

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE AVENA (*Avena strigosa*) Y EL ROLADO COMO
MÉTODO DE DESECACIÓN SOBRE EL CONTROL DE MALEZAS Y EL
RENDIMIENTO DE SOJA

por

Natalia Pamela JORAJURÍA NOYA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Milton Alejandro García Latasa

Ing. Agr. Dra. Grisel Mariom Fernández Childs

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba Farinha

Fecha: 17 de diciembre de 2019

Autora:

Natalia Pamela Jorajuría Noya

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a los que estuvieron y creyeron en mí, desde el comienzo, mi familia. Especialmente a mi mamá por la ayuda económica, mi hermana que soporto mis nervios de continuo, he hizo más llevadera la vida en Montevideo. A mi tío Omar que preparó varias encomiendas durante todos estos años aliviando un poco la distancia, a mi tío Miguel y a Rosa que rezó en cada uno de mis exámenes.

A mi tutor Alejandro García por permitirme participar de un proyecto tan importante, dedicarme tiempo en la elaboración y conducción de la tesis. A su asistente de investigación Mauricio Cabrera, por su gran ayuda durante la ejecución de los experimentos. Al investigador Tiago Kaspary. A todo el personal de Malherbología de INIA “La Estanzuela: Evangelina García, Mónica García y Carlos Vázquez que hicieron que el trabajo fuera más ameno.

A Grisel Fernández y Juana Villalba por integrar el tribunal, y su muy buena disposición.

A mis amigas de toda la vida, que siempre estuvieron pendiente y al firme cuando las cosas no salían bien, a las que coseché en facultad, y las que me dejó “La Resi” en los últimos dos años. A mí gran amiga Lucía, su familia y casa Aurora; emprendimos este camino juntas y su amistad hizo la diferencia en el recorrido. A Nelsi que me recuperó físicamente en innumerables oportunidades, en momentos en los que el cansancio me quiso ganar.

A todas las instituciones que me dieron trabajo y/o becas, que me permitieron solventarme, a la Unidad de Enseñanza de la Facultad de Agronomía en especial a Gustavo, Noelia y Andrea que defendieron mi contrato muchas veces.

A la Facultad de Agronomía por permitirme estudiar esta carrera, a la sección Bedelías, a todo el personal de Biblioteca por su excelente disposición en innumerables búsquedas de material en especial a Sully y Laura.

A Dios, la Virgen, San Cupertino, y mi Ángel de la Guarda qué no me dejaron bajar los brazos, pese a todas las dificultades.

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 LOS CULTIVOS COBERTURA EN EL MANEJO DE MALEZAS	 2
2.2 EFECTOS DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL MANEJO DE MALEZAS	 7
2.3 EFECTOS DEL ROLADO COMO MÉTODO DE DESECACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA	 11
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	13
3.1 LOCALIZACIÓN.....	13
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS.....	13
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
3.4 DETERMINACIONES.....	17
3.4.1 <u>Determinaciones durante el ciclo de avena</u>	17
3.4.2 <u>Determinaciones durante el ciclo de soja</u>	18
3.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	19
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	20
4.1 DETERMINACIONES DURANTE EL CICLO DE AVENA.....	21
4.1.1 <u>Población de avena promedio para los tres sitios experimentales</u>	21
4.1.2 <u>Evolución temporal de NDVI para cada experimento</u>	22
4.1.3 <u>Densidad de malezas en subparcelas sin aplicación de herbicida al macollaje de avena</u>	 26
4.1.4 <u>Biomasa de malezas en subparcelas sin aplicación otoñal</u>	29
4.1.5 <u>Relación entre población de avena y biomasa de malezas</u>	31
4.1.6 <u>Biomasa aérea de avena, raigrás anual y conyza según la densidad de avena y tipo de siembra en subparcelas sin aplicación otoñal</u>	 33

4.2 DETERMINACIONES DURANTE EL CICLO DE SOJA	34
4.2.1 <u>Población de soja promedio para los tres sitios</u>	34
4.2.2 <u>Densidad de malezas posterior a la siembra de soja</u>	35
4.2.3 <u>Densidad de Echinocloa spp en la etapa inicial del cultivo de soja</u>	37
4.2.4 <u>Rendimiento de soja</u>	39
5. <u>CONCLUSIONES</u>	40
6. <u>RESUMEN</u>	41
7. <u>SUMMARY</u>	43
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	44

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos	13
2. Análisis de nitrógeno en planta y fertilización	14
3. Descripción de los tratamientos químicos y momento de aplicación	15
4. Momentos de desecación mecánica mediante rolado	15
5. Momentos y condiciones ambientales durante las aplicaciones	16
6. Características de las variedades sembradas	16
7. Secuencia de mediciones experimentales.....	18
8. NDVI promedio por tratamiento y sitio experimental	25
9. Biomasa aérea de malezas promedio	31
10. Biomasa aérea de avena, raigrás anual y conyza	34
Figura No.	
1. Esquema del diseño experimental.....	17
2. Condiciones climáticas durante el período experimental.....	20
3. Población de avena	22
4. Evolución del NDVI promedio “Las Delicias”	23
5. Evolución del NDVI promedio “Ruta 12”	24
6. Evolución del NDVI en “Ecilda”	24
7. Densidad promedio de malezas según densidad “Las Delicias”	27
8. Densidad promedio de malezas en “Ruta 12”	28
9. Densidad promedio de malezas en “Ecilda”	29
10. Biomasa de malezas	30
11. Biomasa de malezas y población de avena.....	32
12. Población de soja	35
13. Densidad de malezas en etapas iniciales del cultivo de soja	37
	VI

14. Densidad de <i>Echinochloa</i> spp posterior a la siembra de soja.....	38
15. Rendimiento promedio de soja	39

1. INTRODUCCIÓN

La intensificación de la agricultura generó cambios en el sistema productivo de Uruguay. El más trascendente fue el abandono del modelo mixto de producción agrícola ganadero, pasando a la agricultura continua, con predominio del cultivo de soja (*Glycine max*) y la consecuente incorporación de cultivares resistentes a glifosato. El uso frecuente de éste herbicida, la simplificación de manejos, dosis estandarizadas y escaso uso de alternativas, operó a favor de la selección de biotipos resistentes (Fernández et al., 2013).

El manejo de poblaciones resistentes ha ocasionado un incremento en el uso de herbicidas, y consecuentemente un aumento de los costos de producción, y preocupación por la sostenibilidad de los sistemas productivos, cuestionando incluso el futuro del herbicida glifosato y de la actividad agrícola en algunas áreas.

Dos de las principales especies de malezas reportadas como problemáticas en Uruguay son el raigrás (*Lolium multiflorum*) y conyza (*Conyza* spp.). Son muy competitivas, de gran dispersión, y muy adaptadas a los sistemas de producción agrícolas. Además, han sido seleccionadas por resistencia a diferentes mecanismos de acción de herbicidas, incrementando la necesidad de adoptar estrategias integradas de manejo.¹ Dentro del manejo integrado de malezas, los cultivos de cobertura (CC), y el rolado como método de desecación, son alternativas promisorias para el manejo de malezas, que apuntan a reducir el uso de herbicidas y contribuyen al desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles. La supresión de malezas, por estos cultivos puede ocurrir durante el ciclo del desarrollo vegetativo, y también después de su desecación. El rolo, por otra parte, es un implemento mecánico, con forma de rodillo que dispone de una serie de cuchillas sin filo, que dañan el material vegetal sin cortarlo, permitiendo su desecación, sin necesidad de usar control químico.

La utilización de CC de forma adecuada, desecados mediante rolado, podrían contribuir de forma importante a mitigar el problema de malezas (incluyendo biotipos resistentes), y reducir el uso de herbicidas. En este contexto los objetivos de este trabajo fueron los de evaluar: i) el control de malezas en función de diferentes densidades de siembra de avena negra (*Avena strigosa*), y ii) la utilización del rolado como método de desecación del cultivo de avena, y su efecto sobre el enmalezamiento, implantación y rendimiento del cultivo de soja posterior.

¹ García, A. 2019. Manejo de malezas resistentes en Uruguay. In: Jornada Manejo de Malezas (sin publicar).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EFECTOS DE LOS CULTIVOS COBERTURA EN EL MANEJO DE MALEZAS

Un cultivo de cobertura (CC) proporciona una cobertura vegetativa durante los períodos en los que no está presente un cultivo, para amortiguar la fuerza de las gotas de lluvia caídas, que de lo contrario separarían las partículas del suelo y aumentarían la erosión. También disminuye la velocidad de la escorrentía, mejorando así la humedad y la infiltración (García Prechac 1992, Hartwig y Ammon 2002). Además, ayudan a controlar malezas, previniendo o retardando su emergencia, que de otro modo podrían convertirse en un problema en cultivos sin laboreo (Hartwig 1977, 1989).

Las contribuciones específicas de los CC incluyen, control de la erosión, reducción de la escorrentía superficial, mejoras en la infiltración del agua y retención de agua por el perfil del suelo (Putnam y Defrank 1983, García Prechac 1992, Teasdale 1996), además pueden incrementar los nutrientes y controlar malezas (Teasdale 1996, Siri y Ernst 2011).

Los CC pueden reducir los costos de manejo de malezas, si reducen o previenen la producción de semillas de malezas durante el CC y sí suprimen la aparición y el crecimiento de malezas durante los cultivos comerciales posteriores (Brennan y Smith, 2005).

El objetivo principal de utilizar CC para el control de malezas es reemplazar una población de malezas inmanejable por un cultivo manejable, ajustando la fenología del cultivo de cobertura, para anticiparse al nicho ocupado por las poblaciones de malezas (Teasdale, 1996).

Teasdale et al. (1991), Williams et al. (1998), afirman que los CC pueden influir en los niveles de poblaciones de malezas, la tasa de crecimiento de éstas y la composición de especies; considerando un manejo integrado con herbicidas. Teniendo como objetivo reducir su utilización, y no su eliminación (Teasdale, 1996).

La supresión de malas hierbas por CC puede complementar la efectividad de los programas de herbicidas de tasa reducida (Burgos y Talbert 1996, Williams et al. 1998). El control de malezas y el rendimiento de los cultivos mejoraron y fueron más consistentes cuando los CC se complementaron con herbicidas en varios sistemas de labranza reducida (Teasdale y Daughtry, 1993b).

Teasdale (1996), Osipitian et al. (2008), sostienen que los CC anuales invernales, permitirían la eliminación temprana de malezas debido a la supresión que ejercen los residuos en superficie; pero no el control de malezas de temporada completa. Lo cual, permitiría reemplazar, los herbicidas de preemergencia por los de postemergencia, este enfoque contribuiría, a él desarrollo de una agricultura sostenible (Teasdale, 1996).

Los residuos de los CC influyen en muchos factores que controlan la germinación y el establecimiento de malezas (Teasdale, 1996). Modifican el microclima edáfico, influenciando la actividad biológica del suelo (Ormeño et al., 2001). Pueden alterar las condiciones físicas, en el micrositio de germinación de las semillas lo suficiente, como para reducir, retrasar o incluso aumentar la aparición de malezas (Teasdale y Mohler, 1993a).

Factores tales como, la humedad del suelo, fluctuaciones de temperatura del suelo, así como la cantidad y calidad de luz que atraviesa el canopeo, son influenciados por los residuos de CC (Putnam y Defrank 1983, García Prechac 1992, Teasdale y Mohler 1993a). Otro mecanismo de interferencia es la liberación de sustancias químicas al medio, aleloquímicos (Putnam y Defrank 1983, Araújo y Rodrigues 2000, Mauli et al. 2011, Martins et al. 2016). La alelopatía es uno de los efectos promovidos por la descomposición de la materia seca de los CC, este va a depender del tipo de residuos de plantas, que permanece en el suelo y de las malezas que crecen en esa área (Mauli et al., 2011). Estos, factores pueden inhibir la germinación, afectando la emergencia y crecimiento de malezas (Putnam y Defrank 1983, Teasdale y Mohler 1993a).

Una capa gruesa de rastrojo en superficie, no solo inhibiría la emergencia al reducir la luz a un nivel por debajo del punto de compensación, sino que también provee una barrera física (Teasdale y Mohler 1993a, Theisen et al. 2000, Martins et al. 2016), que debe ser superada antes de agotar las reservas energéticas de la semilla (Teasdale y Mohler, 1993a).

La biomasa de los CC es el factor dominante en la influencia de las condiciones supresivas, mientras que la especie tiene menos importancia (Teasdale y Mohler 1993a, Osipitian et al. 2018). En cambio, Bárberi y Mazzoncini (2001) no encontraron interacciones significativas entre el sistema de manejo, el tipo y biomasa de los CC, densidad y cobertura de malezas. Esto coincide con lo que observaron, Dávila y Elduayen (2015), para las condiciones de Uruguay donde las coberturas que presentaron mayor control, fueron las de menor producción de MS.

Una consecuencia de la mayor biomasa, es que se logra incrementar la cobertura del suelo, lo cual puede afectar negativamente la germinación de las semillas e impedir

físicamente la emergencia de las plántulas. No se producirá reducción en la densidad de malezas, hasta que la cobertura del suelo por residuos alcance el 42% y se requiere una cobertura del 97% para reducir la densidad de malezas en un 75% (Teasdale et al., 1991).

Mezclas de cereales y leguminosas utilizadas como cultivo de cobertura, no sólo suprime a las malezas, sino que también cambia la composición de la comunidad. El efecto supresivo, es mayor que un monocultivo de leguminosa, pero inferior o igual a un monocultivo de cereal (Mohler y Liebman, 1987).

Teasdale et al. (1991), encontraron una correlación significativa entre la biomasa de los CC vicia (*Vicia villosa*) y centeno (*Secale cereale*) y la reducción de la densidad de malezas. Experimentos realizados por Cazorla y Baigorria (2010), evidenciaron una disminución del 80 % de la población de malezas, por efecto de los residuos de centeno y vicia. Teasdale y Mohler (1993a), mostraron que vicia, y el residuo de centeno, tenían coeficientes de extinción de la luz muy similares, a pesar de las diferencias en sus canopeo.

Teasdale (1996), Williams et al. (1998), afirman que los rastrojos de los cultivos coberturas (CC) suprimen selectivamente la aparición de algunas especies de malezas más que otras.

Williams et al. (1998), encontraron que los residuos de centeno y trigo redujeron la emergencia de *Amaranthus* spp y *Setaria* spp (37% al 97%), registrándose niveles de biomasa muy bajos, en promedio 130 kg/ha⁻¹, hasta 3-5 semanas después de la siembra de soja. Theisen et al. (2000), demostraron que la población de brachiaria (*Brachiaria plantaginea*), se redujo de forma exponencial con el incremento de residuos de avena negra sobre el suelo. Cuando brachiaria no fue controlada químicamente, mayores niveles de cobertura vegetativa sobre el suelo aumentaron el rendimiento en grano de soja.

Para las condiciones de Uruguay Dávila y Elduayen (2015) evaluaron, distintos CC, arveja (*Pisum sativum*) trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), raigrás, triticales (*Triticosecale* X) y avena (*Avena sativa*). Las gramíneas se comportaron mejor que las leguminosas en cuanto al control de malezas. Dentro de las gramíneas, triticales aún con bajos niveles de producción de biomasa determinó poblaciones con muy bajos porcentajes de individuos reproductivos al momento de la desecación señalando la posible presencia de otros efectos complementarios a la cobertura como podrían ser alelopáticos. Dentro de las leguminosas, el trébol alejandrino es el que menos control ejerce sobre la variable densidad de malezas. Por otra parte, la densidad de *Echinochloa colona* posterior a la desecación, en el barbecho y en los inicios del ciclo del cultivo de verano siguiente, maíz (*Zea mays*), fue reducida hasta en un 80% en el caso de la cobertura de mayor biomasa. Ferber (2016), evaluó los mismos CC un año después, documentando reducciones de 50

% en la densidad de *Bowlesia incana* y *Parietaria debilis* en el caso de avena y triticales, y las leguminosas mostraron nuevamente ser deficientes.

