claro que existió un efecto por parte del trébol alejandrino sobre la densidad de éstas dos especies, que promovió su desarrollo. Por lo tanto, el mayor desarrollo de *Stachys arvensis* y *Anthemis cotula* en trébol alejandrino sería el resultado de una menor competitividad de éste en comparación con arveja.

A su vez, *Stachys arvensis* ( $p = 0,0201$ ) y *Anthemis cotula* ( $p < 0,0001$ ) fueron las únicas dos especies que en ésta fecha presentaron interacciones significativas a nivel de proporción reproductiva. En ese sentido, ambas presentaron diferencias significativas importantes entre medias por lo que se decidió presentarlas en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 11. Efecto del tipo de cobertura invernal en la proporción reproductiva (%) de *Stachys arvensis* y *Anthemis cotula*; en la segunda determinación (14/10/2015).

TRATAMIENTO	<i>Stachys arvensis</i>	<i>Anthemis cotula</i>
Avena	0,00 a	0,00 a
Triticale	0,17 a	0,00 a
Barbecho químico	0,33 ab	0,00 a
Arveja	0,33 ab	0,50 b

Raigrás 284	0,50 ab	0,00 a
Trébol alejandrino	1,00 b	1,00 c

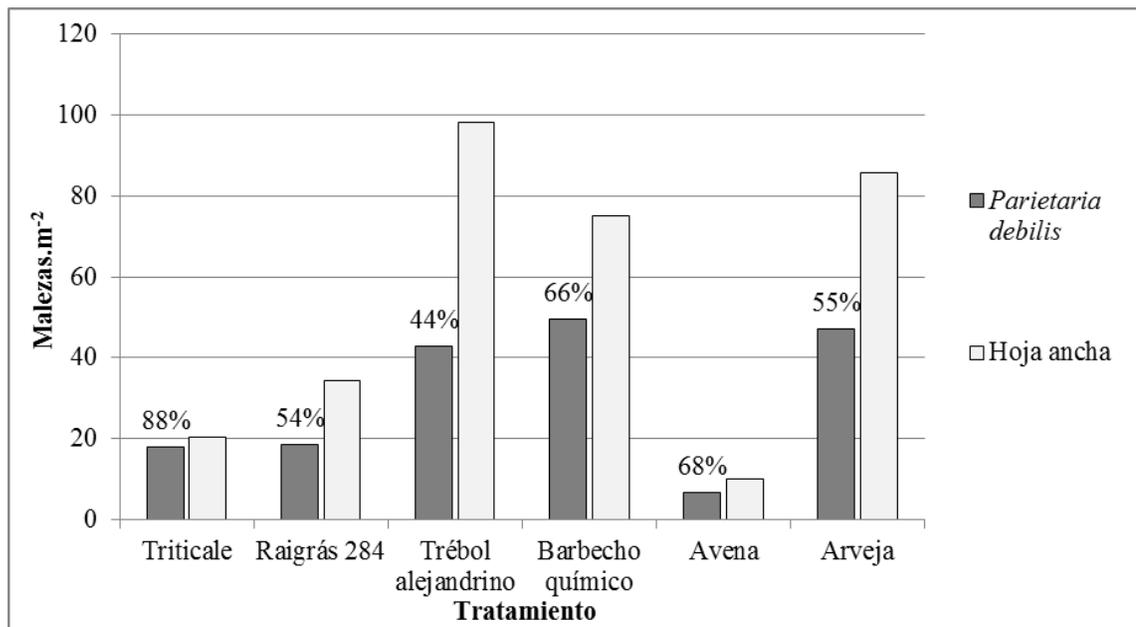
Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Para *Stachys arvensis*, el único tratamiento que es significativamente diferente al resto es trébol alejandrino en donde se presentó 100% reproductivo. En contraste a ello, la avena no presentó una sola especie en estado reproductivo. Se puede afirmar que tanto avena como triticale fueron las coberturas que mejor controlaron el desarrollo de ésta maleza y que barbecho, arveja y raigrás presentaron un comportamiento intermedio.

En el caso de *Anthemis cotula*, el 100% de la población se encontró en estado reproductivo en el trébol alejandrino con un comportamiento claramente diferente al resto de las coberturas. Esto constituye un talón de aquiles para el trébol alejandrino puesto que está indicando un alto riesgo de potenciales re infestaciones en ésa cobertura. Esta podría ser la razón de los mayores niveles de enmalezamiento que se producen en estos tratamientos.

Por último, importa mencionar que *Parietaria debilis*, especie en la que el ANAVA detectara efectos significativos para tratamientos y en la que el test de tukey no logró separar medias; fue la especie con mayor contribución individual en el enmalezamiento total (Figura No. 4).

Figura No. 4. Frecuencia de *Parietaria debilis* en la segunda determinación, en comparación con especies hoja ancha (14/10/15).



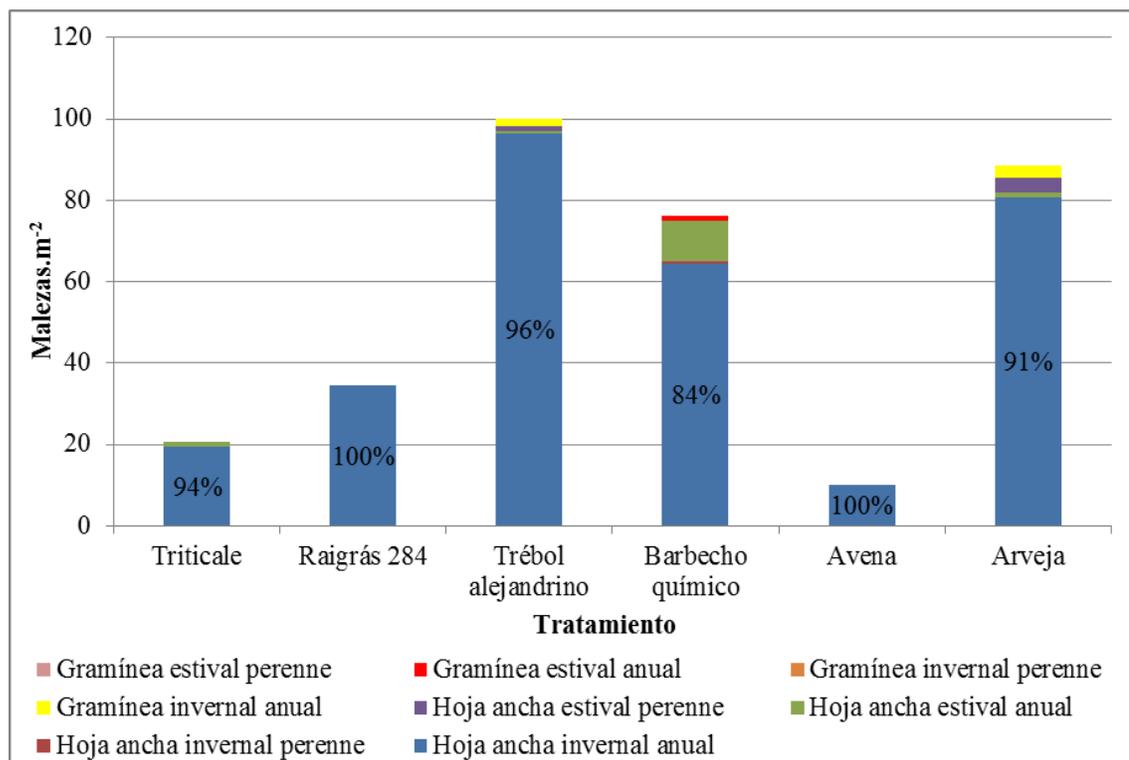
Llama la atención la elevada contribución de ésta especie, normalmente muy poco frecuente a nivel de los enmalezamientos invernales del país y también escasamente detectada en las evaluaciones realizadas en años anteriores en éste ensayo.

#### 4.2.3. Efectos a nivel de grupos de especies

El análisis del enmalezamiento por agrupamiento de tipos de especies permitió detectar dos diferencias resaltables.

La de mayor importancia resultó la presencia de especies de hoja ancha estival anual, exclusivamente en el barbecho (Figura No. 5).

Figura No. 5. Efecto de los tratamientos de cobertura a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 2 (14/10/2015).



Fundamentalmente, prácticamente en forma exclusiva, el comienzo del desarrollo de especies estivales se da en el tratamiento testigo. Muy probablemente la ausencia de cobertura vegetal sobre el suelo al permitir mayor incidencia de la radiación favorece la germinación de especies más precoces puesto que la incidencia de la radiación es mayor.

La mayor diversidad apreciada en el tratamiento testigo coincide con lo establecido por Cazorla y Baigorria (2010), Murungu et al. (2010), Muzangwa et al.

(2013) quienes comprobaron mayores biomásas y diversidad de malezas en barbechos descubiertos.

La otra diferencia importante, fue la presencia exclusiva de gramíneas invernales anuales en las coberturas de leguminosas.

#### 4.3. TERCERA EVALUACIÓN (20/11/2015)

##### 4.3.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

Para el análisis de los resultados en ésta fecha importa recordar que existió un tratamiento herbicida en todas las coberturas y en el barbecho sin cobertura, el día 28/10/15. Es por ésta razón que los niveles de enmalezamiento resultaron sustancialmente más bajos que los evaluados en la fecha anterior.

En ésta tercera determinación se detectaron efectos significativos a nivel del total de malezas ( $p = 0,0499$ ), proporción vegetativa ( $p = 0,0076$ ) y proporción reproductiva ( $p = 0,0181$ ); solamente para las coberturas.

A nivel de las restantes fuentes de variación evaluadas, nitrógeno e interacción tratamiento-nitrógeno, el ANAVA no logró detectar ninguna interacción significativa a nivel de ninguna variable (Cuadro No. 12).

Cuadro No. 12. Malezas totales (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 3 (20/11/2016).

TRATAMIENTO	MALEZAS TOTALES	PROP. VEGETATIVA	PROP. REPRODUCTIVA
Trébol alejandrino	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Raigrás 284	2,00 ab	0,67 ab	0,33 ab
Triticale	2,67 ab	0,75 ab	0,25 ab
Avena	3,33 ab	1,00 b	0,00 a
Arveja	3,83 ab	0,35 ab	0,65 ab
Barbecho químico	5,00 b	0,00 a	1,00 b

Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

También la menor variabilidad entre tratamientos y la reducción de la contribución de estados reproductivos tienen su explicación en el herbicida realizado 20 días antes de ésta evaluación.

La otra importante diferencia en ésta evaluación es la ausencia de enmalezamiento en la cobertura de trébol alejandrino que venía siendo la cobertura que presentara los mayores niveles de infestación en las fecha anteriores; además de la clara superioridad del barbecho químico en ésta ocasión.

La cobertura en superficie podría resultar, una vez más, la explicación a éstos resultados. Si bien no se cuenta con estimación de cobertura ni cantidad de materia seca en superficie, se puede comentar que los tratamientos con raigrás, triticale y avena presentaron una rápida desecación, notoriamente mayor a la que presentaban los tratamientos con coberturas de leguminosas, fundamentalmente trébol alejandrino, en ésta etapa.

Exceptuando la cobertura de arveja en la que se esperaban menores enmalezamientos, los enmalezamientos en las restantes coberturas y en el barbecho estarían mostrando una relación directa con la exposición a la luz y la promoción de emergencias que ésta determina.