Las especies de CC más utilizadas en Uruguay son gramíneas anuales, avena negra y raigrás. Reconocidas por su precocidad o por poseer altas tasas de crecimiento durante el invierno (Sawchik et al., 2015)

La avena negra, es una gramínea de ciclo invernal, ampliamente utilizada, de crecimiento rápido y gran producción de biomasa. Presenta, además muy buen control de malezas, incluso en rotaciones continuas de cereales (Flower et al., 2012). La avena negra es un CC que ejerce una supresión fuerte sobre malezas, independientemente de su biomasa y mostró indicaciones de alelopatía en condiciones a campo y en macetas (Gfeller et al., 2018).

Brust y Gerhards (2012), mostraron que avena negra utilizada como CC, tiene un alto potencial de supresión de malezas y trigo (*Triticum aestivum*) “guacho” en otoño. Documentaron una reducción del 98 % de la materia seca, y una disminución de la materia seca (MS) de raíces de malezas y trigo “guacho” de 55 % a 97 %, en comparación con un tratamiento control (ausencia de CC). Atribuyen la buena capacidad supresora, por parte de esta especie, al desarrollo radicular que alcanza el cual podría competir exitosamente por nutrientes y agua.

Los CC incrementan los residuos en superficie, la velocidad de descomposición y los productos finales, dependen fundamentalmente de la relación carbono nitrógeno (C/N) y el tipo de hidratos de carbono que presentan en su constitución (Ormeño, 2001). La cantidad de nitrógeno (N), necesaria para descomponer volúmenes importantes de rastrojo es limitante, por lo tanto, se produce una inmovilización parcial del N, quedando disponible para el cultivo a fines del barbecho (Ormeño 2001, Cazorla y Baigorria 2010).

Los residuos (hojas, tallos y hojas) de leguminosas, contienen más N que los de gramíneas. La descomposición de estos, libera parte de este N para su uso en cultivos sucesivos. El factor determinante en la contribución total de N de un CC, es la cantidad de materia seca producida por este (Hartwig y Ammon, 2002). Debido a la elevada relación C/N en gramíneas, la desecación de la cobertura vegetal debe realizarse anticipadamente, de forma tal que el período de máxima concentración de N por los residuos, no coincida con la demanda inicial requerida para desarrollo del cultivo de verano (Balbinot et al., 2007).

Flower et al. (2012), mostraron que la mineralización de N en el suelo después de avena negra utilizada como CC, es similar a la de trigo y cebada (*Hordeum vulgare*).

Por lo tanto, los cultivos comerciales que crecen después de los CC de avena negra requerirían niveles similares de N, a los que se cultivan después de los cereales cosechados.

El efecto residual de las coberturas en el enmalezamiento, quedaría operando por períodos de hasta 21 días (Bárberi y Mazzoncini, 2001). Años más tarde, Osipitian et al. (2018), demostraron que los CC tuvieron un mayor porcentaje de control de malezas, hasta 7 semanas posterior a la siembra del cultivo principal, sin heterogeneidad entre los estudios.

Los CC pueden afectar la performance del cultivo de renta posterior, Hartwig y Ammon (2002), documentaron que el rendimiento de maíz, sembrado sobre CC de leguminosas, fue suficientemente mayor que aquellos sembrados sobre rastrojo de maíz durante 5 años, por lo que pagaron más que los costos de siembra de los CC. Cazorla y Baigorria (2010), afirmaron que el rendimiento de maíz, se ve incrementado cuando se utiliza vicia como CC, debido a un incremento en el N, producto de la descomposición de los residuos. Williams et al. (2000), registraron rendimientos en soja en promedio 54 % superiores, sobre residuos de centeno, trigo y vicia con respecto a una situación sin CC. Atribuyen esta diferencia, a la supresión temprana de malezas que realizaron los CC, reduciendo la competitividad, aumentando los recursos físicos para el crecimiento temprano de soja.

La utilización de CC, previo a la siembra de soja, beneficia a la velocidad de emergencia de ésta, y contribuye a que las plantas sean más vigorosas. Recomendán la siembra de soja, 10 días después de la desecación del CC, ya que observaron que si la siembra es inmediatamente después de la desecación, hay interferencia en la velocidad de emergencia, altura de las plantas y productividad (Piccolo de Lima et al., 2008b).

Un factor de alta importancia es el largo del barbecho requerido para la siembra del cultivo de verano siguiente determinando cuánto tiempo antes se debe interrumpir el crecimiento de la cobertura. Piccolo de Lima et al. (2008a), afirman que el intervalo entre la desecación de los CC y la siembra de soja (IDS), interfiere en la población de malezas en el cultivo de soja. IDS de 10 a 20 días en avena negra, tienen mayor eficiencia de control. De acuerdo con esto, Pereira et al. (2011), reportan que la avena negra reduce la densidad de malezas y su biomasa, siendo este efecto más acentuado, cuando se realiza un IDS de por lo menos 15 días, para la siembra de soja.

Kornecki et al. (2004), documentaron que la mayoría de los servicios de extensión agrícola, recomiendan terminar el CC por lo menos dos semanas previo a la siembra del cultivo comercial, de forma tal de evitar que este consuma el agua acumulada

en el perfil. Para las condiciones de Uruguay Siri y Ernst (2011), recomiendan iniciar el control de los CC entre 30 y 40 días previos a la siembra del cultivo de verano, de modo de evitar la reducción en la disponibilidad hídrica del suelo. Relacionado a esto, García Préchac (1992), afirma que la presencia de un 30 % de cobertura del suelo puede lograr disminuir la erosión y generar algún efecto de mayor disponibilidad de agua para cultivos de verano; por lo tanto, cuanto mayor sea la cantidad de residuos y cuanto más acostados se encuentren, los efectos serán mayores.

2.2 EFECTOS DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL MANEJO DE MALEZAS

Los procedimientos culturales de control de malezas implican la manipulación de las condiciones de cultivo para reducir la densidad y competitividad de las malezas. Incluyen rotación de cultivos, labranza, desmalezado mecánico, manejo de residuos para la supresión, elección de cultivares competitivos, modificaciones en densidad y disposición de las plantas de cultivo (Mohler et al. 2001, Molher 2013).

Las características ecológicas de malezas y cultivos proporcionan una base teórica para la ciencia del control cultural. Muchas malezas anuales crecen más rápidamente que los cultivos en regímenes de altos recursos. Sin embargo, las altas demandas de recursos necesarias para apoyar el rápido crecimiento dan como resultado una sensibilidad extrema de las malezas jóvenes a la competencia (Molher, 2013).

La competitividad de los cultivos se puede medir de dos formas: como supresión de malezas; o como la capacidad del cultivo para tolerar la presencia de malezas y mantener el rendimiento de grano (Lemerle et al. 1996, Lemerle et al. 2004).

Existe evidencia considerable para apoyar la hipótesis de que la competencia por los recursos es el mecanismo principal en las interacciones entre cultivos y malezas (Weiner y Galland, 2015). La competencia ocurre entre individuos, pueden ser de la misma especie (competencia intraespecífica) o de especies diferentes (competencia interespecífica, Weiner y Galland 2015, Rehmani 2016).

La competencia es el resultado de la absorción de recursos limitados. Al aumentar la tasa de siembra de cultivos y, en consecuencia, la densidad de las plantas del cultivo, la población de cultivos en su conjunto tendrá acceso a una cantidad cada vez mayor de los recursos disponibles, aunque esto puede significar que las plantas individuales sean más pequeñas (Weiner et al., 2001).

Un aspecto importante de la competencia es el principio de exclusión competitiva; este dice que dos especies con nichos idénticos no pueden coexistir indefinidamente; una especie eventualmente superará a la otra (Rehmani, 2016).

El aumento de la densidad del cultivo sin disminuir la distancia entre hileras da como resultado una distribución más abarrotada de plantas dentro de la hilera. Esto aumenta la competencia intraespecífica entre las plantas de cultivo e incrementa la presión competitiva de las plantas de cultivo entre surcos, desfavoreciendo a las malezas (Mohler et al. 2001, Weiner 2001, Olsen et al. 2005).

En general, el aumento de la densidad de cultivos de cereales puede reducir las malezas a través de dos formas:

i) Según Mohler et al. (2001), a través de un efecto proporcional. Este mecanismo ocurre siempre cuando hay malezas, pero su potencial supresivo es limitado. Si aumenta la densidad del cultivo, la población de este es una fracción mayor de la comunidad total de cultivos más malezas, por lo que también será una fracción mayor de la biomasa total. Una mayor densidad de siembra, le da al cultivo una ventaja relativa en relación con las malezas. En consecuencia, cuando el cultivo y las malezas crecen en contacto competitivo se produce una mayor ocupación proporcional de la superficie del suelo por el canopeo y por las raíces del cultivo. Molher (2013), afirma que el tamaño de semilla de la mayoría de los cultivos es mayor con respecto al de las malezas anuales, esto les proporciona una ventaja de tamaño inicial sobre estas, lo cual les permite explotar esa ventaja relativa.

ii) Según Schwinning y Weiner (1998), Weiner et al. (2001) a través de un fenómeno llamado competencia asimétrica por tamaño. Cuando las plantas compiten, los individuos más grandes a menudo obtienen una parte desproporcionada de los recursos en disputa y suprimen el crecimiento de sus vecinos más pequeños. Para generar una competencia de recursos asimétrica por tamaño, un recurso debe ser “preferible”. Debido a su direccionalidad, la luz es el principal, pero quizás no el único (Weiner et al., 2001). La competencia por la luz es una interacción "unilateral" en la cual las hojas más altas sombrean las hojas más bajas, pero no al revés (Schwinning y Weiner, 1998). Sin embargo, las plantas han logrado desarrollar mecanismos y plasticidad morfológica para evitar ser reprimidas por sus “vecinos” (Ballare, 2009).

La competencia asimétrica por tamaño sugiere que se puede esperar que el aumento de la densidad del cultivo y la uniformidad espacial tengan grandes efectos sobre el crecimiento de las malezas cuando i) el cultivo tiene una ventaja de tamaño inicial importante sobre las malezas cuando comienza la competencia, y ii) cuando la competencia por luz es lo suficientemente importante como para estructurar interacciones

competitivas. El primero de estos criterios implica que, en los casos en que las malezas emergen mucho antes que el cultivo y/o tienen un tamaño inicial igual o mayor (por ejemplo, las malas hierbas que emergen de rizomas o raíces, o cultivos con semillas muy pequeñas), la supresión de malezas a través de una mayor densidad de cultivos y la uniformidad espacial probablemente no tendrá éxito. El segundo criterio sugiere que cuando la competencia subterránea domina las interacciones entre cultivos y malezas (por ejemplo, en la agricultura de secano o con niveles muy bajos de nutrientes), se esperaría que la competencia sea más simétrica reduciendo así el potencial de supresión de malezas por cultivos (Schwinning y Weiner, 1998).

Weiner et al. (2001), sostienen que el potencial de muchos cultivos para suprimir las malezas es mucho mayor de lo que generalmente se aprecia, y que ese potencial se puede alcanzar si la densidad de cultivo aumenta significativamente, y el cultivo se distribuye regularmente (de manera uniforme) en un espacio bidimensional en lugar de ser sembrado en hileras tradicionales. Weiner y Galland (2015), coinciden con la segunda aseveración, afirman que se puede lograr una mayor explotación del fenómeno de competencia asimétrica por tamaño, sembrando en dos dimensiones, disposición que minimiza los efectos intraespecíficos y maximiza los efectos interespecíficos, incrementando la densidad de siembra en un patrón de cuadrícula en lugar de hileras.

Mohler et al. (2001), revisaron 91 estudios publicados de los efectos de la densidad de cultivos sobre las malezas (generalmente biomasa) y el rendimiento, solo seis no lograron suprimir a las malezas al aumentar la densidad de cultivos.

Weiner et al. (2001), evaluaron tres densidades de *Triticum aestivum* (200, 400 y 600 pl/m⁻²) y dos patrones espaciales (filas normales y un patrón de cuadrícula uniforme) en presencia de alta presión de malezas. Pudieron observar efectos fuertes y significativos de la densidad del cultivo y la distribución espacial en el crecimiento de malezas. La biomasa de malezas disminuyó con la densidad del cultivo y fue 30% menor en el patrón de cuadrícula. El tratamiento con alta densidad de cultivo y el patrón de siembra en cuadrícula contenía un 60% menos de biomasa de malezas y produjo un rendimiento 60% mayor que el tratamiento más cercano a las prácticas de siembra normales (cultivos sembrados en hileras a 400 pl/m⁻²).

Auškalnienė et al. (2010), estudiaron el efecto supresivo en malezas de tres densidades de siembra (200, 400 o 600 pl/m⁻²) de cultivares de cebada que diferían en altura. El análisis de regresión mostró que, la biomasa de malezas disminuyó, con densidades de cultivo creciente. La altura de las plantas de cebada fue un indicador relevante para definir la capacidad competitiva contra las malezas. En relación a esto, Lemerle et al. (1996) manifiestan que es posible que la característica que conduce la

capacidad de tolerar la competencia difiera de la que confiere la capacidad de suprimir las malezas.

Brennan y Smith (2003), duplicaron la densidad de siembra de avena y centeno, y registraron aumentos en la intercepción de la luz en aproximadamente un 42% para avena y 84% para el centeno a principios de temporada. El efecto de las diferentes densidades de siembra se tradujo en el desarrollo diferencial de los canopeos, lo cual impacto en la biomasa de malezas y lo que es más importante, en la producción de semillas de malezas bajo el cultivo de cobertura.

Brennan y Smith (2005), evaluaron una cobertura de *Avena sativa*, una mezcla de leguminosas y una mezcla de leguminosas y avena. Las tasas de siembra objetivo fueron 90 kg/ha⁻¹ de avena y 22 kg/ha⁻¹ de leguminosas. La capacidad supresora de los CC se vio influenciada por el desarrollo del canopeo a principio de temporada y se correlacionó altamente con la densidad de plantas.

Lemerle et al. (1996), determinaron que aumentando al doble la densidad de siembra de trigo la MS producida por el raigrás disminuye en un 25%. Los cultivares fuertemente competitivos generalmente presentaron acumulación temprana de biomasa, gran número de macollos, mayor altura y mayor extensión foliar que los menos competitivos. Otras características como vigor inicial, diferencias en el crecimiento radicular y producción de aleloquímicos son posibles explicaciones de la habilidad competitiva del cultivo frente a las malezas (Lemerle et al., 1996). Años más tarde, los mismos autores evaluaron cinco densidades de siembra en trigo (entre 50 y 400 pl/m²) en presencia de *Lolium rigidum*. Se requirieron densidades de al menos 200 pl/m², para poder suprimir la biomasa de raigrás (Lemerle et al., 2004).

Brennan et al. (2009), compararon tres densidades de siembra (112, 224 y 336 kg/ha⁻¹), dos arreglos de plantación (unidireccional versus patrón de cuadrícula), en una mezcla compuesta por leguminosas (90%) y *Avena sativa* (10 %). La densidad de malezas disminuyó linealmente al incrementar la tasa de siembra, entre 40 y 100 días posterior a la siembra.

La tasa de siembra se ha estudiado ampliamente en cultivos comerciales para maximizar el rendimiento y la calidad de grano. En cambio, para cultivos de coberturas existen pocos estudios, que evidencien el efecto supresivo en malezas provocado por variantes en la densidad de siembra.

2.3 EFECTOS DEL ROLADO COMO MÉTODO DE DESECACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA

El control, desecación o manejo eficiente de los CC antes de la siguiente siembra es crítico para lograr un manejo eficiente de la rotación. Este puede ser realizado a través de control químico o mecánico. El control químico mediante uso de herbicidas ha sido el más ampliamente utilizado en los sistemas agrícolas desde la adopción masiva de la siembra directa. Dentro del control mecánico, una opción es la utilización del rolado.

El rolado consiste en la utilización de una herramienta con forma de tambor aplanador que contiene hojas sin filo que lastiman el material vegetal cada 20 cm aproximadamente, promoviendo la muerte de las plantas de ciclo anual, si es realizado en el momento correcto (Ashford y Reeves, 2003).

Con el objetivo de asegurar una mejor cobertura del suelo, la eliminación de rebrotes de la cobertura muerta y un adecuado acamamiento, la combinación entre manejos químico y mecánico son también una alternativa promisoría (Araújo y Rodrigues, 2000).

La terminación de los CC mediante la aplicación de herbicidas es rápida, efectiva y económica. Sin embargo, para CC como el centeno, que son de porte muy alto la eficiencia en la aplicación puede verse disminuida, así como la siembra del cultivo comercial, ya que los residuos del CC pueden obstruir el tren de siembra (Kornecki y Price, 2010b). Los residuos de los CC rolados quedan de forma plana paralela al suelo, lo cual permite sembrar los cultivos de verano en la misma dirección sin ninguna dificultad en la operación (Kornecki et al. 2005, Kornecki y Price, 2010b).

Araújo y Rodrigues (2000), establecieron que para el manejo de la cobertura de avena negra se utilizan métodos químicos, mecánico o la combinación entre ellos. Los implementos mecánicos, utilizados con más frecuencia en Paraná (Brasil), son el rollo-cuchillo, el triturador de restos de cultivos, rodadora, y rejilla de discos.

Los rolos son una alternativa valiosa para terminar los CC, o complementar el manejo junto a herbicidas. Sin embargo, hay ciertos aspectos que aún se deben estudiar y mejorar para que el uso de esta herramienta sea más atractivo. Los primeros prototipos (con cuchillas rectas), por ejemplo, causaban una vibración excesiva. Esta vibración disminuye a medida que se reduce la velocidad de la operación, pero esto atenta contra el uso eficiente del tiempo durante la desecación (Kornecki et al. 2005, Kornecki y Price 2010b). Kornecki et al. (2005), evaluaron diferentes diseños de rolos en centeno. Los diseños incluían: rolo con cuchillas rectas largas, rolo con cuchillas de engarce elípticas

curvas y unidas, rolo liso con un brazo de engarce oscilante. Las velocidades de operación fueron: 1,7, 5, y 8,5 km/h. Los niveles más bajos de vibración se registraron para el rolo de cuchillas curvas, seguido por el de cuchillas rectas. Años más tarde (Kornecki y Price, 2010b), compararon dos diseños diferentes de rolos durante dos años, a dos velocidades 3,2 y 6,4 km/h, aplicados en centeno. Un rolo con cuchillas, dispuestas de forma paralela con sistema de engarce recta y largas; otro liso con barra de engarce oscilante. En ambas temporadas el rodillo liso transfirió niveles de vibración más bajos al bastidor del tractor, encontrándose por debajo del “límite muy incómodo” determinado por ISO (1977) y era la mitad de la vibración generada por el rodillo de barra recta. Ambas velocidades no tuvieron diferencias en la tasa de terminación de centeno.

Kornecki et al. (2010a), sostienen que para mejorar la terminación de los CC se requiere de una aplicación complementaria de herbicidas, o en casos de qué se quiera prescindir del control químico se requiere pasar el implemento mecánico dos o tres veces. En su trabajo, reportaron terminación de centeno de 90 % dos semanas posteriores al rolado. Pasar el implemento dos o tres veces no causó compactación adicional del suelo y además el residuo que quedó en superficie, conservó más la humedad del suelo, comparado con un tratamiento CC en pie.

Martins et al. (2016), estudiaron cinco coberturas invernales (*Lupinus albus*, *Lathyrus sativos*, *Avena strigosa*, *Raphanus sativus*), desecadas mediante rolado. De todas, avena negra, fue la que proporcionó menor densidad de malezas en el cultivo de maíz posterior, sin la necesidad de utilizar control químico.

La desecación mecánica de la cobertura de avena negra es eficiente sólo cuando se realiza en el estadio de desarrollo correcto, este debe ser en grano lechoso, cuando la producción de biomasa es máxima y el rebrote es reducido. Manejos anticipados provocan brotaciones intensas, y posteriores la formación de semillas viables (Araújo y Rodrigues, 2000).

Campanhola y Foletto (2000), compararon diferentes métodos mecánicos de desecación en avena negra. Residuos cortados con picadora y distribuidos, residuos rozados, residuos rejilla, residuos rolados. La emergencia de plántulas de soja no fue afectada por los diferentes manejos aplicados en la avena negra.

Baigorria et al. (2012), investigaron el control mecánico en triticale mediante rolado. Documentaron efectos positivos en el control de malezas anuales, gramíneas y latifoliadas, sobre todo en *Conyza bonariensis*. Además, redujeron en un 75% las aplicaciones realizadas y un 62% en la cantidad de producto aplicado, utilizando este método de desecación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

Se realizó un experimento, repetido en tres sitios, en los departamentos de Soriano, San José y Colonia. La etapa experimental comenzó en mayo de 2018 con la siembra del CC y finalizó en mayo de 2019 con la cosecha de soja.

El experimento 1 (“Las Delicias”) se sembró, el 16 de mayo en un suelo Vertisol rúptico perteneciente al grupo CONEAT 10.12, Unidad La Carolina (MGAP. DGRNR. CONEAT 1994, MGAP. RENARE 2016).

El experimento 2 (“Ruta 12”) se sembró, el 20 de junio en un suelo con las mismas características edáficas que “Las Delicias”, pero con diferente historia de uso.

El experimento 3 (“Ecilda”) se sembró, el 14 de junio en un suelo Brunosol subéutrico perteneciente al grupo CONEAT 10.6 b, Unidad Toledo (MGAP. DGRNR. CONEAT 1994, MGAP. RENARE 2016).

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS

El cultivo antecesor para las tres situaciones fue soja, se le aplicó 3,5 L/ha de glufosinato de amonio al rastrojo el día de la siembra. El cultivo de cobertura avena negra, cultivar “La Morocha”, se sembró con sembradora experimental Wintersteiger de 6 surcos a 17 cm de distancia entre ellos. Los tratamientos principales consistieron en cinco densidades de siembra (6.25, 12.5, 25, 50, 100 kg/ha⁻¹), de las cuales, la de 50 kg/ha⁻¹ fue considerada la óptima según recomendación técnica, y fue sembrada en línea y al voleo. Además, se incluyó un testigo sin cobertura (cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos y población lograda según densidad de siembra

	Tratamiento	kg/ha ⁻¹	Población lograda (No. pl/m ²)
1	Avena en línea 1/8 de densidad óptima	6.25	30
2	Avena en línea 1/4 de densidad óptima	12.5	83
3	Avena en línea 1/2 de densidad óptima	25	61
4	Avena en línea densidad óptima	50	103
5	Avena en línea 2 x de densidad óptima	100	170
6	Testigo sin cobertura	0	0
7	Avena al voleo densidad óptima	50	312

A inicio de macollaje se realizó un muestreo de nitrógeno en planta, el resultado se utilizó para fertilizar cada experimento en base al modelo propuesto por Baethgen, citado por Hoffman et al. (2010). En el cuadro No. 2, se observa el resultado y los kg de fertilizante agregados en cada sitio.

Cuadro No. 2. Análisis de nitrógeno en planta y fertilización

	Porcentaje de nitrógeno en planta	Fertilizante (kg/ha ⁻¹ UREA)
"Las Delicias"	2,29	114
"Ruta 12"	3,41	88
"Ecilda"	1,99	140

Cada tratamiento (parcela principal) se subdividió en dos manejos (subparcela), con y sin aplicación de herbicidas (i.e. control de malezas de hoja ancha). La aplicación de 2,4-D + picloram + metsulfuron fue realizada en período de macollaje de avena, a la totalidad de los tratamientos en la subparcela correspondiente (con herbicida). En el cuadro No. 3, se detallan los tratamientos herbicidas utilizados, y en el cuadro No. 5, las condiciones ambientales durante los momentos de aplicación, respectivamente.

Para la terminación del CC cada subparcela (con o sin aplicación de herbicidas para el control de malezas en otoño) se subdividió a su vez en sub-subparcelas. En las sub-subparcela el CC fue desecado con una aplicación de herbicida (glifosato + clethodim) o por medio del rolado, el tratamiento 6 Testigo sin cobertura además de glifosato + clethodim, se le incorporó la mezcla halauxifen methyl + fluroxipir meptil. Cada sub-subparcela por lo tanto es una combinación factorial del tratamiento (parcela) principal (densidad de siembra de la avena), del manejo de malezas en otoño (con o sin herbicidas, subparcela), y del método de desecado de la avena (químico o rolado, sub-subparcela, cuadro No. 3 y figura No. 1).

Cuadro No. 3. Descripción de los tratamientos químicos y momento de aplicación

Producto comercial	Ingrediente activo (concentración del producto comercial)	Dosis de producto comercial (ha ⁻¹)	Aplicado en	Momento
DMA dow	2.4-D (540 g/L)	800 cc	Subparcelas con aplicación de herbicidas en otoño	Macollaje de avena
Tordon 24k	Picloram (240 g/L)	80 cc		
Aliado	Metsulfuron (60%)	5 g		
Panzer gold	Glifosato (480 g/L)	3 L	Sub-subparcelas con desecación química	Desecación de avena
Clethomax	Clethodim (240g/L)	800 cc		
Panzer gold	Glifosato (480 g/L)	3 L	Desecación de testigos sin cobertura	Desecación de avena
Clethomax	Clethodim (240g/L)	800 cc		
Pixxaro	Halauxifen methil (16,2 g/L) + fluroxipir meptil (250 g/L)	500 cc		

Para la aplicación de los herbicidas se utilizó una máquina experimental de CO₂ presurizado con 4 boquillas AI 110015, a una presión de 220 kPa y un caudal de 110 L/ha.

El rolado de la cobertura se realizó con un rolo de 1 m de ancho operativo y 300 kg de peso. Las cuchillas (sin filo) tenían 0.5 cm de espesor en la sección de corte y una separación entre sí de 20 cm. La avena fue rodada en grano lechoso, según escala fenológica de trigo (Zadoks et al., citados por Hoffman et al., 2010).

Cuadro No. 4. Momentos de desecación mecánica mediante rolado

	Rolado avena	
	Fecha	DPS
"Las Delicias"	22/10/2018	159
"Ruta 12"	07/11/2018	140
"Ecilda"	07/11/2018	146

DPS: días posteriores a la siembra de avena.

Cuadro No. 5. Momentos y condiciones ambientales durante las aplicaciones

Aplicación otoñal en macollaje de avena					
Fecha	DPS	Condiciones ambientales			Viento (km/h)
		Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)		
"Las Delicias"	22/06/2018	37	12	61	10
"Ruta 12"	14/08/2018	55	16	60	2,5
"Ecilda"	14/08/2018	61	18	55	2,6
Desección de avena					
Fecha	DPS	Condiciones ambientales			Viento (km/h)
		Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)		
"Las Delicias"	02/10/2018	139	16,3	43	5
"Ruta 12"	01/11/2018	134	21	42	5
"Ecilda"	15/11/2018	154	22	60	5

DPS: días posteriores a la siembra

Posterior a la desecación del CC se sembró soja en los tres experimentos; en el cuadro No. 6, figuran los detalles. "Las Delicias", se sembró en directa con una sembradora John Deere de 12 m de ancho operativo, a una densidad de 15pl/m y una distancia entre hileras de 38 cm. "Ruta 12", se sembró con sembradora experimental Hartwich de cuatro surcos, ancho operativo 1,2 m a una densidad de 16-17 pl/m y distancia entre hileras de 40 cm. "Ecilda", se sembró en directa con una sembradora John Deere de 9 m de ancho operativo a una densidad de 16-17 pl/m y 38 cm de distancia entre hileras. Los primeros dos sitios fueron fertilizados con un fertilizante ternario el 25 de octubre, 150 kg/ha⁻¹, de 2- 20/20- 30 + 5S (mezcla física).

Cuadro No. 6. Características de las variedades sembradas

	Fecha	Variedad	Grupo de madurez	Hábito de crecimiento
"Las Delicias"	20/11/2018	DM 6.8 i	VI largo	indeterminado
"Ruta 12"	03/12/2018	NS 5419 IPRO	V medio	indeterminado
"Ecilda"	21/11/2018	GE 590ci	V largo	indeterminado

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

En los tres ensayos, el diseño fue bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones, donde se evaluaron 7 tratamientos (cuadro No.1). La unidad experimental consistió en parcelas de 8 m de largo por 5 m de ancho, subdivididas en dos por cada tratamiento con aplicación y sin aplicación y posteriormente cada subparcela dividida nuevamente (diseño split-split plot) en dos métodos de desecación (químico o rolado), en la figura No. 1 se detalla el diseño experimental.

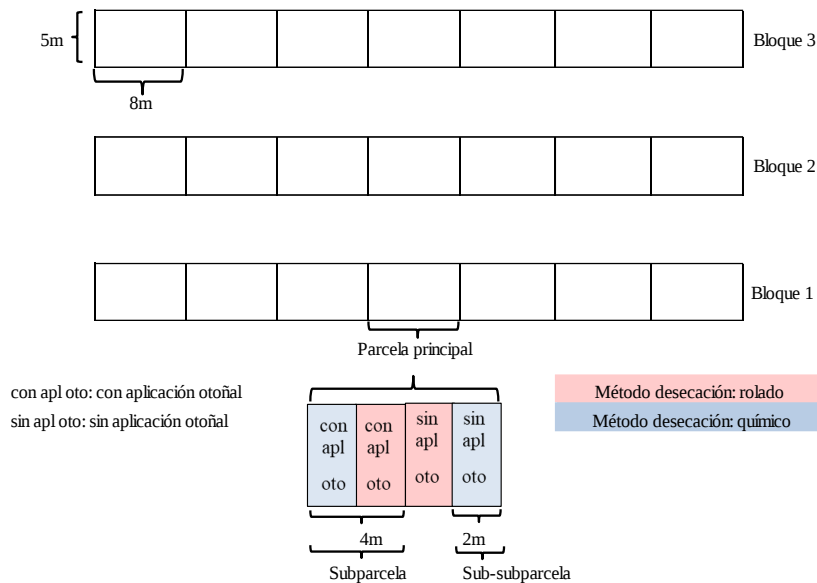


Figura No. 1. Esquema del diseño experimental

3.4 DETERMINACIONES

3.4.1 Determinaciones durante el ciclo de avena

Desde la emergencia de avena hasta la siembra del cultivo de soja se realizaron mediciones semanales del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por su sigla en inglés). Este se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Toma valores entre un rango de 0 a 1. Las mediciones se realizaron de forma semanal, de forma tal de poder comparar la velocidad con que los diferentes tratamientos cubrieron el suelo. Posterior a la siembra, se contó número de plantas por metro lineal para determinar la población lograda. Se contó número de malezas post aplicación de herbicidas en macollaje, utilizando un cuadro

metálico de 0,50 m x 0,50 m al azar 2 veces en la subparcela sin aplicación. Siguiendo el mismo criterio se efectuaron cortes para analizar composición botánica y estimación de materia seca, previo a la desecación total de avena (cuadro No. 7).