De cualquier forma, se entiende que los resultados de ésta evaluación deberían ser relativizados en consideración de los bajos niveles de enmalezamiento estimados, ya que la mayor densidad fue solamente de 5 plantas.m<sup>-2</sup>.

Sin considerar la cobertura de trébol alejandrino, en la que no se detectaron malezas, podría interpretarse que las coberturas gramíneas retrasaron el desarrollo del enmalezamiento. Esto ocurrió fundamentalmente en avena, donde ninguna maleza alcanzó el estado reproductivo. Contrariamente, en el caso de arveja y principalmente el barbecho químico, el enmalezamiento se encontraba muy desarrollado, con prácticamente todas las especies en estado reproductivo.

A continuación (Cuadro No. 13) se muestra la proporción del enmalezamiento en los estados vegetativos G1, G2 y G3, respectivamente. Pese a haberse registrado éste dato, se considera que la profundización en el análisis es de escaso valor en ésta oportunidad, considerando el bajo número de malezas totales.

Cuadro No. 13. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la tercera evaluación (20/11/15).

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>%VEG. G1</b>	<b>%VEG. G2</b>	<b>%VEG. G3</b>
Triticale	50,00%	0,00%	25,00%
Raigrás 284	66,67%	0,00%	0,00%
Trébol alejandrino	0,00%	0,00%	0,00%
Barbecho químico	0,00%	0,00%	0,00%
Avena	40,00%	40,00%	20,00%
Arveja	17,39%	17,39%	0,00%

VEG.: vegetativo; G1: de 1 a 4 hojas; G2: de 5 a 8 hojas; G3: 9 o más hojas.

#### 4.3.2. Efectos a nivel de especies de malezas

La aplicación de herbicida que se realizó, impactó también en el número de especies encontradas en ésta fecha, que solo fueron 5: *Parietaria debilis*, *Setaria geniculata*, *Raphanus spp.*, *Sorghum halepense* y *Gamochaeta spicata*.

La única especie en la que se detectaron efectos significativos fue *Parietaria debilis*, en la que la densidad total ( $p = 0,0071$ ) y la proporción de plantas en estado reproductivo ( $p = 0,0260$ ) fueron afectados por el tratamiento de cobertura (Cuadro No. 14).

Cuadro No. 14. Efecto del tipo de cobertura invernal en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) y en la proporción reproductiva (%) de *Parietaria debilis*; en la tercera determinación (20/11/2015).

TRATAMIENTO	No. PARDE.	PROP. REP. PARDE.
Avena	0,00 a	0,00 a
Trébol alejandrino	0,00 a	0,00 a
Raigrás 284	0,67 a	0,17 ab
Triticale	0,67 a	0,17 ab
Arveja	2,50 ab	0,33 ab
Barbecho químico	5,00 b	0,67 b

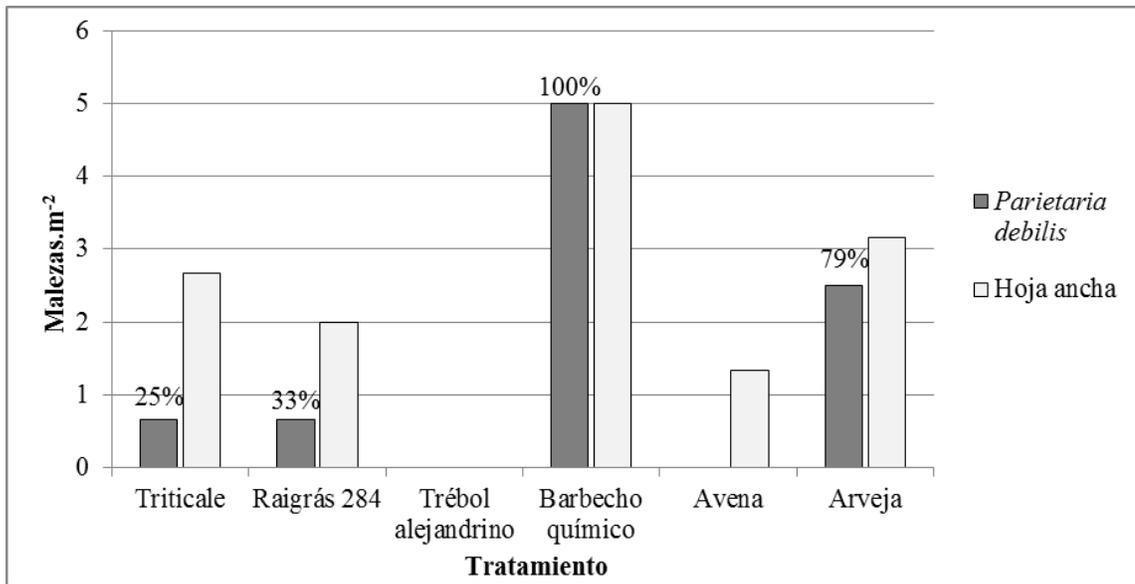
\*No. PARDE.: cantidad total de *Parietaria debilis*, PROP. REP. PARDE.: proporción reproductiva de *Parietaria debilis*.

\*\*Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ).

La densidad de *Parietaria debilis* así como la proporción de reproductivos, siguen la misma tendencia que la observada a nivel de enmalezamiento total, con los mayores enmalezamientos y también con la mayor proporción de reproductivos en la cobertura de arveja y fundamentalmente en el barbecho químico.

Como puede observarse en la Figura No. 6 *Parietaria debilis* fue la única maleza presente en el barbecho químico y prácticamente el 80% en la cobertura de arveja.

Figura No. 6. Frecuencia de *Parietaria debilis* en la tercera determinación, en comparación con especies hoja ancha (20/11/15).



En las gramíneas su contribución fue menor y llamativamente no estuvo presente en la cobertura de avena.

Pese a lo marcado de los efectos a nivel de ésta especie, con las determinaciones realizadas en el presente estudio no fue posible encontrar una explicación para el diferencial comportamiento de la misma en los tratamientos.

Aquellos tratamientos que hasta el momento habían tenido un mejor desempeño controlando el aumento de la diversidad de especies que componen el enmalezamiento (triticale, avena y raigrás), demostraron ser los de peor desempeño en ésta fecha.

Por lo tanto, es fundamental destacar la importancia que tiene la presencia de una cobertura vegetal en el efectivo control de *Parietaria debilis*, así como también en su posterior desarrollo. En ese sentido, se cree que la misma sería capaz de competir por recursos tales como agua, espacio, nutrientes y luz; inhibiendo la presencia y desarrollo de *Parietaria debilis*.

#### 4.3.3. Efectos a nivel de grupos de especies

En ésta fecha, y como se viniera mencionando con anterioridad, se consideró que en función de la baja densidad de malezas estimada a nivel de los tratamientos, no tenía sentido profundizar en un análisis a nivel de grupo de especies de malezas.

#### 4.4. CUARTA EVALUACIÓN (29/12/2015)

Al realizarse esta cuarta determinación, el cultivo de maíz había sido sembrado y se habían aplicado urea y herbicidas pre emergentes, tal como se detalla en materiales y métodos (Cuadro No. 1).

##### 4.4.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

No lograron detectarse efectos significativos en ninguna de éstas variables, resultando tanto el enmalezamiento total como las proporciones vegetativas y reproductivas similares en todos los tratamientos de cobertura.

Cabe mencionar que el nivel de enmalezamiento fue sustantivo, registrándose un promedio de 10,88 plantas.m<sup>-2</sup>, con un mínimo de 6,83 en triticale y un máximo de 17,33 en raigrás. Sin embargo, todas las determinaciones presentaron elevados coeficientes de variación, lo que es frecuente en estimaciones en etapas muy tempranas del desarrollo de malezas. Las emergencias ocurren agrupadas en “patches” por lo general, siendo difícil la estimación de promedios reales con los métodos normales de muestreo.

Por otra parte, pese a observarse alguna variabilidad ésta no fue marcada y resultaba en realidad lo esperable considerando el efecto uniformizador que debieron presentar los tratamientos pre emergentes en maíz.

##### 4.4.2. Efectos a nivel de especies de malezas

En ésta fecha se incrementó el número de especies de malezas presentes, puesto que se encontraron siete en comparación con las cinco de la fecha anterior. Las mismas fueron *Sida spinosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria geniculata*, *Eleusine tristachya*

El ANAVA detectó efecto significativo de tratamiento de cobertura solo para *Raphanus spp.*, tanto a nivel de la densidad ( $p = 0,0235$ ) como de la proporción vegetativa ( $p = 0,0316$ ) (Cuadro No. 15).

Cuadro No. 15. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) y en la proporción vegetativa (%) de *Raphanus spp.*; en la cuarta determinación (29/12/2015).

TRATAMIENTO	No. RAPSP.	PROP. VEG. RAPSP.
Triticale	0,00 a	0,00 a
Barbecho químico	0,00 a	0,00 a
Arveja	0,00 a	0,00 a
Avena	0,00 a	0,00 a
Trébol alejandrino	0,67 ab	0,17 a
Raigrás 284	2,50 b	0,50 a

\*No. RAPSP.: cantidad total de *Raphanus spp.*, PROP. VEG. RAPSP.: proporción vegetativa de *Raphanus spp.*

\*\*Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ).

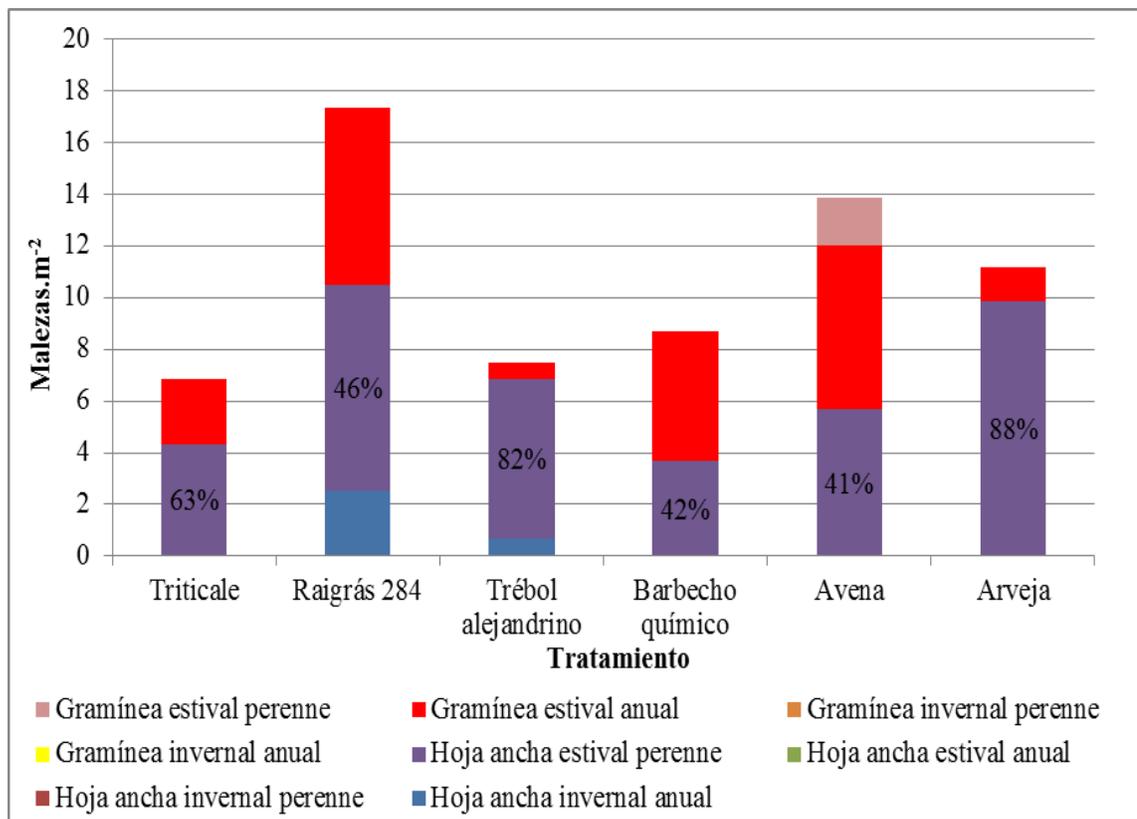
Como puede observarse, la variación es mínima y muy posiblemente la detección de efectos que lograra el ANAVA tiene relación con los ceros, la no presencia, de la maleza en los tratamientos de triticale, barbecho, arveja y avena.