3.4.2 Determinaciones durante el ciclo de soja

Posterior a la siembra, se contó número de plantas por metro lineal para determinar la población lograda, también número de malezas por metro lineal. Durante el mes de mayo se cuantificó el rendimiento de soja cosechando cada sub-subparcela con una cosechadora experimental Wintersteiger (cuadro No. 7).

Cuadro No. 7. Secuencia de mediciones experimentales

Determinaciones durante el ciclo de avena				
Experimento	Fecha	DPS	Mediciones en el cultivo	Mediciones en malezas
"Las Delicias"	22/06/2018	37	Implantación	—
"Ruta 12"	07/08/2018	48		
"Ecilda"	29/07/2018	45		
"Las Delicias"	31/07/2018	76	—	Densidad
"Ruta 12"	04/09/2018	76		
"Ecilda"	08/10/2018	116		
"Las Delicias"	18/09/2018	125	Producción de biomasa	Composición botánica y producción de biomasa
"Ruta 12"	16/10/2018	118		
"Ecilda"	06/11/2018	145		
Determinaciones durante el ciclo de soja				
Experimento	Fecha	DPS	Mediciones en el cultivo	Mediciones en malezas
"Las Delicias"	26/12/2018	36	Implantación	Densidad
"Ruta 12"	27/12/2018	24		
"Ecilda"	27/12/2018	36		
"Las Delicias"	25/04/2019	156	Rendimiento	—
"Ruta 12"	25/04/2019	134		
"Ecilda"	09/05/2019	154		

DPS: días posteriores a la siembra

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados de los experimentos fueron analizados usando el módulo de modelos lineales generales y mixtos del programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2011). Como estrategia general para analizar los datos se ajustaron modelos con distintas estructuras de covarianza, estructuras de correlación residual, heteroscedasticidad residual, y efectos aleatorios. Mediante criterios de verosimilitud penalizada (AIC y BIC) se eligieron los modelos que mejor describieron los datos, y se usaron estos modelos para realizar inferencias acerca de las medias. En el caso del análisis de variables cuyo resultado pudiera estar explicado por la combinación de distintos factores (densidad de siembra de avena, control químico en otoño y método de desecación de la cobertura) se realizó el análisis considerando un diseño en parcelas divididas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como referencia de las condiciones ambientales, se tomaron los datos de precipitaciones y temperatura de la estación meteorológica de INIA “La Estanzuela”. En función de éstos se confeccionó un gráfico con los valores de estas variables para el período experimental, y con los promedios históricos (figura No.2).

Las precipitaciones se situaron por debajo del promedio histórico, para el mes de junio, octubre, noviembre (2018), marzo y abril (2019). Dos experimentos se instalaron en el mes de mayo y uno en junio (2018), el déficit ocurrido en este mes no afectó la germinación, posiblemente porque en mayo se registraron precipitaciones por encima de la media histórica. El cultivo de soja fue sembrado en noviembre y diciembre de acuerdo a los grupos de madurez, el período crítico se ubicó en el mes de marzo, sí bien en este mes las lluvias fueron menores al promedio, en diciembre, enero y febrero las precipitaciones superaron el promedio lo cual seguramente haya permitido recargar el perfil, mitigando el déficit hídrico ocurrido en el mes de marzo. En cuanto a las temperaturas, durante el invierno se registraron por debajo del promedio histórico. En primavera, en el mes de setiembre particularmente se observó un incremento en comparación con el promedio histórico, lo cual acompañado de buena disponibilidad hídrica como es esperable contribuyó a las altas tasas de crecimiento de la avena en este período. En el verano durante los meses de diciembre y enero la temperatura estuvo por debajo del promedio histórico y durante el otoño no se registraron grandes diferencias.

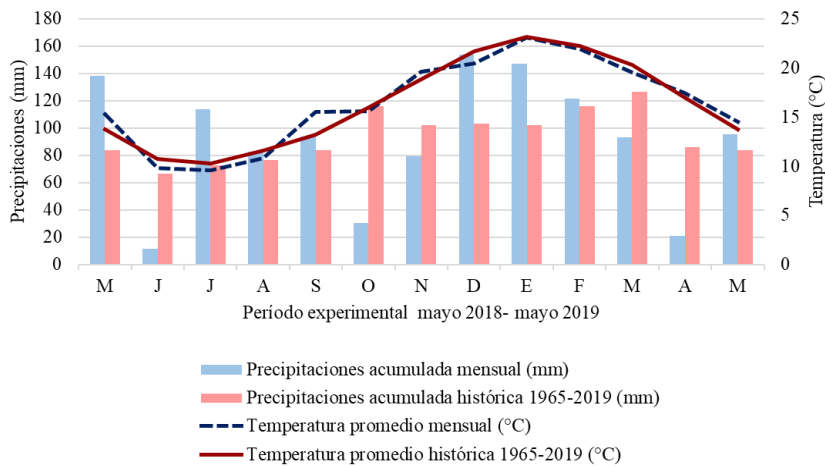


Figura No. 2. Condiciones climáticas registradas durante el período experimental en la localidad de “La Estanzuela”, departamento de Colonia

Fuente: en base a datos de INIA. GRAS (2019)

4.1 DETERMINACIONES DURANTE EL CICLO DE AVENA

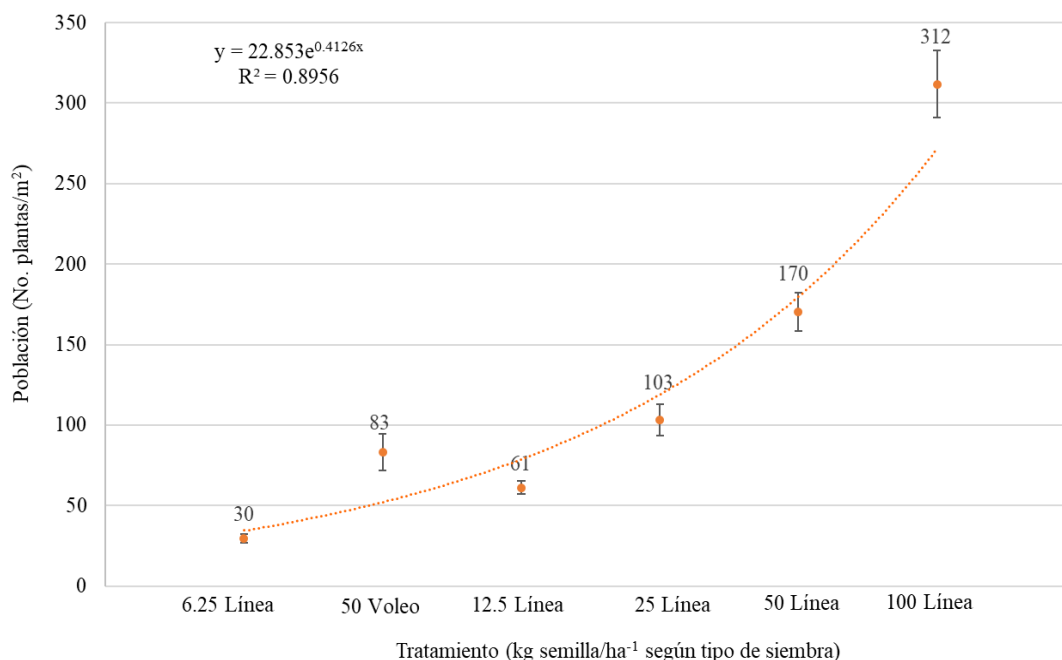
4.1.1 Población de avena promedio para los tres sitios experimentales

El análisis estadístico no detectó interacción entre el sitio experimental y los valores de población, por lo tanto, se analizaron en promedio y se ajustaron a una ecuación exponencial positiva (figura No. 3).

La cantidad de plantas de avena logradas en cada tratamiento, aumentó concomitante con la densidad de avena. La densidad óptima sembrada en la línea, duplicó el número de plantas logradas con respecto a la misma densidad sembrada al voleo.

El primer paso para que un CC exprese su potencial supresor es lograr una buena población. Un adecuado número y distribución de plantas en superficie, favorece el rápido desarrollo del índice de área foliar (IAF) óptimo, otorgándole una ventaja inicial al cultivo en la competencia con las malezas. Mayor desarrollo del canopeo, posibilita el cierre del entresurco rápidamente generando efecto de sombreado, afectando la germinación de malezas y un tamaño más pequeño de las plantas que emergen en condiciones de competencia.

Además, canopeos más densos, posiblemente acumulen mayor biomasa. Según Teasdale y Mohler (1993a), Osipitian et al. (2018) la biomasa de los CC es el factor dominante en la influencia de las condiciones supresoras. La acumulación temprana de biomasa, un gran número de macollos, la altura del cultivar y una extensión foliar importante fueron características que generalmente presentaban cultivares fuertemente competitivos (Lemerle et al., 1996).



Cada punto con su correspondiente barra de error experimental de la media corresponde al promedio ($n = 9$) para los tres sitios tomados en conjunto. La medición se realizó en las subparcelas sin aplicación de herbicida al macollaje de la avena

Figura No. 3. Población de avena lograda en función de la densidad de semilla de avena sembrada

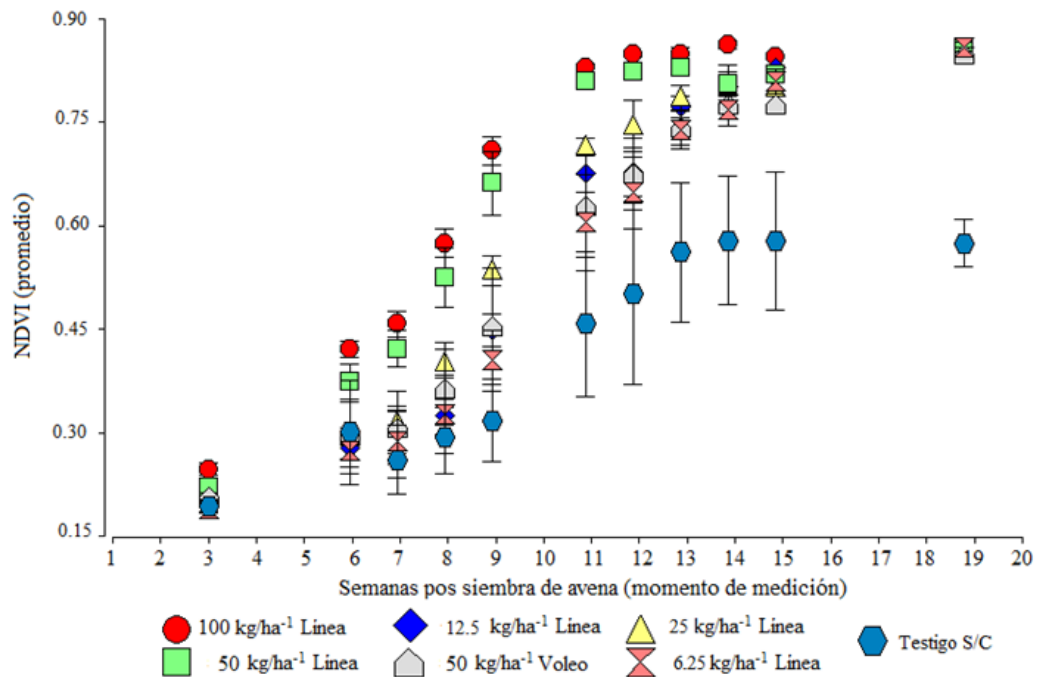
4.1.2 Evolución temporal de NDVI para cada experimento

Esta variable se analizó para cada sitio por separado, porque la interacción entre la localidad y los valores de NDVI fue positiva.

Hubo claras diferencias en la velocidad con que algunos tratamientos cubrieron el suelo, especialmente entre la semana 6 y 11 posterior a la siembra. Las densidades de 50 y 100 kg ha⁻¹ de avena cubrieron el suelo más rápido, la de 25 kg ha⁻¹ evolucionó de manera similar (figuras No. 4, 5 y 6, cuadro No. 8). El resto de los tratamientos cubrieron el suelo de forma más lenta. La cobertura del suelo en todos los tratamientos con siembra en línea se diferenció del testigo a partir de la semana 11, excepto para “Ecilda”. Esto puede explicarse por la deficiencia nutricional en este sitio experimental, evidenciada en el análisis de nitratos (cuadro No. 2). Seguramente la carencia de este nutriente retrasó la expansión foliar lo cual impidió que la diferencia entre tratamientos se expresara en las primeras semanas como sucedió en los otros dos experimentos.

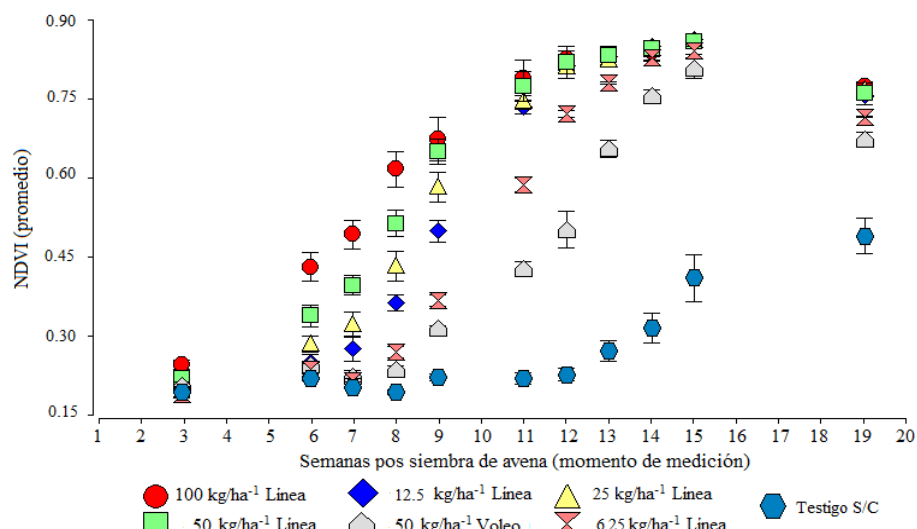
Densidades más altas lograrían cubrir el suelo más rápido operando en detrimento de las malezas ya que según, Lemerle et al. (1996) el vigor temprano y el tamaño de la hoja son caracteres que confieren una mayor capacidad competitiva.

La cobertura del suelo es un factor importante en la supresión de malezas. Teasdale et al. (1991) no encontraron una reducción en la densidad de malezas, hasta que la cobertura no alcanzó el 42% y se requirió una cobertura del 97% para reducir la densidad de malezas en un 75%.