Considerando, además, el bajo nivel de infestación en los dos tratamientos restantes en muy probable que lo anteriormente mencionado se la única explicación para el efecto detectado por el análisis.

#### 4.4.3. Efectos a nivel de grupos de especies

Si bien el ANAVA no detectó efectos a nivel de densidad de especies ni de las proporciones vegetativa y reproductiva, podría existir una importante variación en la composición. Por éste motivo, se decidió presentar la comparación de grupos de especies de todas formas (Figura No. 7).

Figura No. 7. Efecto de los tratamientos de cobertura a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 4 (29/12/2015).



El análisis de ésta fecha resultó difícil puesto que *Sida spinosa*, especie de mayor frecuencia en todo el ensayo, se caracteriza por ser estival y anual-perenne obligada y por lo tanto dificulta considerablemente el análisis.

En la próxima evaluación se puede apreciar la ausencia de ésta especie, lo que induce a creer que los niveles presentados en la fecha actual se debieron a emergencias incipientes de carácter anual que no prosperaron. Más aún, en la fecha siguiente, las especies de mayor proporción fueron las hojas ancha estivales anuales y las gramíneas estivales.

#### 4.5. QUINTA EVALUACIÓN (02/02/2016)

##### 4.5.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

En ésta evaluación, al igual que en la anterior, tampoco lograron detectarse efectos significativos en ninguna de éstas variables, resultando tanto el enmalezamiento total como las proporciones vegetativas y reproductivas similares en todos los tratamientos de cobertura.

La densidad promedio de enmalezamiento en el ensayo fue de 12,86 plantas.m<sup>-2</sup> variando entre un mínimo de un 4,83 en el caso de avena y un máximo de 19,67 en el caso del raigrás.

Es probable que el alto coeficiente de variación en ésta estimación (CV = 98,67 %) haya dificultado la detección de efectos.

A diferencia de la fecha anterior, en ésta evaluación la mayor parte del enmalezamiento se encontraba en etapas reproductivas.

##### 4.5.2. Efectos a nivel de especies de malezas

Al igual que en la anterior determinación, el total de especies registradas en ésta fecha a nivel del ensayo mostró un leve aumento resultando en 10 especies de malezas diferentes: *Eragrostis lugens*, *Eleusine tristachya*, *Sida spinosa*, *Brachiaria platyphylla*, *Malvastrum spp.*, *Echinochloa spp.*, *Ipomoea spp.*, *Cyperus spp.*, *Dichondra microcalyx* y *Conyza spp.*

En *Ipomoea spp.* el análisis detectó efectos significativos para tratamiento de cobertura a nivel de la densidad (p = 0,0203) y de la proporción vegetativa (p = 0,0014) (Cuadro No. 16).

Cuadro No. 16. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) y en la proporción vegetativa (%) de *Ipomoea spp.*; en la quinta determinación (02/02/2016).

TRATAMIENTO	No. IOSP.	PROP. VEG. IOSP.
Barbecho químico	0,00 a	0,00 a

Avena	0,00 a	0,00 a
Raigrás 284	0,00 a	0,00 a
Arveja	0,00 a	0,00 a
Trébol alejandrino	1,17 ab	0,17 a
Triticale	9,83 b	0,67 b

\*No. IPOSF.: cantidad total de *Ipomoea spp.*, PROP. VEG. IPOSF.: proporción vegetativa de *Ipomoea spp.*

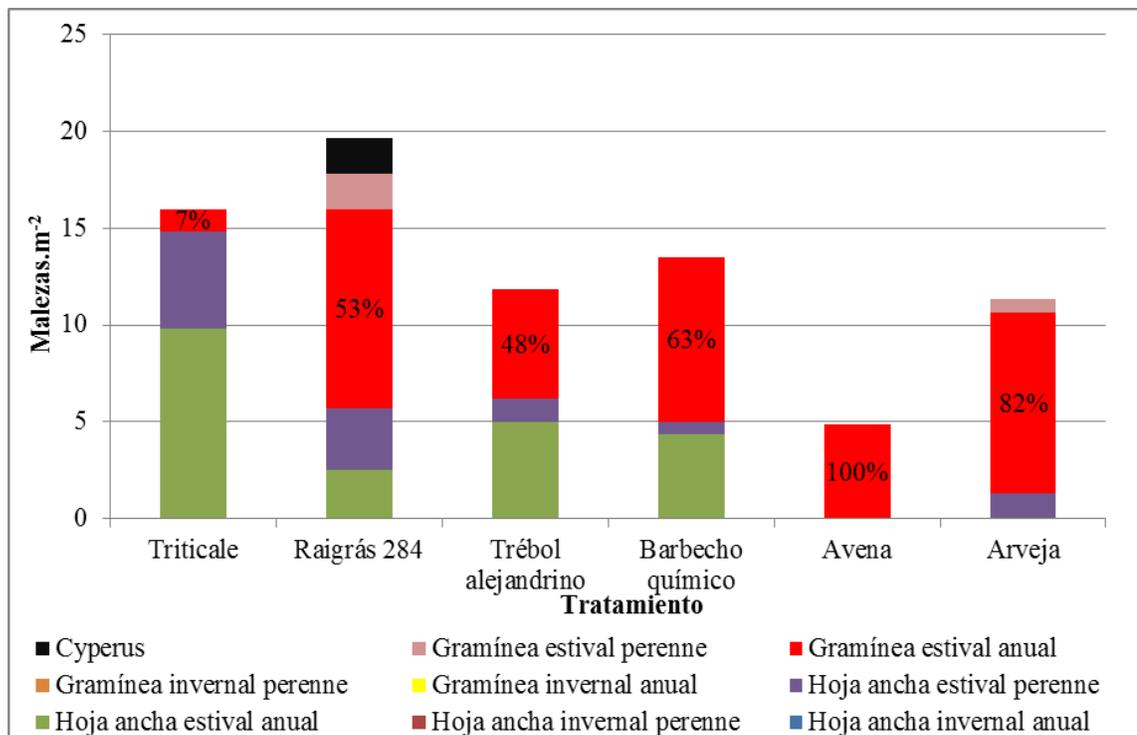
\*\*Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ).

Como surge del cuadro, *Ipomoea spp.* sólo estuvo presente en los tratamientos con trébol alejandrino y con triticale, aun cuando puede verse que la variación tiene relación con su asociación a las coberturas de triticale.

#### 4.5.3. Efectos a nivel de grupos de especies

A los efectos de incrementar el análisis de los resultados en ésta fecha, se consideró de interés comentar la variación observada a nivel de la diversidad de especies así como de la proporción de gramíneas estivales anuales en los distintos tratamientos (Figura No. 8).

Figura No. 8. Efecto de los tratamientos a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 5 (02/02/2016).



Como puede observarse, resulta destacable la variación en la diversidad del enmalezamiento entre dos coberturas que podrían considerarse similares. Mientras el 100% del enmalezamiento en el tratamiento con cobertura de avena corresponde a gramíneas estivales anuales, en raigrás éstas solo constituyen el 53% y una de las 5 especies registradas en el tratamiento.

Por otra parte, en relación a éste mismo grupo de las gramíneas estivales anuales, muy problemáticas en el cultivo de maíz, resalta el resultado alcanzado en triticale en el que sólo el 7% corresponde a éste grupo.

#### 4.6. SEXTA EVALUACIÓN (27/03/2016)

##### 4.6.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

En ésta evaluación sólo se detectó efecto de tratamientos de cobertura a nivel del enmalezamiento total ( $p = 0,0011$ ) (Cuadro No. 17) y una vez más no existieron efectos de nitrógeno ni de la interacción tratamiento-nitrógeno.

Cuadro No. 17. Malezas totales (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 6 (27/03/2016).

TRATAMIENTO	MALEZAS TOTALES	PROP. VEGETATIVA	PROP. REPRODUCTIVA
Triticale	51,50 a	0,65 a	0,35 a
Avena	61,00 ab	0,45 a	0,55 a
Raigrás 284	103,67 abc	0,58 a	0,42 a
Barbecho químico	123,00 bc	0,56 a	0,45 a
Arveja	137,00 c	0,62 a	0,38 a
Trébol alejandrino	137,33 c	0,73 a	0,27 a

Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Como puede verse, triticale y avena con los más bajos enmalezamientos totales, se diferenciaron claramente del barbecho químico y de las coberturas con leguminosas, que fueron las que presentaron mayores densidades.

La ausencia de efectos por parte de la cobertura de trébol alejandrino que se pudo apreciar en la anterior evaluación, así como también el fin de los efectos uniformizadores de los herbicidas de maíz determinan que la explicación a éste hecho esté relacionada con los potenciales niveles de re infestación, los cuales son producto del enmalezamiento del año anterior.

En ese sentido, los tratamientos que en el año 2015 permitieron un menor establecimiento y desarrollo de especies otoño-invernales, triticale y avena, fueron quienes en el presente año presentaron una menor densidad de enmalezamiento en ésta fecha.

Raigrás, por su parte, mostró un comportamiento intermedio, sin diferenciarse de los tratamientos con menor ni mayor enmalezamiento anteriormente mencionados.

Las proporciones vegetativas y reproductivas mostraron niveles similares como resultado de la coexistencia de malezas estivales finalizando su ciclo y un importante flujo de nuevas emergencias de fin de verano-otoño.

Con los resultados del análisis de la estructura del enmalezamiento vegetativo (Cuadro No. 18), se corrobora la importante proporción de emergencias en prácticamente todos los tratamientos, pudiendo considerarse el de avena como la excepción.

Cuadro No. 18. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la sexta evaluación (27/03/16).

TRATAMIENTO	%VEG. G1	%VEG. G2	%VEG. G3
Triticale	30,10%	34,95%	0,00%
Raigrás 284	42,12%	14,95%	4,18%
Trébol alejandrino	60,56%	17,48%	0,00%
Barbecho químico	54,34%	6,10%	0,54%
Avena	17,21%	13,11%	15,03%
Arveja	56,08%	7,79%	1,34%

VEG.: vegetativo; G1: de 1 a 4 hojas; G2: de 5 a 8 hojas; G3: 9 o más hojas.

#### 4.6.2. Efectos a nivel de especie

A nivel de especies de malezas, se constató un importante incremento de especies con respecto a fechas anteriores. Las mismas fueron 18: *Sida spinosa*, *Vulpia spp.*, *Bowlesia incana*, *Malvastrum spp.*, *Brachiaria platyphylla*, *Senecio spp.*, *Eleusine tristachya*, *Echinochloa spp.*, *Cynodon dactylon*, *Datura ferox*, *Baccharis spp.*, *Ambrosia tenuifolia*, *Raphanus spp.*, *Eragrostis lugens*, *Stachys arvensis*, *Amaranthus spp.*, *Gamochoaeta spicata* y *Conyza spp.*

El ANAVA solamente pudo detectar efectos significativos para tipo de tratamiento de cobertura a nivel de densidad, en las especies *Bowlesia incana* ( $p = 0,0027$ ), *Senecio spp.* ( $p = 0,0150$ ), *Stachys arvensis* ( $p = 0,0023$ ), *Gamochoaeta spicata* ( $p = 0,0006$ ), *Malvastrum spp.* ( $p = 0,0395$ ) y *Amaranthus spp.* ( $p = 0,0265$ ). Sin embargo, para éstas dos últimas el test de tukey no logró separar medias (Cuadro No. 19).

Cuadro No. 19. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) de *Bowlesia incana*, *Senecio spp.*, *Stachys arvensis* y *Gamochaeta spicata*; en la sexta determinación (27/03/2016).

TRATAMIENTO	BOWIN.	SENSP.	STASP.	GAMSP.
Triticale	3,67 a	0,00 a	16,67 b	6,33 ab
Avena	10,50 a	0,67 ab	0,67 a	0,00 a
Raigrás 284	35,17 ab	0,00 a	0,00 a	18,00 b
Arveja	60,83 ab	4,17 b	0,67 a	0,00 a
Barbecho químico	61,83 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Trébol alejandrino	79,50 b	0,67 ab	2,50 a	2,33 a

\*BOWIN.: número total de *Bowlesia incana*, SENSP.: número total de *Senecio spp.*, STAAP.: número total de *Stachys arvensis*, GAMSP.: número total de *Gamochaeta spicata*.

\*\*Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Para la especie *Bowlesia incana* se encontró que los tratamientos de avena y triticale fueron los que mejores controles presentaron. Aun así, no difirieron estadísticamente del raigrás, arveja y barbecho químico. En contraposición, el trébol alejandrino, que si difirió significativamente de los dos primeros, fue el que presentó las mayores densidades de ésta especie en ésta fecha.

*Senecio spp.*, *Stachys arvensis* y *Gamochaeta spicata* se presentaron en frecuencias más bajas. En consecuencia, *Senecio spp.* no estuvo presente en los tratamientos de triticale, raigrás y barbecho; mientras que *Stachys arvensis* no estuvo presente en raigrás y barbecho, pero mostró niveles muy altos en triticale, significativamente diferentes al resto.

*Gamochaeta spicata*, en cambio, mostró niveles significativamente diferentes y superiores en el raigrás, mientras que los restantes tratamientos no difirieron entre ellos, salvo el triticale que presentó un comportamiento intermedio.

Se podría afirmar que tanto *Senecio spp.* como *Gamochaeta spicata* desarrollaron mayores niveles de enmalezamiento en tratamientos con gramíneas, lo que sugiere un menor efecto residual de éstos tratamientos en el control de las mismas sobre un cultivo de maíz.

#### 4.6.3. Efectos a nivel de grupos de especies

En función de lo expuesto y considerando que solamente pudieron apreciarse efectos a nivel de especies típicamente invernales, se consideró de interés en esta fecha profundizar en el estudio de grupos y particularmente en las malezas estivales.

El ANAVA, sin considerar el efecto de nitrógeno, detectó una tendencia a nivel del enmalezamiento estival total ( $p = 0,106$ ) y efecto significativo de las coberturas a nivel de las gramíneas estivales anuales ( $p = 0,015$ ) (Cuadro No. 20).

Cuadro No. 20. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) de malezas estivales totales y gramíneas anuales estivales, en la sexta determinación (27/03/2016).

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>MALEZAS ESTIVALES TOTALES</b>	<b>GRAMÍNEAS ANUALES ESTIVALES</b>
Triticale	24,83 a	8,67 a
Avena	43,00 ab	30,83 b
Trébol alejandrino	48,00 ab	17,83 ab
Raigrás 284	49,33 ab	19,83 ab
Barbecho químico	58,00 ab	29,50 b
Arveja	67,00 b	27,00 b

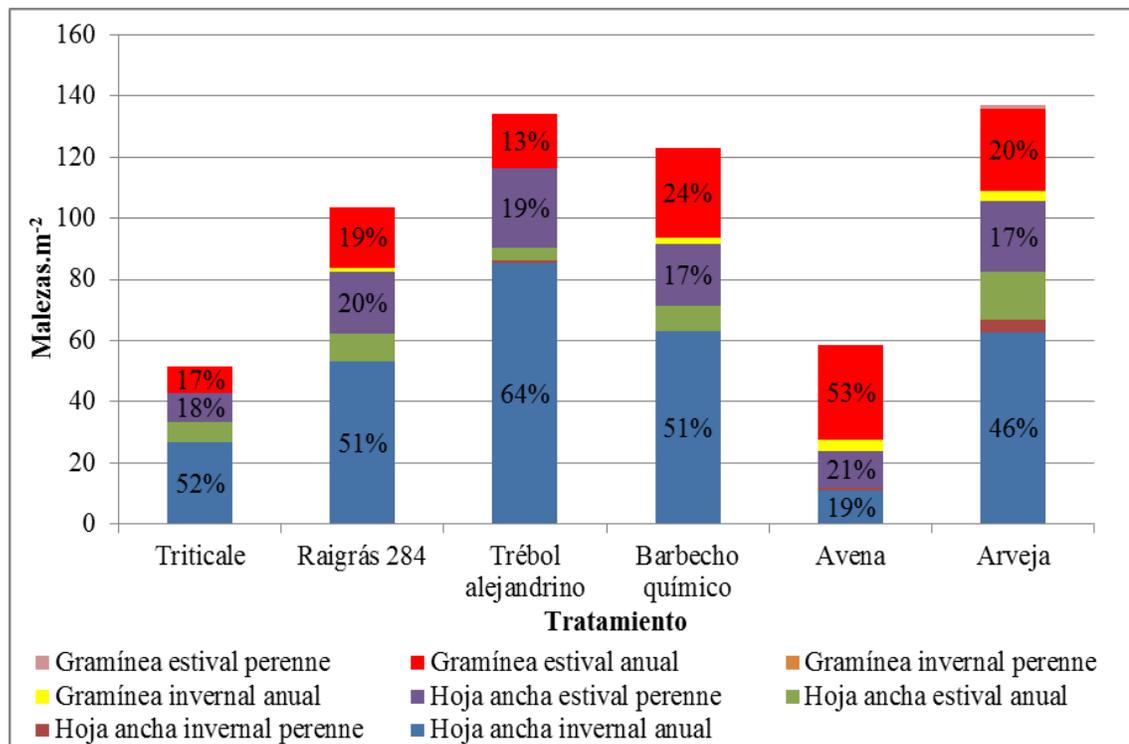
Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,10$ ).

Es importante destacar el menor enmalezamiento estival en triticale que si bien no difirió de avena, trébol alejandrino, raigrás y barbecho demostró ser superior a éstos. En consecuencia, su baja cantidad de gramíneas es fundamental y de gran trascendencia puesto que son éstas las malezas que generan las mayores problemáticas relacionadas con la efectividad de los tratamientos densidad dependiente y además presentan mayores riesgos de generación de resistencia.

Estos resultados sugerirían un mayor efecto residual por parte del triticale en el control del enmalezamiento estival.

La Figura No. 9 permite apreciar la proporción de malezas invernales dentro del enmalezamiento a nivel de toda la fecha y además cuantificar la composición del enmalezamiento estival, cuya importancia fue anteriormente descrita y analizada.

Figura No. 9. Efecto de los tratamientos a nivel de grupos de especies de malezas en la fecha 6 (27/03/2016).



La presencia superlativa de malezas invernales pertenecientes al grupo de las hojas ancha anuales carece de importancia puesto que se trata de especies que están iniciando su ciclo al momento de la cosecha del maíz y por lo tanto serán controladas con las aplicaciones de barbecho para la siembra de las coberturas invernales.

Las gramíneas estivales anuales y las hojas ancha estivales perenne son los grupos de mayor importancia en ésta fecha ya que podrían haber incidido en el rendimiento final del maíz. De todas formas se comprobó que no fue así, incluso en el caso de la avena donde el enmalezamiento estival superó el 70%.

En ningún caso el enmalezamiento de tipo estival se encontró por debajo del 30%, siendo las gramíneas anuales el grupo de mayor importancia relativa dentro de las estivales.

*Echinochloa spp.* fue la maleza de mayor frecuencia dentro del grupo de las estivales, mientras que *Bowlesia incana* fue la de mayor frecuencia dentro de las invernales.

#### 4.7. SÉPTIMA EVALUACIÓN (16/06/2016)

En relación a ésta fecha importa destacar que existió una aplicación de herbicida total (glifosato) el 09/04/16 solamente en barbechos así como también la siembra de las coberturas invernales el 24/05/16, por lo que al momento de realizarse la determinación, las coberturas llevaban establecidas solamente tres semanas

##### 4.7.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

Al igual que en la mayoría de las fechas anteriores, el ANAVA solamente detectó efecto de coberturas sobre el enmalezamiento total ( $p < 0,0001$ ) (Cuadro No. 21).

Cuadro No. 21. Malezas totales (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 7 (16/06/2016).

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>MALEZAS TOTALES</b>	<b>PROP. VEGETATIVA</b>	<b>PROP. REPRODUCTIVA</b>
Triticale	4,50 a	1,00 a	0,00 a
Avena	53,67 ab	1,00 a	0,00 a
Raigrás 284	87,67 b	1,00 a	0,00 a
Arveja	95,50 b	1,00 a	0,00 a
Trébol alejandrino	112,83 bc	1,00 a	0,00 a
Barbecho químico	172,17 c	1,00 a	0,00 a

\*Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Resulta particularmente resaltante el comportamiento del triticale con un muy bajo nivel de infestación. La densidad del enmalezamiento en este tratamiento no alcanza al 3% del que se estimara en el tratamiento sin cobertura (barbecho químico) que fuera el de mayor infestación de malezas.

Considerando la bibliografía, efectos tan tempranos tendrían relación con la historia de los manejos anteriores y/o con efectos supresores de malezas mediados por alelopatía. Según Weston (1996) y también Gavazzi et al. (2010) avena y triticale son especies conocidas por producir compuestos alelopáticos tempranos, mediante la síntesis de exudados radiculares.

Los niveles de enmalezamiento del año anterior son fundamentales dado que una menor producción de semillas equivale a menores incrementos del banco de semillas en el suelo, lo que a su vez se relaciona con re infestaciones futuras de carácter más benigno; demostrando los beneficios de avena y triticale en el sistema.

Ninguna de las dos coberturas anteriormente mencionadas presentó diferencias significativas entre ellas, logrando los controles más elevados. Sin embargo, la avena no difirió del raigrás y la arveja, quienes presentaron niveles de enmalezamiento mayores

por lo que se los puede establecer como tratamientos de respuesta intermedia en el control del enmalezamiento temprano.