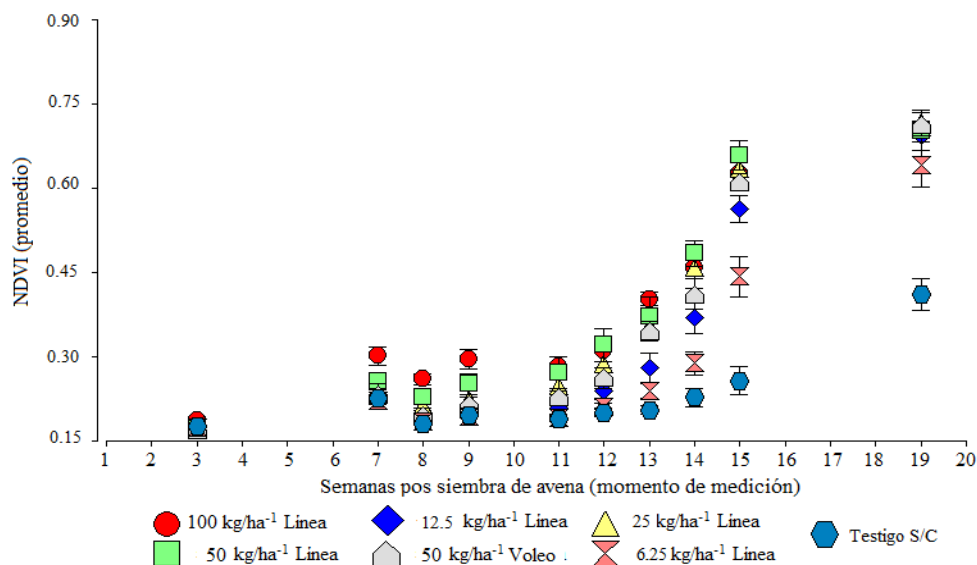
Cada punto y barra de error corresponde al promedio ($n = 3$), y las barras al error experimental de la media

Figura No. 4. Evolución del NDVI promedio en función del tiempo desde la siembra para diferentes densidades de avena sembrada en “Las Delicias”



Cada punto y barra de error corresponde al promedio ($n = 3$), y las barras al error experimental de la media

Figura No. 5. Evolución del NDVI promedio en función del tiempo desde la siembra para diferentes densidades de avena sembrada en “Ruta 12”



Cada punto y barra de error corresponde al promedio ($n = 3$), y las barras al error experimental de la media

Figura No. 6. Evolución del NDVI promedio en función del tiempo desde la siembra para diferentes densidades de avena sembrada en “Ecilda”

Cuadro No. 8. NDVI promedio por tratamiento y sitio experimental para diferentes semanas de medición post siembra de avena

		Semanas post siembra											
		3		6		7		8		9		11	
Tratamiento (Kg ha ⁻¹ avena /tipo de siembra)		NDVI promedio											
"Las Delicias"	6.25 / Línea	0.19	C	0.27	C	0.29	B	0.33	B C	0.40	C D	0.60	B C
	12.5 / Línea	0.21	B C	0.28	C	0.30	B	0.32	B C	0.45	B C	0.67	B C
	25 / Línea	0.21	B C	0.29	B C	0.31	B	0.40	B	0.53	B	0.71	A B
	50 / Línea	0.23	A B	0.37	A B	0.42	A	0.52	A	0.66	A	0.81	A
	100 / Línea	0.24	A	0.42	A	0.46	A	0.57	A	0.71	A	0.83	A
	50 / Voleo	0.2	B C	0.3	B C	0.31	B	0.36	B C	0.45	B C	0.63	C
	Testigo sin cobertura	0.19	C	0.30	B C	0.26	B	0.29	C	0.32	D	0.46	C D
"Ruta 12"	6.25 / Línea	0.19	C	0.24	D	0.22	D	0.27	E	0.37	D	0.59	B
	12.5 / Línea	0.21	B C	0.25	C D	0.28	C	0.36	D	0.5	C	0.73	A
	25 / Línea	0.21	B C	0.29	C	0.32	C	0.43	C	0.58	B	0.74	A
	50 / Línea	0.22	B	0.34	B	0.40	B	0.51	B	0.65	A	0.77	A
	100 / Línea	0.25	A	0.43	A	0.49	A	0.62	A	0.67	A	0.79	A
	50 / Voleo	0.21	B C	0.25	C D	0.23	D	0.24	E F	0.32	E	0.43	C
	Testigo sin cobertura	0.19	C	0.22	D	0.20	D	0.20	F	0.22	F	0.22	D
"Ecilda"	6.25 / Línea	0.17	B	SD		0.22	C	0.18	D	0.19	D	0.19	E
	12.5 / Línea	0.18	A B	SD		0.23	B C	0.20	C D	0.21	C D	0.21	D E
	25 / Línea	0.17	B	SD		0.24	B C	0.21	B C	0.22	C	0.25	B C
	50 / Línea	0.17	B	SD		0.26	B	0.23	B	0.25	B	0.27	A B
	100 / Línea	0.19	A	SD		0.30	A	0.26	A	0.30	A	0.28	A
	50 / Voleo	0.17	B	SD		0.23	B C	0.2	C D	0.22	C D	0.23	C D
	Testigo sin cobertura	0.18	A B	SD		0.23	C	0.18	D	0.20	D	0.19	E

(continuación cuadro No. 8).

	Tratamiento (Kg ha ⁻¹ avena /tipo de siembra)	Semanas post siembra					NDVI promedio
		12	13	14	15	19	
"Las Delicias"	6.25 / Línea	0.65 C	0.74 A	0.77 A	0.81 A	0.86 A	
	12.5 / Línea	0.68 B C	0.77 A	0.80 A	0.83 A	0.86 A	
	25 / Línea	0.74 A B C	0.78 A	0.80 A	0.80 A	0.85 A	
	50 / Línea	0.82 A B	0.83 A	0.80 A	0.82 A	0.85 A	
	100 / Línea	0.85 A	0.85 A	0.86 A	0.84 A	0.86 A	
	50 / Voleo	0.67 C	0.74 A	0.77 A	0.77 A	0.85 A	
	Testigo sin cobertura	0.50 D	0.56 B	0.58 B	0.58 B	0.57 B	
"Ruta 12"	6.25 / Línea	0.72 B	0.78 B	0.82 A	0.84 A	0.71 B C	
	12.5 / Línea	0.81 A	0.83 A	0.85 A	0.86 A	0.75 A B	
	25 / Línea	0.81 A	0.82 A	0.84 A	0.86 A	0.76 A B	
	50 / Línea	0.82 A	0.83 A	0.84 A	0.86 A	0.76 A B	
	100 / Línea	0.82 A	0.83 A	0.84 A	0.85 A	0.77 A	
	50 / Voleo	0.5 C	0.5 C	0.75 B	0.81 A	0.67 C	
	Testigo sin cobertura	0.23 D	0.27 D	0.32 C	0.41 B	0.49 D	
"Ecilda"	6.25 / Línea	0.21 C	0.24 C D	0.29 C	0.44 C	0.64 B	
	12.5 / Línea	0.24 B C	0.28 C	0.37 B	0.56 B	0.69 A B	
	25 / Línea	0.29 A B	0.35 B	0.46 A	0.63 A	0.72 A	
	50 / Línea	0.32 A	0.37 A B	0.48 A	0.66 A	0.70 A	
	100 / Línea	0.31 A	0.40 A	0.46 A	0.63 A	0.70 A	
	50 / Voleo	0.26 B	0.35 B	0.41 B	0.61 A B	0.71 A	
	Testigo sin cobertura	0.20 C	0.21 D	0.23 D	0.26 D	0.41 C	

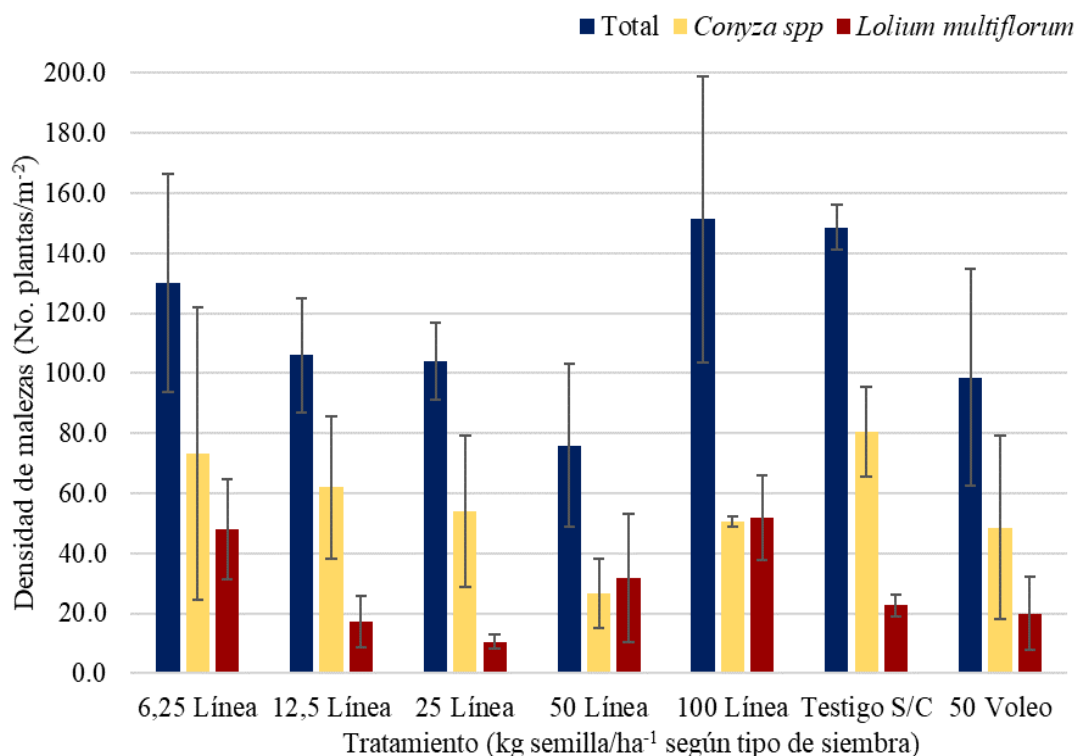
Cada valor de NDVI corresponde al promedio del tratamiento (n = 3). Valores para cada sitio que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente (p<0,05) según el test de Fisher

4.1.3 Densidad de malezas en subparcelas sin aplicación de herbicida al macollaje de avena

No se encontraron diferencias en la densidad de malezas germinadas al momento de la medición (previo al cierre del entresurco de avena) que pudieran atribuirse a la densidad de avena (figuras No. 7, No. 8 y No. 9). Si bien se registraron varias especies en cada sitio se presentan el total de malezas y las dos especies más frecuentes en cada sitio (figuras No.7, No. 8 y No. 9).

En cambio, en estados de desarrollo avanzado de la avena, si hubo diferencias en el control de malezas (medida como biomasa aérea) en respuesta a los diferentes tratamientos. El análisis estadístico, indicó que para la variable biomasa total de malezas, no hubo interacción entre el sitio y los tratamientos (p = 0.3258) por lo cual los datos de biomasa fueron promediados para los tres sitios (figura No. 10).

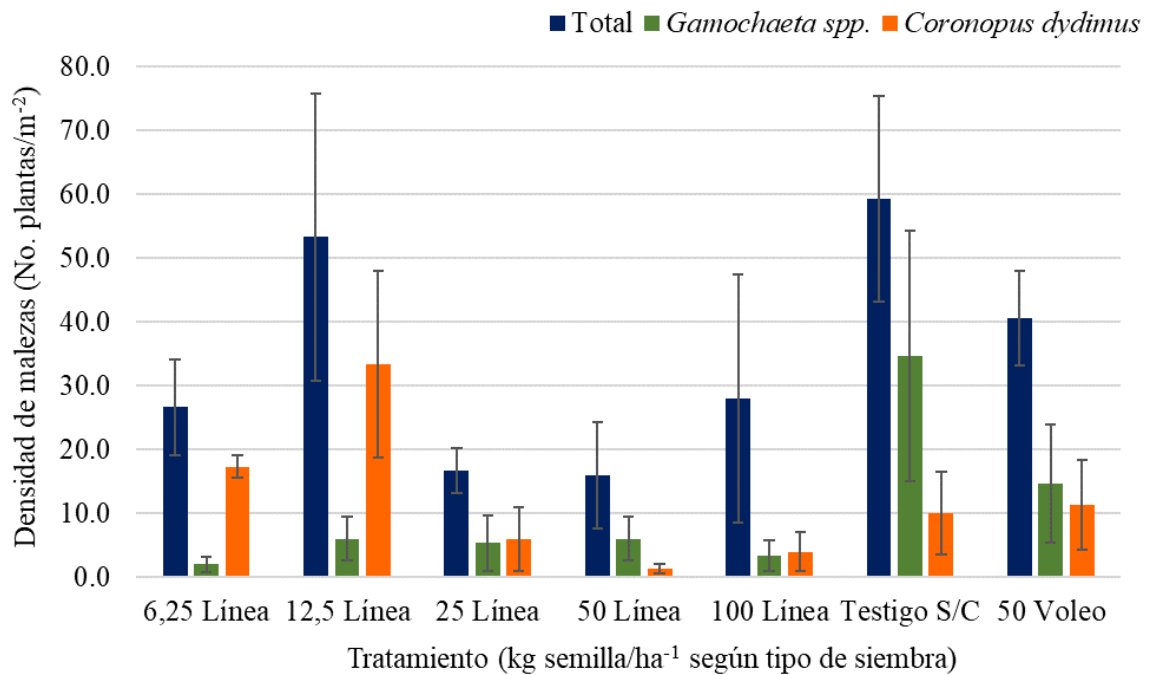
En “Las Delicias” se registró la presencia de: *Conyza* spp (*Conyza sumatrensis* y *Conyza bonariensis*), *Lolium multiflorum*, *Veronica peregrina*, *Gamochaeta spicata*, *Coronopus didymus*, *Sonchus oleraceum*, *Stellaria media*, *Cerastium glomeratum*, *Bowlesia incana*, *Picris echioides* y *Silene gallica* (figura No. 7).



Las barras con su correspondiente error experimental corresponden al promedio (n = 3) del total de malezas y de las dos especies con mayor frecuencia

Figura No. 7. Densidad promedio de malezas según densidad y tipo de siembra de avena en “Las Delicias”

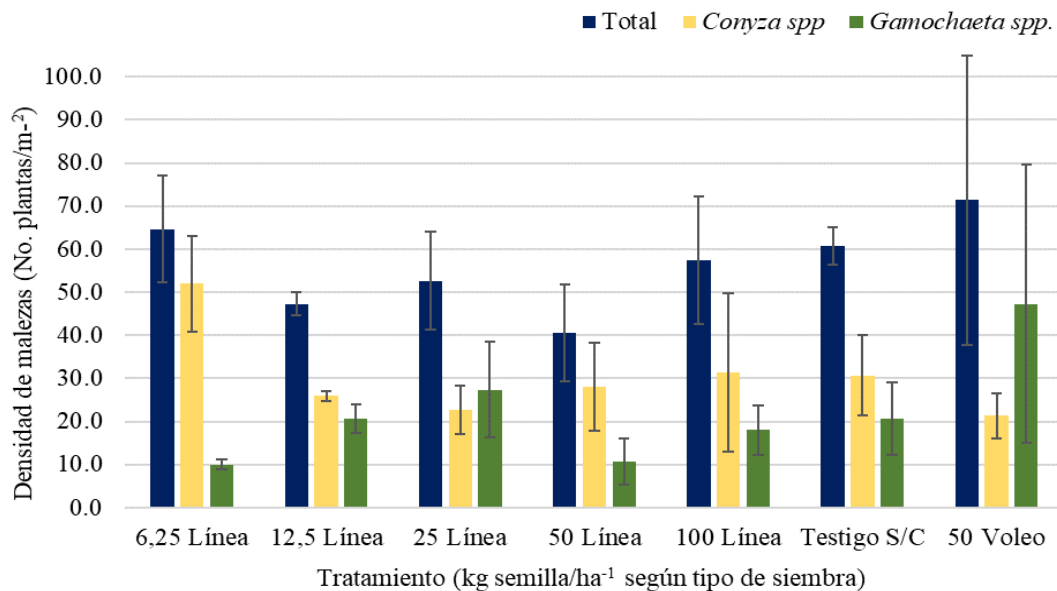
En “Ruta 12” se registró la presencia de: *Gamochaeta spicata*, *Lolium multiflorum*, *Conyza* spp (*Conyza sumatrensis* y *Conyza bonariensis*), *Coronopus didymus*, *Stellaria media*, *Cyperus* spp, *Cotula australis*, *Lythrum* spp, *Raphanus raphanistrum*, *Urtica urens*, *Eragrostis lugens*, *Glycine max* “soja guacha”, *Chenopodium album* (figura No. 8).