El trébol alejandrino y el barbecho químico fueron los tratamientos de peor respuesta al control del enmalezamiento en ésta fecha y a pesar de no diferir estadísticamente entre ellos, el barbecho químico permitió el establecimiento de niveles de malezas 35% superiores a los que permitió el trébol alejandrino.

En forma general, se observaron niveles más bajos de enmalezamiento en las gramíneas seguido por las leguminosas, siendo la siembra de coberturas con cualquiera de éstas especies una mejor opción que el barbecho para el control de malezas.

Por otra parte, cabe aclarar que no existían prácticamente malezas en estados reproductivos en éste momento como era esperable (Cuadro No. 22).

Cuadro No. 22. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la séptima evaluación (16/06/16).

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>%VEG. G1</b>	<b>%VEG. G2</b>	<b>%VEG. G3</b>
Triticale	100,00%	0,00%	0,00%
Raigrás 284	95,06%	4,94%	0,00%
Trébol alejandrino	99,41%	0,59%	0,00%
Barbecho químico	98,55%	1,45%	0,00%
Avena	98,76%	1,24%	0,00%
Arveja	98,60%	1,40%	0,00%

VEG.: vegetativo; G1: de 1 a 4 hojas; G2: de 5 a 8 hojas; G3: 9 o más hojas.

En todos los casos se encontró que el enmalezamiento vegetativo de primer grado, superaba el 95%, pudiendo afirmarse que las infestaciones se componían básicamente de nuevas emergencias puesto que las malezas apenas superaban las 4 hojas desarrolladas.

Cabe destacar que el triticale fue la única cobertura en presentar especies 100% de primer grado, lo que sumado a su baja densidad de enmalezamiento permite considerarlo como el tratamiento de mejor comportamiento en el control temprano de malezas.

#### 4.7.2. Efectos a nivel de especies de malezas

A diferencia de la fecha anterior, el número de malezas encontradas fue relativamente bajo siendo un total de 8, todas de ciclo otoño-invierno-primaveral. *Bowlesia incana*, *Parietaria debilis*, *Cerastium glomeratum*, *Echium plantagineum*, *Raphanus spp.*, *Lamium amplexicaule*, *Cirsium vulgare* y *Dichondra microcalyx* fueron las especies que se encontraron.

El ANAVA por especie no detectó efectos significativos de ningún tipo en *Cerastium glomeratum*, *Echium plantagineum*, *Raphanus spp.*, *Lamium amplexicaule*, *Cirsium vulgare* y *Dichondra microcalyx* ( $p > 0,05$ ).

Si detectó efectos significativos del tipo de tratamiento de cobertura a nivel de densidad en las especies de mayor presencia: *Bowlesia incana* ( $p = 0,0010$ ) y *Parietaria debilis* ( $p = 0,0016$ ) y también en sus proporciones vegetativas ( $p = 0,0099$  y  $p = 0,0234$ , respectivamente) (Cuadro No. 23).

Cuadro No. 23. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporción vegetativa (%) de *Bowlesia incana* y *Parietaria debilis*; en la séptima determinación (16/06/2016).

TRATAMIENTO	<i>Bowlesia incana</i>		<i>Parietaria debilis</i>	
	No. TOTAL	PROP. VEG.	No. TOTAL	PROP. VEG.
Triticale	3,17 a	1,00 a	0,67 a	0,17 a
Avena	43,17 ab	1,00 a	8,67 a	0,50 ab
Raigrás 284	72,83 bc	1,00 a	8,67 a	0,50 ab
Arveja	73,67 bc	1,00 a	20,50 ab	1,00 b
Trébol alejandrino	83,17 bc	1,00 a	27,17 ab	0,83 ab
Barbecho químico	110,50 c	1,00 a	53,67 b	0,83 ab

\*No. TOTAL: total de individuos, PROP. VEG.: proporción vegetativa.

\*\*Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Se pudieron constatar, con base en el cuadro superior, diferencias entre tratamientos en el comportamiento de ambas especies, destacándose mayores diferencias en el caso de *Bowlesia incana*.

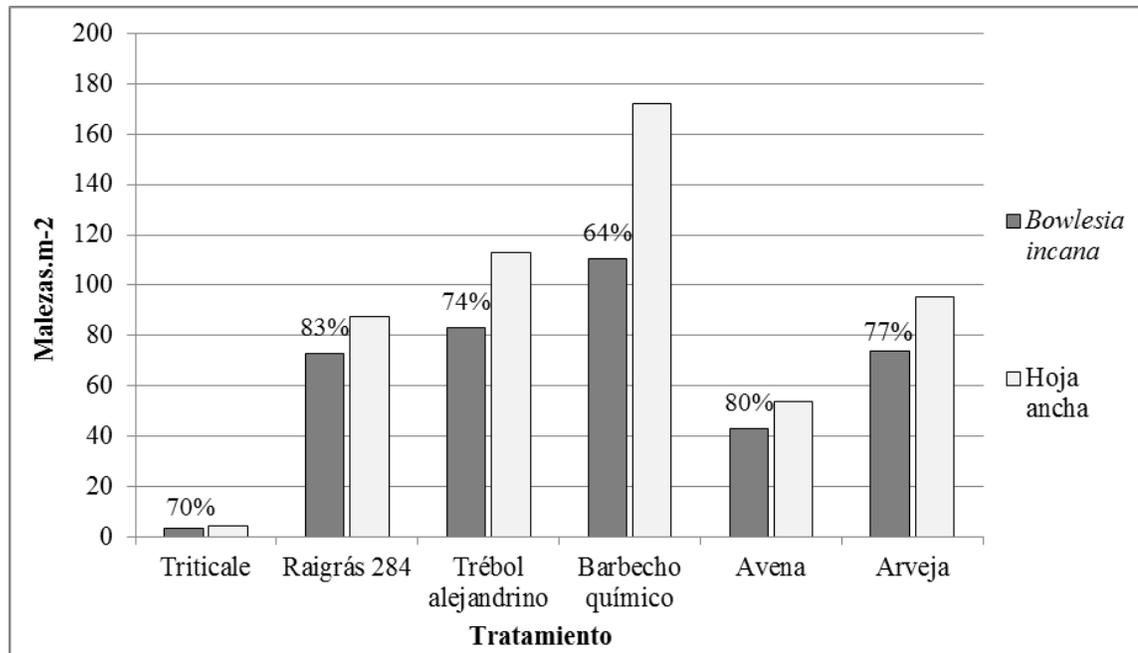
*Parietaria debilis* se encontró en densidades similares en las tres coberturas con gramíneas quienes, a pesar de no diferir significativamente de las coberturas con leguminosas, presentaron los mejores controles. Los altos niveles de *Parietaria debilis* presentes en barbecho no hacen más que sostener la necesidad de una cobertura invernal para el control de malezas.

Arveja fue la única cobertura que presentó *Parietaria debilis* 100% vegetativa. Sin embargo, no se logró identificar el motivo de dicho comportamiento.

En el caso de *Bowlesia incana* no existieron diferencias en el control ejercido por triticale o avena, por más que los niveles de ésta especie en avena fueron 93% superiores. Además, avena no difirió de raigrás arveja o trébol alejandrino pero si del barbecho.

Por lo tanto, en lo que respecta a *Bowlesia incana* en ésta fecha existió un tratamiento de comportamiento superior, triticale, y un tratamiento de comportamiento netamente inferior, barbecho. Los restantes cuatro tratamientos, avena, raigrás, arveja y trébol alejandrino; resultaron de comportamiento intermedio (Figura No. 10).

Figura No. 10. Frecuencia de *Bowlesia incana* en la séptima determinación, en comparación con especies hoja ancha (16/06/16).



La figura permite apreciar que a pesar de las diferencias constatadas en el control de *Bowlesia incana*, en ningún caso la misma se encontró por debajo del 60% del total de hojas ancha.

Las coberturas con leguminosas, trébol alejandrino y arveja, presentaron niveles similares, mientras que en barbecho se registró la mayor diversidad de especies hoja ancha, seguramente producto de la presencia de *Parietaria debilis*.

#### 4.7.3. Efectos a nivel de grupos de especies

El análisis a nivel de grupos permitió determinar que en todos los tratamientos las hojas ancha anuales invernales superaron el 99% de las especies presentes, destacándose las dos especies anteriormente analizadas.

En función de esto, la comparación entre grupos carece de una importancia significativa, por lo que se optó por no presentar detalle de los resultados.

#### 4.8. OCTAVA EVALUACIÓN (08/08/2016)

Cabe destacar, en primer lugar, que entre ésta determinación y la anterior se realizó una aplicación de preside (flumetsulam), el 25/07/16 en todas las coberturas.

##### 4.8.1. Efectos a nivel del enmalezamiento total

Igual que a lo largo de todo el estudio en ésta última evaluación el ANAVA sólo detectó efectos significativos del tipo de cobertura para el número total de malezas ( $p < 0,0001$ ) (Cuadro No. 24).

Cuadro No. 24. Malezas totales (plantas.m<sup>-2</sup>) y proporciones vegetativas y reproductivas (%) en la fecha 8 (08/08/2016).

TRATAMIENTO	MALEZAS TOTALES	PROP. VEGETATIVA	PROP. REPRODUCTIVA
Triticale	32,67 a	0,98 a	0,02 a
Avena	55,33 ab	1,00 a	0,00 a
Raigrás 284	103,17 bc	0,99 a	0,01 a
Barbecho químico	136,33 cd	1,00 a	0,00 a
Trébol alejandrino	147,00 cd	0,98 a	0,02 a
Arveja	157,17 d	0,92 a	0,08 a

Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Triticale y avena fueron las dos coberturas con menores niveles de enmalezamiento, no difiriendo entre ellas. En ese sentido, con relación a la fecha anterior, la avena registró niveles casi idénticos, mientras que el triticale aumentó entorno al 86%.

Como se mencionara con anterioridad, la presencia de compuestos alelopáticos (Weston, 1996) producidos por ambas coberturas podrían ser la razón de su mejor desempeño frente a los demás tratamientos.

En ese sentido, la reducción de 93% que se registró en la fecha anterior a favor del triticale, disminuyó a 40% lo que sumado a la ausencia de diferencias significativas entre éste y la avena lleva a establecer a ambas coberturas como las más eficientes en el manejo del enmalezamiento invernal.

Por otro lado, si bien el raigrás, el barbecho y el trébol alejandrino no difirieron entre ellos ni con la avena, es claro que su desempeño en el manejo del enmalezamiento invernal se ubicó un nivel por debajo de la avena y el triticale. En consecuencia, la brecha existente entre los enmalezamientos de avena y el raigrás es de 46%.

La arveja mostró un comportamiento similar al del trébol alejandrino y el barbecho químico, motivo por el cual se consideró que las coberturas con leguminosas

así como el barbecho químico fueron los tratamientos de peor desempeño en el enmalezamiento invernal, de hecho a pesar de que el raigrás no difirió del barbecho presentó un control 25% superior a éste.

En definitiva, las gramíneas resultaron ser las coberturas de mejor comportamiento en el control de malezas invernales destacándose la avena y el triticale por sobre el raigrás. Las leguminosas, por su parte, presentaron un comportamiento similar al del barbecho en lo que a control de malezas invernales respecta.

Por otro lado, y a pesar de un leve incremento en la proporción del enmalezamiento reproductivo con relación a la fecha anterior, la proporción de estados vegetativos continuó siendo la de mayor importancia (Cuadro No. 25).

Cuadro No. 25. Contribución por estados vegetativos (G1, G2 y G3) del enmalezamiento, en la octava evaluación (08/08/16).

TRATAMIENTO	%VEG. G1	%VEG. G2	%VEG. G3
Triticale	3,57%	86,73%	9,69%
Raigrás 284	37,32%	62,04%	0,00%
Trébol alejandrino	45,58%	50,45%	2,04%
Barbecho químico	23,59%	71,39%	4,52%
Avena	31,02%	67,77%	1,20%
Arveja	21,31%	63,31%	4,35%

VEG.: vegetativo; G1: de 1 a 4 hojas; G2: de 5 a 8 hojas; G3: 9 o más hojas.

Es claro el desarrollo del enmalezamiento vegetativo en comparación con la fecha anterior, donde las especies de primer grado superaron el 95% en todas las coberturas (Cuadro No. 22). En ese sentido, en ésta evaluación las malezas vegetativas presentaron de 5 a 8 hojas en más de la mitad de los casos.

Es importante resaltar el caso del triticale quien en la fecha anterior había presentado especies vegetativas 100% de primer grado, mientras en ésta determinación fue quien presentó mayores niveles de especies G2 y G3 y menores niveles de especies G1.

#### 4.8.2. Efectos a nivel de especies de malezas

En comparación con la determinación anterior, se encontraron 2 especies más, por lo que el total de malezas encontradas fue de 10: *Bowlesia incana*, *Parietaria debilis*, *Lolium multiflorum*, *Stellaria media*, *Stachys arvensis*, *Cerastium glomeratum*, *Conyza spp.*, *Anthemis cotula*, *Raphanus spp.* y *Lamium amplexicaule*

El ANAVA no detectó efectos significativos de ningún tipo en *Lolium multiflorum*, *Stellaria media*, *Stachys arvensis*, *Cerastium glomeratum*, *Conyza spp.*, *Anthemis cotula* y *Raphanus spp* y *Lamium amplexicaule* ( $p > 0,05$ ).

No obstante, si se detectaron efectos significativos del tipo de tratamiento de cobertura a nivel de densidad de malezas de *Bowlesia incana* ( $p < 0,0001$ ) y de *Parietaria debilis* ( $p = 0,0048$ ) (Cuadro No. 26).

Cuadro No. 26. Efecto del tipo de tratamiento en la densidad (plantas.m<sup>-2</sup>) de *Bowlesia incana* y *Parietaria debilis*, en la fecha 8 (08/08/2016).

TRATAMIENTO	<i>Bowlesia incana</i>	<i>Parietaria debilis</i>
Triticale	27,67 a	0,67 a
Avena	35,17 a	5,33 ab
Raigrás 284	92,67 b	2,33 a
Barbecho químico	108,50 b	14,17 b
Trébol alejandrino	121,67 b	1,83 a
Arveja	124,67 b	5,33 ab

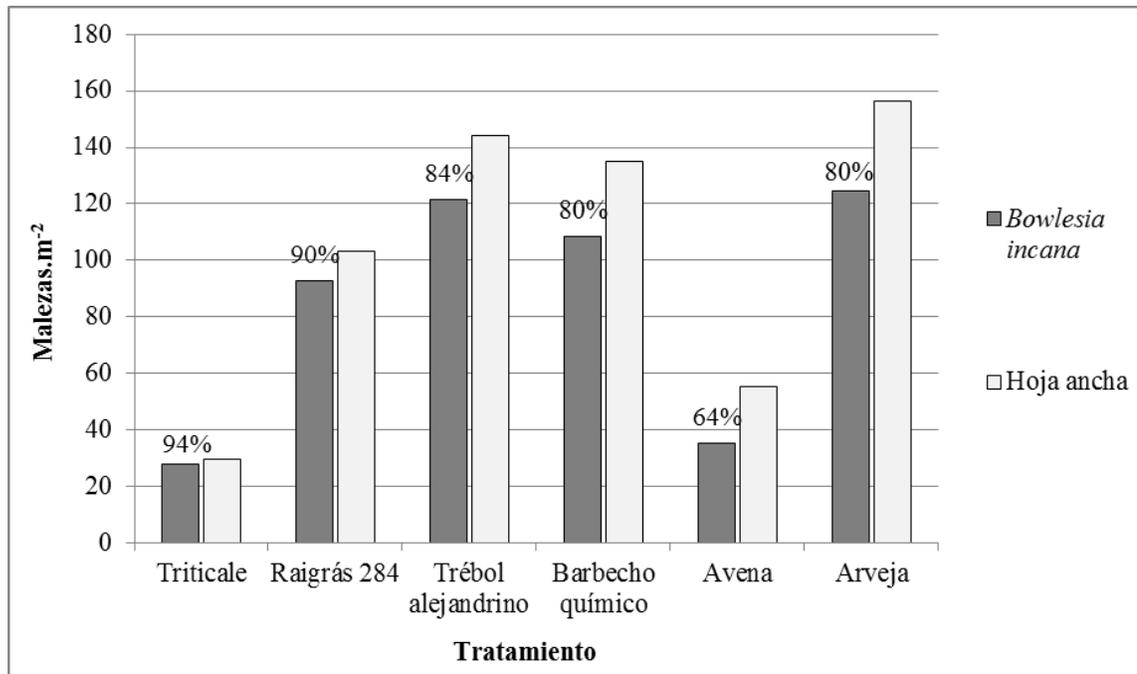
Medias con igual letra no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En el caso de *Parietaria debilis* se puede apreciar que a pesar de la existencia de efectos significativos, la densidad de la misma es baja, sobre todo en comparación con *Bowlesia incana*. En función de esto, solamente un tratamiento mostró un comportamiento diferente al resto que como era de esperarse fue el barbecho.

En el caso de *Bowlesia incana*, que fue la especie de mayor frecuencia, se pueden apreciar dos grandes grupos. Por un lado avena y triticale, de comportamiento similar y densidades por debajo de las 35 plantas.m<sup>-2</sup> y, por otro lado, raigrás, barbecho, arveja y trébol alejandrino, también de comportamiento similar pero con densidades superiores a las 90 plantas.m<sup>-2</sup>.

En ese sentido, el enmalezamiento 62% superior por parte del raigrás frente a la avena sugiere la posible existencia de efectos supresores combinados de una mayor cobertura del suelo y la mediación de efectos alelopáticos en avena y triticale (Figura No. 11).

Figura No. 11. Frecuencia de *Bowlesia incana* en la octava determinación, en comparación con especies hoja ancha (08/08/16).



La figura demuestra la diferencia importante en los niveles no sólo de *Bowlesia incana* sino también del grupo de las hoja ancha, en ésta última determinación.

La avena fue la cobertura que permitió una mayor diversificación dentro del grupo de las hoja ancha con más de 6 *Bowlesia incana* cada 10 especies de hoja ancha encontradas.

El aumento de la frecuencia de *Parietaria debilis* así como del desarrollo de *Bowlesia incana*, permite establecer que la primera se trata de una especie de desarrollo invernal tardío mientras que la segunda es de desarrollo más bien temprano.

#### 4.8.3. Efectos a nivel de grupos de especies

En el estudio a nivel de grupos de malezas se pudo concluir que una vez más las hoja ancha anuales invernales representaron, en promedio, casi el 98% de las especies encontradas, con un 100% en las coberturas de avena y raigrás.

Por éste motivo se determinó que un análisis comparando el desarrollo del enmalezamiento entre grupos de malezas en ésta octava y última determinación, carecía de importancia agronómica.

## 5. CONCLUSIONES

Los tratamientos de cobertura determinaron disminuciones tanto en la densidad como la composición del enmalezamiento, aunque en ninguna de las fechas de evaluación fue posible comprobar efectos de nitrógeno ni tampoco de la interacción tratamiento-nitrógeno, en el caso de evaluaciones en maíz.

Los efectos de supresión estimados en las coberturas de avena y triticale afectando los potenciales de re infestación de las malezas mostraron efectos prolongados en el tiempo.

Los mayores efectos fueron constatados en el enmalezamiento invernal y fundamentalmente sobre las 2 especies de malezas hoja ancha predominantes en el ensayo: *Bowlesia incana* y *Parietaria debilis*. La combinación de efectivas coberturas y muy posiblemente efectos alelopáticos en el caso de triticale y avena, determinaron notorias reducciones en las densidades de estas especies, que en todas las fechas fueron superiores al 50% en comparación con los restantes tratamientos evaluados.

Por su parte, la cobertura de raigrás mostro un comportamiento intermedio en la supresión de malezas, mientras que las leguminosas demostraron ser deficientes, al punto de no superar al barbecho químico sin cobertura en la mayoría de las determinaciones.

Por otro lado, el enmalezamiento estival tuvo en las gramíneas, y sobre todo en *Echinochloa spp.*, a las especies de mayor frecuencia. No obstante, no se detectaron efectos significativos de ningún tipo a nivel de ésta especie, mientras que a nivel del enmalezamiento estival los efectos se detectaron sólo para tipo de tratamiento de cobertura y hacia el final de la estación.

## 6. RESUMEN

El siguiente trabajo se realizó sobre suelos pertenecientes a la unidad San Manuel, en parcelas experimentales con rotaciones caracterizadas, desde hacía más de 10 años, por la presencia de una cobertura durante el invierno y maíz durante el verano. Se realizaron determinaciones a campo a lo largo de un año con el objetivo de evaluar la dinámica del enmalezamiento en el maíz y en las coberturas invernales, las cuales fueron arveja (*Pisum sativum*), avena (*Avena sativa*), raigrás (*Lolium multiflorum*), triticale (*Triticum secale*), trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) y barbecho químico (testigo). Se realizaron, además, determinaciones de producción de materia seca de las coberturas así como también un registro de las condiciones ambientales imperantes durante el tiempo que duró el estudio. Los resultados obtenidos mostraron que tanto la densidad como la composición del enmalezamiento se vieron afectadas por los tratamientos de cobertura, aunque en ninguna de las fechas de evaluación fue posible comprobar efectos de nitrógeno ni tampoco de la interacción tratamiento-nitrógeno. Los mayores efectos fueron constatados en el enmalezamiento invernal y fundamentalmente sobre dos especies de malezas hoja ancha: *Bowlesia incana* y *Parietaria debilis*. La combinación de efectivas coberturas y muy posiblemente efectos alelopáticos en el caso de triticale y avena, determinaron notorias reducciones en las densidades de estas especies. Además, los efectos de supresión estimados en estas dos coberturas afectando los potenciales de re infestación de malezas, mostraron ser prolongados en el tiempo. Por su parte, la cobertura de raigrás mostro un comportamiento intermedio en la supresión de malezas, mientras que las leguminosas, arveja y trébol alejandrino, demostraron ser deficientes al punto de no superar al barbecho químico (sin cobertura) en la mayoría de las determinaciones. El enmalezamiento estival, por su parte, tuvo en las gramíneas a las especies de malezas de mayor frecuencia. En las mismas se destacó la presencia recurrente de *Echinochloa spp.* No obstante, no se detectaron efectos significativos de ningún tipo a nivel de ésta especie, mientras que a nivel del enmalezamiento estival los efectos se detectaron sólo para tipo de tratamiento de cobertura y hacia el final de la estación.