Las barras con su correspondiente error experimental corresponden al promedio (n = 3) del total de malezas y de las dos especies con mayor frecuencia

Figura No. 8. Densidad promedio de malezas según la densidad de avena sembrada y el tipo de siembra en “Ruta 12”

En “Ecilda” se observó la presencia de: *Gamochaeta spicata*, *Conyza* spp (*Conyza sumatrensis* y *Conyza bonariensis*), *Coronopus didymus*, *Bromus auleticus*, *Trifolium repens*, *Triticum aestivum*, *Glycine max*, *Sonchus oleraceum* (figura No. 9).



Las barras con su correspondiente error experimental corresponden al promedio ($n = 3$) del total de malezas y de las dos especies con mayor frecuencia

Figura No. 9. Densidad promedio de malezas según la densidad de avena sembrada y el tipo de siembra en “Ecilda”

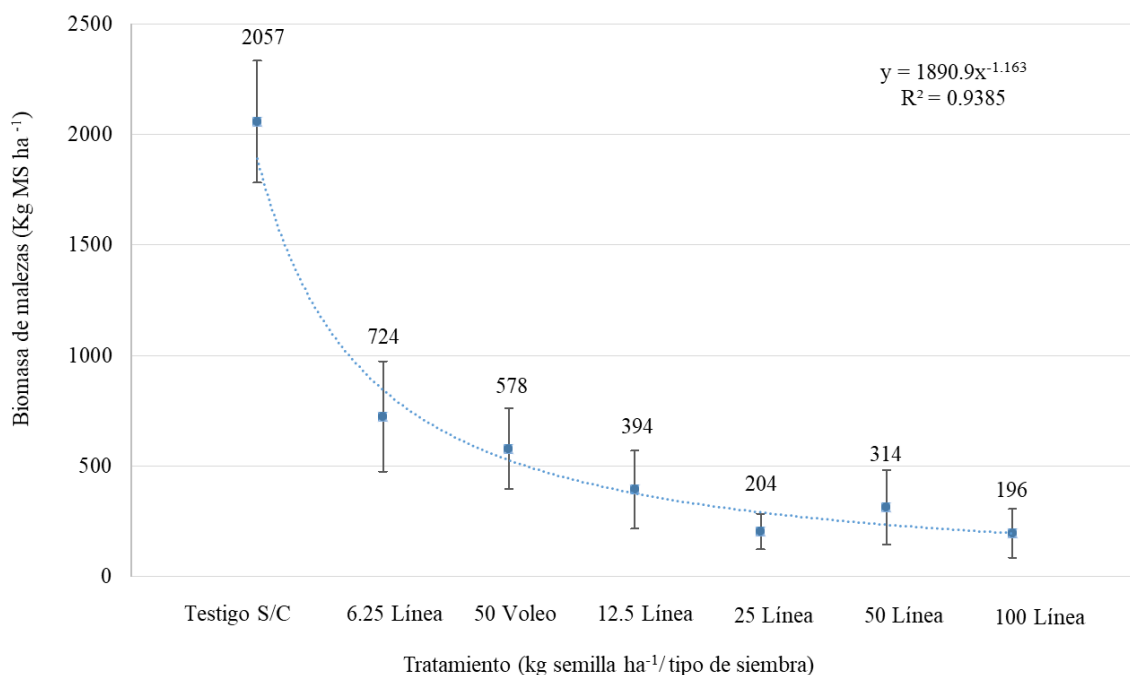
Las especies con mayor frecuencia contabilizadas en los experimentos (figuras No. 7, No. 8 y No. 9), se caracterizan por ser de aparición temprana a fines del verano comienzo del otoño, tienen flujos prolongados de emergencia, durante el período otoño-inverno-primaveral por lo cual constituyen un factor de riesgo en los barbechos largos. No existiendo coberturas, la continuidad de los flujos de germinación introduce el riesgo de potenciales reinfestaciones, a menos que se apliquen residuales efectivos para estas especies o se ajuste debidamente el número de aplicaciones previo a la siembra de soja (Fernández, 2011). Sí bien, en las condiciones de esta investigación no se detectaron diferencias estadísticas en la densidad de malezas en el momento de esta evaluación, de acuerdo con (Fernández, 2011) es esperable que la avena negra utilizada como CC disminuya el número de malezas.

4.1.4 Biomasa de malezas en subparcelas sin aplicación otoñal de herbicidas

El parámetro biomasa se ajustó a una ecuación exponencial negativa, se tomó el promedio de los tres sitios experimentales, dado que según el análisis estadístico no existieron diferencias entre la localidad y la biomasa de malezas (figura No. 10). El

parámetro biomasa se ajustó con un alto R^2 . Todos los tratamientos se diferenciaron del testigo sin siembra de cobertura, pero no todos los tratamientos se diferenciaron entre sí.

En líneas generales los tratamientos de mayor densidad de avena restringieron más el desarrollo de las malezas que los tratamientos con baja densidad de avena o el tratamiento donde la avena fue sembrada al voleo.



Cada punto con su correspondiente barra de error experimental de la media corresponde al promedio ($n = 9$) para los tres sitios tomados en conjunto. La medición se realizó en las subparcelas sin aplicación otoñal de herbicida en la avena

Figura No. 10. Biomasa de malezas en función de la densidad de semillas de avena sembradas

La biomasa total de malezas fue reducida entre 65% y 95 % por el CC con respecto al testigo sin cobertura (cuadro No.9). Las densidades más altas 25, 50 y 100 kg ha⁻¹, lograron reducir la biomasa 90%, 85%, y 90% respectivamente sólo por efecto de la competencia de avena. Esto coincide con los resultados presentados por Brust y Gerhards (2012), quienes documentaron una reducción del 98 % de malezas por efecto de *Avena strigosa* utilizada como CC sembrada a 100 kg/ ha⁻¹.

Sí bien no hay diferencias estadísticas significativas en la densidad de 50 kg/ha¹ sembrada en línea o al voleo, la magnitud de la reducción en biomasa fue de 85 y 72 %, respectivamente. En este sentido, otras investigaciones han evidenciado que incrementos en la tasa de siembra e implantación y modificaciones en la distribución espacial, disminuyen la biomasa de malezas (Weiner et al. 2001, Brennan et al. 2009).

Cuadro No. 9. Biomasa aérea de malezas promedio de los tres sitios experimentales según la densidad de avena y tipo de siembra

Tratamiento (Kg ha ⁻¹ avena /tipo de siembra)	Biomasa aérea de malezas		Biomasa aérea de malezas relativa al Testigo sin cobertura
	...kg MS ha ⁻¹ ...		Porcentaje (%)
Testigo sin cobertura	2057	A	100
6.25 / Línea	724	B	35
50 / Voleo	578	B C	28
12.5 / Línea	394	B C D	19
50 / Línea	314	C D	15
25 / Línea	204	D	10
100 / Línea	196	D	10

Valores que presentan letras distintas difieren significativamente (p<0,05) según el test de Fisher

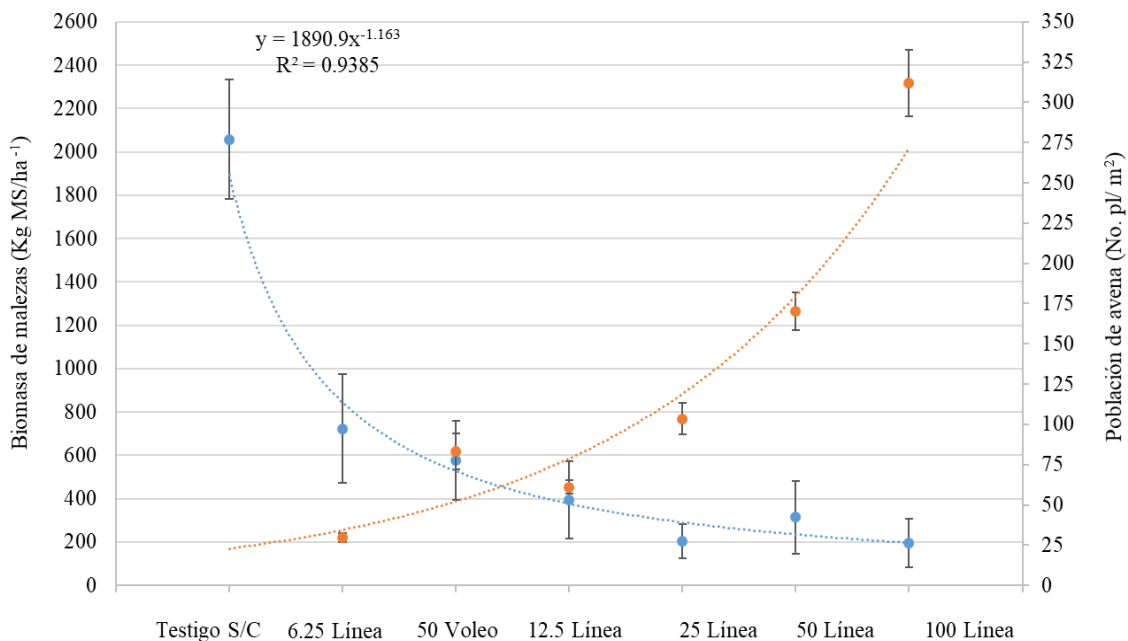
4.1.5 Relación entre población de avena y biomasa de malezas

La población de avena aumento con la densidad de siembra, y estos aumentos tuvieron un efecto inverso en la biomasa de malezas, la cual disminuyó (figura No.11).

Resultados similares fueron concluidos por Brennan y Smith (2005), donde la capacidad supresora de avena utilizada como CC, se correlacionó altamente con la densidad de plantas.

Según Mohler et al. (2001), el incremento en la densidad de siembra reduce las malezas de forma proporcional. Schwinning y Weiner (1998), Weiner et al. (2001), sostienen que esto obedece a un fenómeno llamado competencia asimétrica por tamaño. Mientras que, por su parte Vidal y Trezzi (2004) afirman que esto ocurre, por la mayor capacidad de competencia por recursos y liberación de elementos alelopáticos ejercida por el CC sobre las plantas invasoras. Gfeller et al. (2018) documentaron que la avena mostró signos de alelopatía sobre *Amaranthus retroflexus* en ensayos a campo y en macetas.

Se graficó en conjunto las curvas de las figuras No. 3 y 10 y se estimó que las densidades de siembra de avena en línea en torno a 40 kg/ha⁻¹, suprimirían entre 80 y 90 % la biomasa de malezas (figura No.11).



Cada punto (azul = biomasa de malezas y naranja = población de avena) con su correspondiente barra de error experimental de la media corresponde al promedio (n = 9) para los tres sitios tomados en conjunto. La medición se realizó en las subparcelas sin aplicación de herbicida al macollaje de la avena

Figura No. 11. Biomasa de malezas y población de avena lograda en función de la densidad de semilla de avena sembrada

En términos de control de malezas, estos resultados tienen un importante impacto agronómico, ya que éstas parcelas no recibieron control químico otoñal, por lo que se podría deducir que el efecto de control fue logrado exclusivamente por efectos ejercidos por la cobertura de avena.

En términos de control de malezas, estos resultados tienen un importante impacto agronómico, ya que éstas parcelas no recibieron control químico otoñal, por lo que el efecto de control fue logrado exclusivamente por efectos ejercidos por la cobertura de avena (i.e., el control cultural).

4.1.6 Biomasa aérea de avena, raigrás anual y conyza según la densidad de avena y tipo de siembra en subparcelas sin aplicación otoñal de herbicidas

En los sitios donde fue posible, raigrás y conyza se analizaron individualmente debido a que, en nuestro país estas son especies de malezas de difícil control. Incluso existiendo varias poblaciones que presentan resistencia a herbicidas (Félix y Urioste, 2016). Para el caso de *Conyza* spp no hay confirmaciones formales, pero hace varios años que se reporta la dificultad para controlar poblaciones de estas especies con glifosato (Fernández et al., 2013). Además, provoca detrimentos importantes en el rendimiento de soja, 1 planta m⁻² de *Conyza* spp produce descensos del 10%, mientras que 5 plantas/m² lo reducen en un 40% (Dow Agro Science, s.f.).

Las semillas de *Conyza* spp. requieren de luz para germinar (Metzler y Peltzer, 2012). Por lo tanto, es probable que la presencia de plantas de avena, en activo crecimiento fotosintéticamente activas, hayan interferido en la germinación a través de una mayor intercepción de la radiación, sombreando el estrato inferior. Aphalo y Ballare, Weinig y Delph, citados por Merotto et al. (2009), coinciden con esta aseveración. Estos autores sostienen que al aumentar la densidad del cultivo aumenta la intercepción de luz por parte de éste; provocando un cambio en la calidad de esta, disminuyendo la relación rojo/rojo lejano (R/Fr) de la radiación que termina alcanzando los estratos inferiores.

Si bien en el sitio “Ruta 12” hubo una clara tendencia a que la biomasa de raigrás disminuyera con el aumento en la densidad de siembra de avena, las diferencias estadísticas entre tratamientos solo se expresaron en “Las Delicias”. El tratamiento de menor densidad (6.25 kg/ha⁻¹), fue el único que no restringió el desarrollo de raigrás respecto al testigo; los tratamientos de 25 y 100 kg ha⁻¹ se diferencian de la menor densidad de avena, reduciendo en un 87% la biomasa de raigrás con respecto al testigo (cuadro No. 10).

La biomasa de avena solo tuvo diferencias de acumulación de MS entre tratamientos en “Las Delicias” y en “Ruta 12”. En “Las Delicias” solo el tratamiento de 6.25 kg/ha⁻¹, presentó diferencias significativas con 25 y 100 kg/ha⁻¹. En “Ruta 12” únicamente el tratamiento de 50 kg/ha⁻¹ sembrado al voleo presentó diferencias significativas con los demás. La distribución de las plantas de avena en la parcela en este tratamiento y sitio puntualmente, no fue óptima debido a un desperfecto del equipo utilizado. Este hecho puede contribuir a explicar las diferencias encontradas en “Ruta 12” (cuadro No. 10).