Palabras clave: Enmalezamiento; Coberturas invernales; Maíz; Alelopatía.

## 7. SUMMARY

The following work was carried out on soils belonging to the San Manuel unit, in experimental plots with rotations characterized, for more than 10 years, by the presence of winter covers during this season and maize during summer. Field determinations were carried out over a year with the objective of evaluating weed dynamics in maize and in winter coverings, which were pea (*Pisum sativum*), oats (*Avena sativa*), ryegrass (*Lolium multiflorum*), triticale (*Triticum secale*), alexandrian clover (*Trifolium alexandrinum*) and chemical fallow (control). Dry matter production of the coverings was determined as well as a registry of the prevailing environmental conditions during the time the study lasted. The results showed that both, density and composition were affected by coverings, although it was impossible to verify nitrogen or nitrogen-treatment interaction effects in any of the determinations performed. The greatest effects were observed in winter weed and mainly on two broadleaf species: *Bowlesia incana* and *Parietaria debilis*. The combination of effective hedges and possibly allelopathic effects, in the case of triticale and oats, determined marked reductions in the densities of these species. In addition, the estimated suppression effects on these two coverages affecting the potential for re-weed infestation, showed to be prolonged over time. Ryegrass coverings, on the other hand, showed intermediate weed suppression behavior, while legumes, pea and alexandrian clover, showed to be deficient to the point of not exceeding chemical fallow in most determinations. Summer weeds, had in grasses the species of major frequency were the presence of *Echinochloa spp.* stood out. However, no significant effects of any level were detected for this plant species, while for summer weeds in general, effects were only detected for type of treatment and near the end of the season.

Keywords: Weedy; Winter coverings; Maize; Allelopathy.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abril, A. 2002. La microbiología del suelo; su relación con la agricultura sustentable. In: Sarandón, S. ed. Agroecología; el camino hacia una agricultura sustentable. La Plata, Argentina, ECA. pp. 153–173.
2. Agostinetto, D.; Ferreira, F. B.; Stoch, G.; Fernandes, F. F.; Pinto, J. J. O. 2000. Adaptacao de especies utilizadas para cobertura do solo no sul do rio grande do sul. *Revista Brasileira de Agrociencias*. 6(1): 47-52.
3. Aita, C.; Basso, C. J.; Ceretta, C. A.; Gongcalves, C. N.; Das Ros, C. O. 2001. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogenio ao milho. *Revista Brasileira de Ciencias do Solo*. 25: 157-165.
4. Álvarez, C.; Barraco, M.; Díaz Zorita, M.; Scianca, C.; Pecorari, C. 2005. Uso de cultivos de cobertura en rotaciones con base soja; efecto sobre algunas propiedades edáficas y rendimiento de los cultivos en un hapludol típico del noroeste bonaerense. INTA Anguil. Boletín de Divulgación Técnica no. 87. 64 p.
5. 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.
6. Balbinot Jr., A. A.; Fleck, N. G.; Agostinetto, A.; Rizzardi, M. A.; Merotto Jr., A.; Vidal, R. A. 2001. Velocidade de emergencia e crescimento inicial de cultivares de arroz irrigado influenciando a competitividade com as plantas daninhas. *Planta Daninha*. 19(3): 305-316.
7. \_\_\_\_\_; Nesi, C. N.; De Moraes, A.; Backes, R. L. 2007. Infestacao de plantas daninhas e produtividade de milho afetada por epocas de dessecacao de coberturas de inverno. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*. 6(2): 134-142.
8. Barbazán, M.; Ferrando, J.; Zamalvide, P. 2002. Acumulación de materia seca y nitrógeno en gramíneas anuales invernales usadas como cobertura vegetal en viñedos. *Agrociencia (Montevideo)*. 6: 10-19.
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. Bilalis, D.; Sidoras, N.; Economou, G., Vakali, C. 2003. Effect of different levels of wheat straw soil surface coverage on weed flora in *Vicia faba* crops. *Journal of Agronomy Crop Science*. 189: 233-241.
12. Blackshaw, R. E.; Larney, G. O.; Lindwall, C. W.; Kozub, G. C. 1994. Crop rotation and tillage effects on weed populations on the semi-arid canadian prairies. *Weed Technology*. 8: 21-237.
13. \_\_\_\_\_; Brandt, R. N. 2008. Nitrogen fertilizer rates effects on weed competitiveness is species dependent. *Weed Science*. 56(5): 743-747.
14. Brown, S. M.; Whitwell, J. T.; Touchton, J. T.; Burmester, C. H. 1985. Conservation tillage systems form cotton production. *Soil Science Society of America Journal*. 49: 1256-1260.
15. 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.
16. Calegari, A.; Peñalva, M. 1994. Abonos verdes; importancia agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay. Canelones, Uruguay, MGAP. JUNAGRA. 151 p.
17. Calvo, C. L.; Foloni, J. S. S.; Brancalio, S. R. 2010. Produtividade de fitomassa e relacao C/N de monocultivos e consorcios de guandu-anao, milho e sorgo em tres epocas de corte. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 26(1): 77-86.
18. Cazorla, C.; Baigorria, T. 2010. Antecesoros de maíz; barbecho o cultivos de cobertura. Martín Juárez, Argentina, INTA. s.p.
19. Celette, F.; Gaudin, R.; Gary, C. 2008. Spatial and temporal changes to the weather regime of a mediterranean vineyard due to the adoption of covering cropping. *European Journal of Agronomy*. 29: 153-162.
20. \_\_\_\_\_; Findeling, A.; Gary, C. 2009. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system; the case of an association of grapevine and grass cover in a mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*. 30: 41-50.
21. Cepeda, S.; Rossi, A. 2003. Manejo y control de malezas en maíz. INTA Pergamino. *Boletín de Divulgación Técnica*. s.p.
22. Clark, A. J.; Meisinger, J. J.; Decker, A. M.; Mulford, F. R. 2007. Effects of a grass-selective herbicide in a vetch-rye cover crop system on nitrogen management. *Agronomy Journal*. 99(1): 36-42.

23. Creamer, N. G.; Bennet, M. A.; Stinner, B. R.; Cardina, J.; Regnier, E. E. 1996. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production system. *Hortscience*. 31 (3): 410-413.
24. Cury, J. P.; Santos, J. B.; Silva, E. B.; Byrro, E. C. M.; Braga, R. R.; Carvalho, F. P.; Valadao Silva, D. 2012. Acumulo e particao de nutrientes de cultivares de milho em competicao com plantas daninhas. *Planta Daninha*. 30(2): 287-296.
25. Dávila, E.; Elduayen, N. 2015. Efecto de diferentes coberturas de invierno en la dinámica del enmalezamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 53 p.
26. De Moraes, P. V.; Agostinotto, D.; Panozzo, L. E.; Oliveira, C.; Kleinick, G.; Markus, C. 2013. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas e desempenho produtivo da cultura do milho. *Ciencias Agrárias (Recife)*. 34(2): 497-508.
27. Diniz, C. A.; Rodrigues, F. A.; Araújo, V.; Da Silva, S.; Lima, G.; Ferreira, L. R.; Affonso, F. 2015. Acúmulo de macronutrientes por plantas daninhas e de milho cultivadas em convivencia em solo com diferentes manejos de fertilidade. *Ciencias Agrárias (Recife)*. 36(2): 669-682.
28. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2016. InfoStat. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Grupo Infostat. s.n.t. s.p.
29. Duiker, S. W.; Curran, W. S. 2004. Rye cover crop management in corn. In: *Conservation Tillage Conference (26<sup>th</sup>, 2004, Raleigh, North Carolina)*. Conservation tillage production systems. Raleigh, ARS. pp. 208-214.
30. 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. s.p.
31. Ernst Báez, O. D.; Ferrari Franchi, M. 2013. Combinación de alternativas pre emergentes y glifosato en la post emergencia en el control de malezas en maíz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 47 p.
32. Evans, S. P. 2001. Effects of varying nitrogen supply on the critical period for weed control in corn (*Zea mays L.*). MSc. Thesis. Lincoln, Nebraska, New England. University of Nebraska. 210 p.

33. \_\_\_\_\_.; Knezevic, S. Z.; Lindquist, J. L.; Shapiro, C. A.; Blankenship, E. E. 2003. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science*. 51(3): 408-417.
34. 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.
35. 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.
36. Fernández, R.; Quiroga, A.; Arena, F.; Antonini, C.; Saks, M. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. INTA Anguil. Publicación Técnica no. 51. 59 p.
37. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2009. Cultivos de cobertura; costo hídrico de su inclusión en sistemas mixtos. *In: Jornadas Nacionales Sistemas Productivos Sustentables; Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura (1º., 2009, Bahía Blanca, Buenos Aires)*. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Aguil, INTA. pp. 16-20.
38. Fischer, R. A.; Miles, R. E. 1973. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences Journal*. 18: 335-350.
39. Fourie, J. C.; Lauw, P. J. E.; Agenbag, G. A. 2001. Effect of seeding date on the performance of grasses and broadleaf species evaluated for cover crop management in two wine grape regions of South Africa. *South Africa Journal of Plant and Soil*. 18: 118-127.
40. 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.
41. Giller, K. E.; Witter, E.; Corbeels, M.; Tittonell, R. 2009. Conservation, agriculture and smallholding farming in Africa; the heretic's view. *Field Crops Research*. 114: 23-34.
42. 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.

43. 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.
44. Hall, J.; Hartwig, N.; Hoffman, L. 1984. Cyanazine losses in runoff from no-tillage corn in “living mulch” and dead mulches vs. unmulched conventional tillage. *Journal of Environmental Quality*. 13: 105–110.
45. Hargrove, W. L. 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agronomy Journal*. 79: 281-286.
46. Hartwig, N.; Ammon, H. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science*. 50(6): 688-699.
47. Hayat, R.; Ali, S. 2010. Contribution of water use efficiency of summer legumes for the production of rainfed wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*. 12: 655-660.
48. Heap, I. 2011. The international survey of herbicide resistant weeds. *Weed Science*. 59: 281-301.
49. Hiddink, G. A.; Van Bruggen, A. H. C.; Termorshuizen, A. J.; Raaijmakers, J. M.; Semenov, A. V. 2005. Effect of organic management of soils on suppressiveness to *Gaeumannomyces graminis var. Tritici* and its antagonist, *Pseudomonas fluorescens*. *European Journal of Plant Pathology*. 113: 417-435.
50. 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 (4<sup>th</sup>, 2005, Wagga Wagga, Australia). Proceedings. Wagga Wagga, s.e. pp. 318-320.
51. 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.
52. INE (Instituto Nacional de Estadística, UY). 2010. Anuario estadístico. Montevideo. 430 p.
53. Kinane, J. S.; Lyngkjaer, M. F. 2002. Effect of barley-legume intercrop on disease frequency in an organic farm system. *Plant Protection Science*. 38(1): 227-231.
54. Kumar, V.; Brainard, D. C.; Bellinder, R. R. 2008. Suppression of powell amaranth (*Amaranthus powellii*), shepherds-purse (*Capsella bursa-pastoris*) and corn chamomile (*Anthemis arvensis*) by buckwheat residues: role of nitrogen and fungal pathogens. *Weed Science*. 56: 271-280.