Cuadro No. 10. Biomasa aérea de avena, raigrás anual y conyza según la densidad de semilla de avena para cada experimento

Tratamiento (Kg/ha ⁻¹ avena /tipo de siembra)	Experimento								
	"Las Delicias"			"Ruta 12"			"Ecilda"		
	Avena	Raigrás	Conyza	Avena	Raigrás	Conyza	Avena	Raigrás	Conyza
	kg MS ha ⁻¹								
6.25 / Línea	2675 B	1394 A B	9 B	8328 A	201	0	5231	—	53 B
12.5 / Línea	4368 A B	832 B C	2 B	8341 A	42	0	5276	—	37 B
25 / Línea	4716 A	262 C	3 B	7765 A	0	0	5507	—	12 B
50 / Línea	4574 A B	673 B C	2 B	8542 A	0	0	6289	—	30 B
100 / Línea	5148 A	266 C	2 B	8320 A	0	0	5780	—	10 B
Testigo sin cobertura	—	2029 A	81 A	—	440	18	—	—	549 A
50 / Voleo	3487 A B	813 B C	3 B	5119 B	397	13	5964	—	17 B

Valores para cada sitio que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test de Fisher

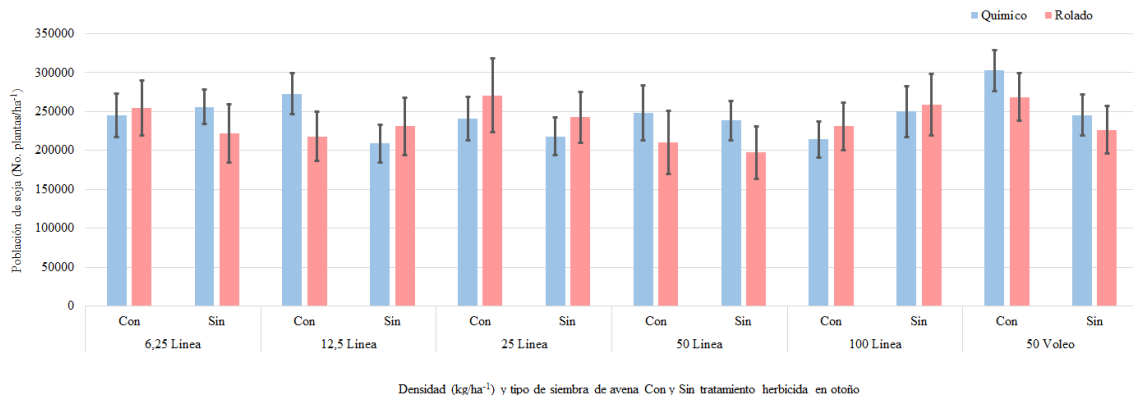
4.2 DETERMINACIONES DURANTE EL CICLO DE SOJA

4.2.1 Población de soja promedio para los tres sitios

No hubo interacción entre esta variable y el sitio por lo cual los datos se muestran promediados para los tres sitios. No se encontraron diferencias en la población de soja lograda independientemente de la densidad y tipo de siembra de avena, el control de malezas realizado en otoño y el método utilizado para desecar la cobertura (figura No. 12).

Esto concuerda con lo establecido por Campanhola y Foletto (2000), quienes demostraron que la emergencia de plántulas de soja no fue afectada por los residuos de avena negra rolada; y con Piccolo de Lima et al. (2008b), quienes afirman que la utilización de CC, previo a la siembra de soja, beneficia la velocidad de emergencia de está, y contribuye a que las plantas sean más vigorosas.

Por su parte Kornecki et al. (2005), Kornecki y Price (2010b), afirman que los residuos de CC rolados no afectan la implantación del cultivo comercial posterior, porque la capa plana de residuos que queda sobre la superficie del suelo permite a las sembradoras operar paralelamente a la dirección de estos, sin afectar la operación y tampoco el establecimiento de las plantas.



Las barras representan el promedio de cada sub sub-parcela para los tres sitios experimentales con su respectivo error de la media (n=3 en cada sitio)

Figura No. 12. Población de soja en función de la densidad y tipo de siembra de avena, control otoñal de malezas al macollaje de avena (con vs. sin) y el método de desecación del CC (rolado vs. químico)

4.2.2 Densidad de malezas posterior a la siembra de soja

La densidad de malezas se presenta sobre las sub-parcelas que no recibieron herbicida en otoño, y en promedio para los tres sitios experimentales ya que no se encontraron interacciones entre el sitio y las variables estudiadas (figura No. 13). Las diferencias en esta variable fueron explicadas principalmente por la interacción entre densidad de siembra y desecación química ($p=0.0091$), y la interacción entre densidad de siembra y rolado ($p= 0.0015$).

En líneas generales, los tratamientos desecados mediante rolado presentaron menor número de malezas con respecto a las desecadas mediante control químico, excepto para los tratamientos de mayor densidad 50 y 100 kg/ha⁻¹. Este resultado sugiere que, a bajas densidades de avena, la disposición de rastrojo que genera el rolado limitaría más la germinación de malezas en primavera en comparación con lo que sucede cuando se deseca químicamente donde el rastrojo no queda tan bien distribuido en la superficie del suelo y hay más oportunidades para que llegue luz a los estratos inferiores.

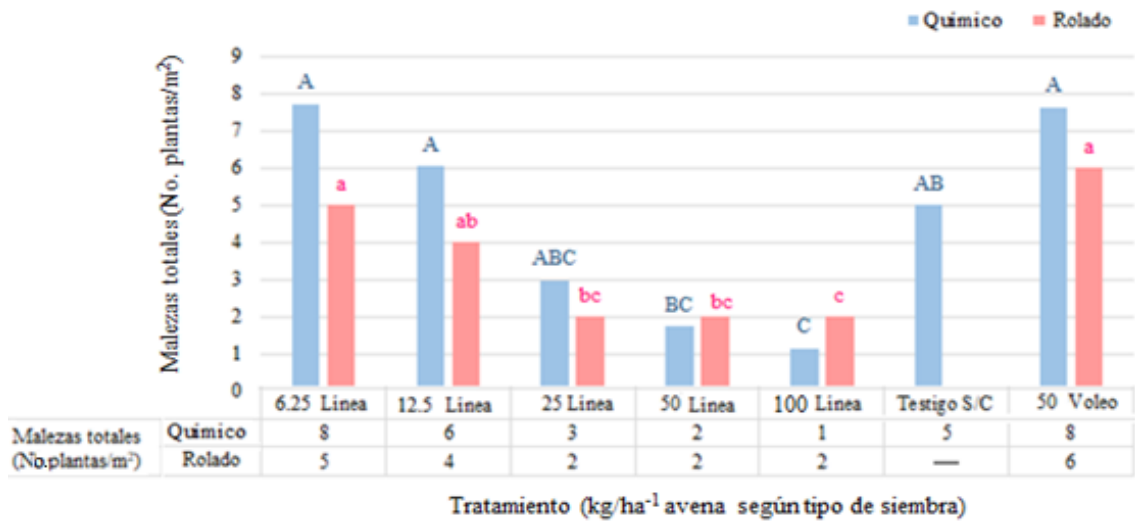
La densidad de 100 kg/ha⁻¹ desecada químicamente se diferencié estadísticamente del tratamiento testigo sin cobertura, presentando una reducción del 80 %. Si bien los tratamientos 25 y 50 kg/ha⁻¹ no presentaron diferencias significativas con respecto al testigo y con la densidad de 100 kg/ha⁻¹, la tendencia observada indica

claramente que a mayor cantidad de plantas de avena (mayores densidades) la densidad de malezas al inicio del cultivo de soja fue menor.

En las subparcelas desecadas mediante rolado, la densidad de 100 kg/ha⁻¹ presentó menor enmalezamiento que las parcelas de 6,25 y 12,25 kg/ha⁻¹ sembradas en línea y 50 kg/ha⁻¹ al voleo, se observa también una clara tendencia de las densidades más altas a presentar menor nivel de enmalezamiento.

La medición se efectuó en promedio 32 días posterior a la siembra de soja, lo que indica que el efecto supresor sobre las malezas obedece a la competencia que ejerció el CC durante su ciclo sumado al efecto del rastreo para disminuir nuevas emergencias de malezas en la primavera. Esto coincide con lo establecido por Bárberi y Mazzoncini (2001), que concluyen que el efecto residual de las coberturas quedaría operando por períodos de hasta 21 días. En cambio, Osipitian et al. (2018) demostraron mayor porcentaje de control hasta 49 días luego de la desecación.

Algunos autores sostienen que el intervalo entre la desecación de los CC y la siembra de soja (IDS), interfiere en la población de malezas durante el cultivo de soja. Piccolo de Lima et al. (2008a), evaluaron diferentes IDS (1, 10, 20 y 30 días) en avena desecada con glifosato, IDS de 10 a 20 días presentaron mayor eficiencia de control en el cultivo de soja posterior. Pereira et al. (2011), reportan que la avena negra reduce la densidad de malezas y su biomasa, siendo este efecto más acentuado, cuando se realiza un IDS de por lo menos 15 días, para la siembra de soja.



Las barras representan el promedio total del tratamiento principal en los tres experimentos, letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$) según el test de Fisher

Figura No. 13. Densidad de malezas en etapas iniciales del cultivo de soja, en función de la densidad de siembra de avena en subparcelas sin aplicación otoñal de avena, desecada mediante control químico o rolado

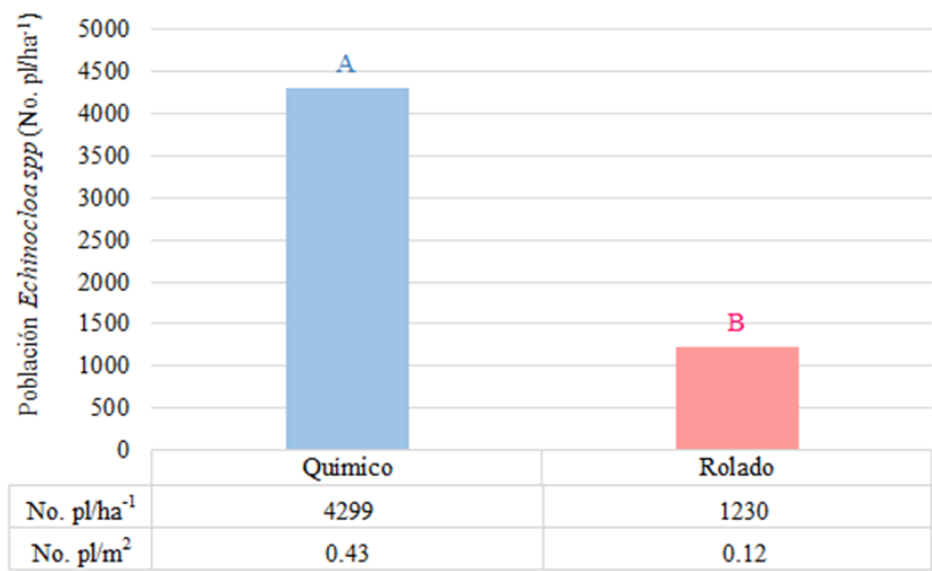
4.2.3 Densidad de *Echinochloa* spp en la etapa inicial del cultivo de soja

Echinochloa colona es muy competitiva llegando a ocasionar pérdidas mayores al 50 % en el rendimiento final de soja (Picapietra y Ponsa, 2015). Adicionalmente, en Uruguay hay casos documentados de poblaciones resistentes de *Echinochloa crus-galli* a herbicidas auxínicos e inhibidores de la enzima ALS (Heap, 2019) y muchos reportes de poblaciones de *Echinochloa* spp. que sobreviven a altas dosis de glifosato. Debido a su capacidad de interferencia, problemática de control y a que estas especies estaban presentes en los tres experimentos, se determinó específicamente la densidad de *Echinochloa* spp (figura No. 14) relacionada a las variables en estudio.

Dentro del género *Echinochloa* spp. (*echinochloa*) se agrupó *Echinochloa crus-galli* y *Echinochloa colona*, debido a la dificultad de identificar confiablemente a campo cada especie en estado de plántula.

La germinación de *echinochloa* fue claramente afectada por el efecto del rastrojo rolado, siendo este el único factor que explico la diferencia en las densidades de esta maleza entre tratamientos ($p = 0.010$). La densidad de *echinochloa* se redujo más de un 70% utilizando este método de desecación. Esta reducción puede explicarse por qué es

una especie que requiere indispensablemente de luz para emerger (Holm et al., citados por Dos Santos y Etchegoimberry, 2016).



Las barras representan el promedio de los tres experimentos, letras diferentes difieren significativamente ($p < 0.05$) según el test de Fisher

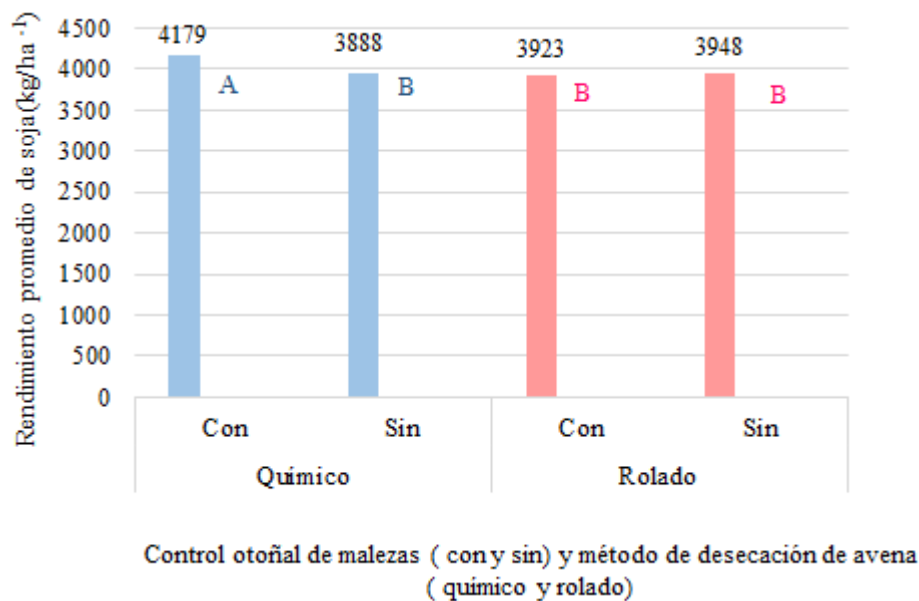
Figura No. 14. Densidad de *Echinochloa* spp posterior a la siembra de soja, en función del método de desecación de avena químico o rolado, en subparcelas sin aplicación otoñal

4.2.4 Rendimiento de soja

Se analizó el rendimiento promedio de soja de los tres sitios experimentales en conjunto. Este fue afectado únicamente por la interacción entre el control químico de otoño y el método de desecación ($p = 0.0189$), pero la magnitud de este efecto fue baja (figura No. 15).

Los tratamientos que recibieron control otoñal al macollaje de avena y esta se deseco químicamente, rindieron más que los demás. Sin embargo, la diferencia promedio con los tratamientos que no recibieron control de malezas otoñal y fueron desecados por medio del rolado fue solo de un 5%.

Resultados similares fueron señalados por Baigorria et al. (2012), usando triticales como CC desecado mediante rolado, este no afectó el rendimiento del cultivo de soja posterior.



Las barras representan el promedio total del tratamiento principal en los tres experimentos, letras diferentes difieren significativamente ($p < 0.05$) según el test de Fisher

Figura No. 15. Rendimiento promedio de soja (medias ajustadas y error estándar de la media) según el control de malezas en otoño y el método de desecación de avena

5. CONCLUSIONES

Las densidades de avena más altas, cubrieron el suelo más rápido. Inicialmente esto no se tradujo en un efecto supresor de la germinación de malezas, pero al final del ciclo de avena la biomasa de malezas fue reducida de manera muy importante (en torno a 90%) por el efecto de la competencia de la avena en las densidades más altas de siembra 25, 50 y 100 kg/ha⁻¹ y sus poblaciones logradas 103, 170 y 312 pl/m² respectivamente. La población obtenida en el cultivo de cobertura afectó el grado de enmalezamiento en el cultivo de soja posterior. La avena sembrada a densidades de 25 kg/ha⁻¹ (103 pl/m²) o superiores tuvo un efecto de control de malezas “residual” en la fase inicial del cultivo de soja.

Los resultados de estos experimentos también indican que la interferencia de malezas problemáticas como conyza y raigrás puede reducirse de manera importante utilizando el control cultural. También indica que esta reducción no solo es para una temporada, sino que la reducción en biomasa y consecuente reducción en la producción de semillas de estas malezas, permitiría, en teoría, ir disminuyendo la cantidad de semillas que reingresan al banco.