55. Kuo, S.; Sainju, U. M.; Jellum, E. J. 1996. Winter cover cropping on nitrogen mineralization and corn yields. *European Journal of Soil Biology*. 22: 310-317.
56. 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.
57. Li, B.; Shibuya, T.; Yogo, Y.; Hara, T.; Matsuo, K. 2001. Effects of light quantity and quality on growth and reproduction of clonal sedge *Cyperus esculentus*. *Plant Species Biology*. 16: 69-81.
58. Liebl, R.; Simmons, F.; Wax, L.; Stoller, E. 1992. Effect of rye (*Secale cereale*) mulch on weed control and soil moisture in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology Journal*. 6: 838-846.
59. Liebman, M.; Davies, A. S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*. 40: 27-47.
60. McCracken, D. V.; Smith, M. S.; Grove, J. H.; Mackown, C. T.; Blevins, R. L. 1994. Nitrate leaching as influenced by cover cropping and nitrogen source. *Soil Science Society of America Journal*. 58: 1476-1483.
61. Macdonald, A.; Riha, S. J.; Mohler, C. L. 2004. Mining the record; historical evidence for climatic influences on Maize – *Abutilon theophrasti* competition. *Weed Research*. 44(6): 439-445.
62. 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.
63. Magie, C. A.; Pearson, R. W.; Hiltbold, A. E. 1967. Toxicity of decomposing crop residues to cotton germination and seedling growth. *Agronomy Journal*. 59: 197-199.
64. Masoller, H.; Olazarri, G.; Uribe, E. 2008. Biomasa producida por coberturas anuales invernales para optimizar la dinámica del agua en el suelo y el aporte de nitrógeno en dos regiones del litoral uruguayo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 147 p.
65. Medina Cazares, T.; Martínez Saldaña, J.; Vuelvas Cisneros, M. A. 2005. Evaluación de los herbicidas post emergentes *equip* y *option* para el control del complejo de malezas en maíz en aplicaciones tardías en el bajío. In:

Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza (24<sup>o</sup>, 2005, Victoria, Tamaulipas). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 127-139.

66. 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.
67. Murungu, F.; Chiduzo, 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.
68. Musunda, B. Z.; Chiduzo, 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.
69. Muzangwa, L.; Chiduzo, 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.
70. \_\_\_\_\_. 2015. Bicultures of oat (*Avena sativa*) and grazing vetch (*Vicia dasycarpa*) regulate residue decomposition, nitrogen and phosphorus dynamics, and weed suppression in maize. *International Journal of Agriculture and Biology*. 17(3): 475-482.
71. Olasantan, T. O.; Lucus, E. O.; Erumah, H. C. 1994. Effects of intercropping and fertilizer application on weed control and performance of cassava and maize. *Field Crops Research*. 39: 63-69.
72. Olofsdotter, M.; Jensen, L. B.; Curtois, B. 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. *Plant Breeding Journal*. 121: 1-9.
73. Ormeño, O.; Quiroga, A. 2001. Aspectos del manejo de coberturas en relación con la conservación de los suelos y el agua. INTA Aguil. Boletín de Divulgación Técnica no. 72. 32 p.
74. Overland, L. 1966. Role of allelopathic substances in smother crop barley. *American Journal of Botany*. 53: 423-432.
75. Paolini, R.; Campiglia, E. 2004. Produzioni biologiche e strategie agronomiche. *Revista di Agronomiche*. 38: 91-113.
76. Picard, D.; Ghiloufi, M.; Saulas, P.; De Tourdonnet, S. 2010. Does undersowing winter wheat with a cover crop increase competition for resources and is it compatible with high yield? *Field Crops Research*. 115: 9-18.

77. Rajcan, I.; Swanton, C. J. 2001. Understanding maize-weed competition; resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research*. 71(2): 139-150.
78. \_\_\_\_\_.; Chandler, K. J.; Swanton, C. J. 2004. Red-far-red ratio of reflected light; a hypothesis of why early-season weed control is important in corn. *Weed Science*. 52: 774-778.
79. Romero Maldonado, C. E.; Vargas Díaz, D.; Cárdenas, J. 1970. Época crítica de competencia entre las malezas y el cultivo de maíz. In: Seminario de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal (2º., 1970, Bogotá, Colombia). Resúmenes. s.n.t. s.p.
80. Rosecrance, R. C.; McCarty, G. W.; Shelton, D. R.; Teasdale, J. R. 2000. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa*) and rye (*Scale cereal*) cover crop monocultures and bicultures. *Plant and Soil*. 227: 283-290.
81. Ruffo, L.; Bollero, A. 2003. Residue decomposition and prediction of carbon and nitrogen release rates based on biochemical fractions using principal-component regression. *Agronomy Journal*. 95: 1034-1040.
82. Ruttimann, M. 2001. Boden-, herbizid-, und nährstoffverluste durch abschwemmung bei konservierender bodenbearbeitung und mulchsaat von silomais. *Physiogeographika*. 30:1-238.
83. Ryan, M. R.; Mortensen, D. A.; Bastiaans, L. 2009. Elucidating the apparent maize tolerance to weed competition in long-term organically managed systems. *Weed Research*. 50: 25-36.
84. Sá Pereira, E.; Galantini, J. A.; Quiroga, A. R.; Landriscini, M. R. 2014. Efecto de los cultivos de cobertura otoño invernales, sobre el rendimiento y acumulación de nitrógeno en maíz en el sudoeste bonaerense. *Revista de la Asociación Argentina de Ciencia del Suelo*. 32(2): 219-231.
85. Sainju, U. M.; Singh, B.; Whitehead, W. 1998. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. *Agronomy Journal*. 90: 511-518.
86. \_\_\_\_\_.; Whitehead, W. F.; Singh, B. P. 2005. Biculture legume-cereal cover crops for enhanced biomass yield, carbon and nitrogen. *Agronomy Journal*. 97: 1403-1412.
87. Sakala, W.; Candisch, G.; Giller, K. E. 2000. Interactions between residues of maize, pigeonpea and mineral N fertilizers during decomposition and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry Journal*. 32: 679-683.

88. 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.
89. Santos, N. Z.; Dieckow, J.; Bayer, C.; Molin, R.; Favaretto, N.; Pauletti, V.; Piva, J. T. 2010. Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical ferralsol. *Soil Tillage Research*. 111: 208-218.
90. Schomberg, H. H.; Endale, D. M.; Calegari, A.; Peixoto, R.; Miyazawa, M.; Cabrera, M. 2005. Influence of cover crops on potential nitrogen availability to succeeding crops in the southern piedmont soil. *Biology and Fertility of Soils*. 42: 299-307.
91. Scianca, C.; Álvarez, C.; Barraco, M.; Quiroga, A.; Zalba, P. 2006. Verdeos de invierno utilizados como cultivos de cobertura; influencia sobre propiedades edáficas. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (20º., 2006, Salta, Argentina). Actas. Salta, s.e. s. p.
92. Severino, F. J.; Christoffoleti, P. J. 2001. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressao de plantas daninhas. *Planta Daninha*. 19(2): 223-228.
93. Sicker, D.; Hao, H.; Schulz, M. 2004. Benzoxazolin – 2 (3H) – ones generation and detoxification in competition among plants. In: Macias, F. A.; Galindo, J. C. G.; Molinillo, J. M. G.; Cutler, H. G. ed. *Allelopathy; chemistry and mode of action of allelochemicals*. Boca Raton, FL, CRC. pp. 77-102.
94. Smith, M. S.; Frye, W. W.; Varco, J. J. 1987. Legume winter cover crops. In: Stewart, B. A. ed. *Advances in soil science*. New York, Springer-Verlag. cap. 7, pp. 95-139.
95. Stoller, E. W.; Sweet, R. D. 1987. Biology and life cycle of purple and yellow Nutsedge (*Cyperus rotundus* and *Cyperus esculentus*). *Weed Technology*. 1: 66-73.
96. Sweeney, A. E.; Renner, K. A.; Laboski, C.; Davis, A. 2008. Effect of fertilizer nitrogen on weed emergence and growth. *Weed Science*. 56(5): 714-721.
97. Teasdale, J. R.; Beste, C.; Potts, W. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residues. *Weed Science*. 39: 195–199.
98. \_\_\_\_\_. 1993a. Interaction of light, soil moisture, and temperature with weed suppression by hairy vetch residue. *Weed Science*. 41:46 -51.

99. \_\_\_\_\_.; Mohler, C. 1993b. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*. 85: 673–680.
100. \_\_\_\_\_.; Daughtry, C. 1993c. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Science*. 41:207–212.
101. \_\_\_\_\_. 1998. Influence of corn (*Zea mays*) population and row spacing on corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) yield. *Weed Science*. 46: 447-453.
102. \_\_\_\_\_.; Mohler, C. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science*. 48: 385-392.
103. \_\_\_\_\_.; Brandseater, L. O.; Clegari, A.; Skoraneto, F. 2007. Cover crops and weed management. In: Upadhyaya, M. K.; Blackshaw, R. E. eds. *Nonchemical weed management*. Oxfordshire, England, s.e. pp. 49-64.
104. Tokasi, S.; Rashed Mohassel, M. H.; Rezvani Moghaddam, P.; Nassiri Mahallati, M.; Aghajanzadeh S.; Kazerooni Monfared, E. 2008. Orange orchard weeds management using cover crops and rice mulch. *Field Crops Research*. 6: 49-57.
105. Torbert, H. A.; Donald, W.; Reeves, R.; Mulvaney, L. 1996. Winter legume cover crop benefits to corn; rotation vs. fixed-nitrogen effects. *Agronomy Journal*. 88: 527-535.
106. Touchton, J. T.; Rickerl, D. H.; Walker, R. H.; Snipes, C. E. 1984. Winter legumes as nitrogen source for no-tillage cotton. *Soil and Tillage Research*. 4: 391-40.
107. Van Barneveld, R. J. 1999. Physical and chemical contaminants in grains used in livestock feeds. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50: 807-823.
108. Vargas Díaz, D. 1972. Curso de maíz. In: Vargas Díaz, D. ed. *Control de malezas en maíz*. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 154-166.
109. 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.
110. Wall, G. J.; Pringle, E. A.; Sheard, R. W. 1991. Intercropping red clover with silage corn for soil erosion control. *Canadian Journal of Soil Science*. 71(2): 137-145.

111. Weston, L. A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agro ecosystems. *Agronomy Journal*. 88: 860-866.
112. White, R. H.; Worsham, A. D.; Blum, U. 1989. Alleopathic potential of legume debris and aqueous extracts. *Weed Science*. 37: 674-679.
113. Wojcik-Wojtkowiak, D.; Politycka, B.; Schneider, M.; Perkowski, J. 1990. Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Scale cereal*) tissues. *Plant and Soil*. 124: 143-147.
114. Zanine, A. M.; Santos, E. M. 2004. Competicao entre especies de plantas - uma revisao. *Revista de la Facultade de Zootecnia, Veterinaria e Agronomia*. 11(1): 10-30.
115. Zibilske, L. M.; Makus, D. J. 2009. Back oat cover crop management effects on soil temperature and biological properties on a mollisol in Texas, US. *Geoderma*. 149: 379-385.
116. 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.