La población de soja no fue afectada por ninguno de los tratamientos evaluados, incluyendo el efecto del rolado sobre el cultivo de avena.

El rolado suprimió en un 70 % la germinación y desarrollo inicial de echinocloa, y no afectó el rendimiento de soja.

Todo esto tomado en conjunto, indica que el uso de avena como cultivo de cobertura invernal, ajustando el tipo y la densidad de siembra y el rolado como método de desecación, constituyen alternativas de manejo muy promisorias que pueden reducir la dependencia de herbicidas logrando interesantes controles de malezas problemas como raigrás, conyza y echinocloa sin afectar el rendimiento del cultivo de soja posterior. Los resultados de este trabajo respaldan la necesidad y posibilidad de realizar un manejo verdaderamente integrado de malezas en nuestros sistemas agrícolas; disminuyendo el foco puesto casi exclusivamente en el control químico e incluyendo otras herramientas y/o estrategias que también son de alto impacto para el control de malezas y contribuyen a la mejora sostenibilidad de estos sistemas.

6. RESUMEN

El manejo de malezas problemáticas y poblaciones resistentes a herbicidas ha ocasionado un incremento en el uso de estos productos. Esto ha llevado a un aumento en los costos, y en la preocupación por la sostenibilidad de los sistemas productivos. Dos de las principales especies de malezas reportadas como problemáticas en Uruguay son el raigrás (*Lolium multiflorum*) y la conyza (*Conyza* spp.). Son muy competitivas, de gran dispersión, y han sido seleccionadas para la resistencia a diferentes mecanismos de acción de herbicidas, complejizando su manejo y exigiendo la adopción de estrategias integradas de manejo. Dentro de éstas, los cultivos de cobertura (CC), y el rolado como método de desecación, son alternativas promisorias para el manejo de malezas resistentes, que apuntan a reducir el uso de herbicidas y contribuyen al desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles. Un experimento, replicado en los departamentos de Soriano, San José y Colonia, con el objetivo de evaluar: i) el control de malezas en función de diferentes densidades de siembra de avena negra (*Avena strigosa*), y ii) la utilización del rolado como método de desecación del cultivo de avena, y su efecto sobre el enmalezamiento, implantación y rendimiento del cultivo de soja (*Glycine max*) posterior. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos principales consistieron en cinco densidades de siembra en línea (6.25, 12.5, 25, 50, 100 kg/ha⁻¹), más un tratamiento también de 50 kg/ha⁻¹ sembrado al voleo. Además, se incluyó un testigo sin cobertura. Cada tratamiento (parcela principal) se subdividió en dos manejos (subparcela), con y sin aplicación de herbicidas (i.e. control de malezas de hoja ancha). Para la terminación del CC cada subparcela se subdividió a su vez en sub-subparcelas, una desecada mediante herbicidas y la otra mediante rolado. Durante el ciclo del CC, se midió la población de avena y producción de biomasa. Adicionalmente, se evaluó densidad, composición botánica y producción de biomasa de las malezas. Durante el ciclo de la soja se determinó población y rendimiento del cultivo, y densidad de malezas. Las densidades de 50 y 100 kg/ha⁻¹ de avena, cubrieron el suelo más rápido, inicialmente, pero esto no se tradujo en un efecto supresor de la germinación de malezas. Sin embargo, al final del ciclo de avena la biomasa de malezas fue reducida en 90%, 85%, y 90% solo por el efecto de la competencia de la avena en las densidades de 25, 50 y 100 kg/ha⁻¹ respectivamente. Los resultados de estos experimentos también indican que la interferencia de malezas problemáticas como conyza y raigrás puede reducirse de manera importante. La población de soja no fue afectada por ninguno de los tratamientos evaluados, incluyendo el efecto del rolado sobre el CC. La avena sembrada a densidades de 25 kg/ha⁻¹ o superiores tuvo un efecto de control de malezas “residual” en la fase inicial del cultivo de soja. El rolado suprimió en un 70 % la germinación y desarrollo inicial de *Echinochloa* spp. y no afectó el rendimiento de soja.

Palabras clave: Cultivos de cobertura; Densidad de siembra; Control cultural de malezas;

Manejo integrado de malezas.

7. SUMMARY

The management of difficult-to-control weed species has caused an increase in the use of herbicides, increasing costs and rising concerns on the sustainability of the productive systems. Annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) and horseweed (*Conyza* spp.) are two of the main weed species reported as problematic in Uruguay. They are very competitive widely dispersed and have been selected for resistance to different mechanisms of herbicide action making their management very difficult and demanding the adoption of integrated management strategies. Cultural control by cover crops (CC) and rolling as a suppression method, are promising alternatives for the management of resistant weeds and at the same time contribute to the sustainability of agricultural systems. One experiment, replicated in three different sites (Soriano San José and Colonia) was carried out with the objective of evaluating: a) weed control using different planting densities of black oats (*Avena strigosa*) and b) the use of rolling as a method of suppression of the CC, its effect on weed control, and the performance of the next crop in the rotation (soybean). The experiment was arranged in a randomized complete block design with three repetitions. The main treatments consisted of five planting densities (6.25, 12.5, 25, 50, 100 kg / ha⁻¹) planted with a seed drill machine and an additional treatment of 50 kg / ha⁻¹ that was broadcasted. A control check with no crop was also included. Each treatment (main plot) was divided into two ways (subplot) with and without herbicide application in the fall (i.e. broadleaf weed control). For the termination of the CC each subplot was subdivided into sub-subplots that were either sprayed with herbicides or rolled. Plant population and biomass production were assessed on the CC, whereas weed density, botanical composition and biomass production were evaluated on the weeds. During the soybean cycle, plant population, crop yield and weed density were determined. Oat planting densities of 50 and 100 kg / ha⁻¹ covered the ground faster initially but weed germination was not affected at this point. However, at the end of the oat cycle the weed biomass was reduced by 90%, 85% and 90% due to the effect of competition in the plots where oat was planted at 25, 50 and 100 kg ha⁻¹, respectively. The results of this work also indicate that the interference of problematic weeds such as conyza and ryegrass can be reduced. Soybean plant population was not affected by any of the treatments evaluated, including the effect of rolling the CC. Oats planted at densities of 25 kg ha⁻¹ or higher had a "residual" weed control effect at the beginning of the soybean crop. In plots where oat was rolled the number of plants of *Echinocloa* spp. was reduced by 70%, and soybean yield was not affected.

Keywords: Cover crops; Planting density; Cultural weed control; Integrated weed management.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ashford, D.; Reeves, D. 2003. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. *American Journal of Alternative Agriculture*. 18 (1): 37-45.
2. Balbinot, A.; Nunes, C.; De Moraes, A.; Backes, R. 2007. Infestação de plantas daninhas e produtividade de milho afetadas por épocas de dessecação de coberturas de inverno. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 6 (2): 134-142.
3. Ballare, C. 2009. Illuminated behaviour: phytochrome as a key regulator of light foraging and plant anti-herbivore defence. *Plant Cell and Environment*. 32: 713-725
4. Bárberi, P.; Mazzoncini, M. 2001. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. *Weed Science*. 49 (4): 491-499.
5. Brennan, E.; Smith, R. 2003. Cover crop cultivar and planting density impacts on cover crop productivity, and weed biomass and seed production in an organic system in the Central Coast of California. *In: California Plant and Soil Conference (2003, Modesto, California). Proceedings. s.l., American Society of Agronomy. pp. 80-88.*
6. _____.; _____. 2005. Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technology*. 19: 1017-1024.
7. _____.; _____.; Boyd, N.; Foster, F. 2009. Seeding Rate and Planting Arrangement Effects on Growth and Weed Suppression of a Legume-Oat Cover Crop for Organic Vegetable Systems. *Agronomy Journal*. 101 (4): 979-998.
8. Brust, J.; Gerhards, R. 2012. Lopsided oat (*Avena strigosa*) as a new summer annual cover crop for weed suppression in Central Europe. *In: German Conference on Weed Biology and Weed Control (25th., 2012, Braunschweig, Germany). German working meeting on issues of weed biology and control. Braunschweig, s.e. pp. 257-264.*

9. 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.
10. Campanhola, E.; Foletto, F. 2000. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. *Ciencias do Solo*. 24: 449-457.
11. Cazorla, C.; Baigorria, T. 2010. Antecesoros de maíz: barbecho o cultivos de cobertura. (en línea). Marcos Juárez, Argentina, INTA. 7 p. Consultado 20 may. 2019. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-antecesoros_de_maz.pdf
12. Dávila, E.; Elduayen, N. 2015. Efecto de diferentes coberturas de invierno antecesoras a la siembra de maíz en la dinámica del enmalezamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 45 p.
13. De Araújo, A.; Rodrigues, B. 2000. Manejo mecânico e químico da aveia preta e suas influências sobre a taxa de decomposição e o controle de plantas daninhas em semeadura direta de milho. *Planta Daninha*. 18 (1): 151-159.
14. Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 1998. InfoStat versión 2011. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo InfoStat. s.p. Consultado 12 set. 2019. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
15. Dos Santos, J.; Etchegoimberry, P. 2016. Evaluación de tratamientos herbicidas de pre y postemergencia para el control de capín (*Echinochloa colona*) en soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 44 p.
16. DOWAGRO (Dow Agrosience, AR). s.f. No más Conyza. Importancia de la problemática. (en línea). s.l. s.p. Consultado 26 nov. 2019. Disponible en <http://www.dowagro.com/argentina/conyza/index.htm>
17. Félix, A.; Urioste, S. 2016. Primer reporte de resistencia a glifosato en poblaciones de *Lolium multiflorum* Lam en Uruguay y susceptibilidad de

estas a herbicidas inhibidores de la Accasa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 43 p.

18. Ferber, C. 2016. Efecto de distintas coberturas invernales en la dinámica del enmalezamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p.
19. Fernández, G. 2011. Estrategias de manejo para la problemática actual de malezas en Uruguay. In: Simposio Nacional de Agricultura (2º., 2011, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.
20. _____.; Villalba, J.; Scaglia, L. 2013. El manejo de herbicidas y la situación actual de malezas. In: Simposio Nacional de Agricultura (3º., 2013, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.
21. Flower, K.; Cordingley, N.; Ward, P.; Weeks, C. 2012. Nitrogen, weed management and economics with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*. 132: 63-75.
22. García Préchac, F. 1992. Aspectos básicos del comportamiento de suelos en siembra directa: propiedades físicas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 15 p.
23. Gfeller, A.; Herrera, J.; Tschuya, F.; Wirth, J. 2018. Explanations for amaranthus retroflexus growth suppression by cover crops. *Crop Protection*. 104: 11-20.
24. Hartwig, N. 1977. Nutsedge control in no-tillage corn with and without a crownvetch cover crop. *Northeastern Weed Science Society*. 31: 20-23.
25. _____. 1989. Influence of crownvetch living mulch on dandelion invasion in corn. *Proc. Northeastern Weed Science Society*. 43: 25-28.
26. Hartwig, N.; Ammon, H. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science*. 50 (6): 688-699.

27. Heap, I. 2019. Resistance weed by species. (en línea). s.l., International Survey of Herbicide Resistant Weeds. s.p. Consultado 25 nov. 2019. Disponible en <http://www.weedscience.org/>
28. Hoffman, E.; Perdomo, C.; Ernst, O.; Bordoli, M.; Pastorini, M.; Pons, C.; Borghi, E. 2010. Manejo del nitrógeno en cultivos de invierno en Uruguay. Propuesta para el manejo del nitrógeno en cultivos de invierno en Uruguay. *Informaciones Agronómicas*. 46: 13- 18.
29. 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.
30. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad Agroclima y Sistema de Información, UY). 2016. Banco de datos de las estaciones agroclimáticas del INIA. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 17 set. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
31. Kornecki, T.; Raper, R.; Price, A. 2005. Effectiveness in terminating cover crops using different roller implements. *In*: Tillage Conference Southern Conservation (26th., 2004, South Donahue Drive Auburn, Alabama). Proceeding. s.n.t. pp. 336-345.
32. _____.; Price, A.; Arriaga, F.; Raper, R. 2010a. Effects of rolling operations on cover crops termination, soil moisture, and soil strength in a Southeastern US no-till system. *In*: World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World (19th., 2010, Brisbane, Australia). Proceeding. s.n.t. pp. 80-83.
33. _____.; Price, A. 2010b. Engineering and ginning: effects of different roller/crimper designs and rolling speed on rye cover crop termination and seedcotton yield in a no-till system. *The Journal of Cotton Science*. 14 (4): 212-220.
34. Lemerle, D.; Verbeek, B.; Cousens, R.; Coombes, N. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research*. 36: 505-513.

35. _____.; Cousens, R.; Gill, G.; Peltzer, S.; Moerkerk, M. 2004. Reliability of higher seeding rates of wheat for increased competitiveness with weeds in low rainfall environments. *Journal of Agricultural Science*. 142 (4): 395-409.
36. Martins, D.; Gomes, C.; Da Silva, A. 2016. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. *Revista Ciência Agronômica*. 47: (4): 649-657.
37. Mauli, M., Pereira, L.; Medina, D.; Piccolo de Lima, G.; Ralish, R. 2011. Variation on the amount of winter cover crops residues on weeds incidence and soil seed bank during an agricultural year. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 54 (4): 683-690.
38. Merotto, J. A.; Fisher, A. J.; Vidal, R. A. 2009. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. *Planta Daninha*. 27 (2): 407-419.
39. Metzler, M.; Peltzer, H. 2012. Manejo de malezas tolerantes a glifosato en barbecho químico; control de rama negra. (en línea). *Copaer*. no. 42: 16-21. Consultado 19 nov. 2019. Disponible en http://www.copaer.org.ar/documentos/revistas/revista_42_vista.pdf?PHPSESSID=6822be998392211662f8a69ec0020161
40. _____.; Puricelli, E.; Papa, J. C. 2013. Manejo y control de rama negra. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 19 nov. 2019. Disponible en <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2013/10/Metzler.-Manejo-y-control-de-Rama-negra.pdf>
41. MGAP. DGRNR. CONEAT (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, UY). 1994. Índice de productividad grupos CONEAT. (en línea). Montevideo. 62 p. Consultado 15 oct. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-recursos-naturales/suelos/coneat/grupos-coneat>
42. Mohler, C.; Liebman, M. 1987. Weed productivity and composition in sole crops and intercrops of barley and field pea. *Journal of Applied Ecology*. 24: 685– 699.

43. _____.; _____.; Staver, C. 2001. Ecological Management of Agricultural Weeds: enhancing the competitive ability of crops. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 529 p.
44. _____. 2013. Ecological Bases for the Cultural Control of Annual Weeds. *Journal of Production Agriculture*. 9: (4): 468-474.
45. Olsen, J.; Kristensen, L.; Weiner, J.; Griepentrog H. 2005. Increased density and spatial uniformity increase weed suppression by spring wheat. *Weed Research*. 45:316–321.
46. Ormeño, O.; Quiroga, A. 2001. Cobertura; aspectos del manejo en relación con la conservación de los suelos y el agua. INTA. Boletín de Divulgación Técnica no. 72. 32 p.
47. Osipitian, A.; Dille, A.; Assefa, Y.; Knezevic, Z. 2018. Cover crop for early season weed suppression in crops: systematic review and meta-analysis. *Agronomy Journal*. 110(6): 2211-2221.
48. Pereira, R.; Alves, P.; Correa, M.; Dias, T. 2011. Influência da cobertura de aveia-preta e milho sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Recife)*. 6 (1): 1-10.
49. Picapietra, G.; Ponsa, J. 2015. Competencia y manejo de capín de arroz (*Echinochloa colona* L. Link) en el cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr.). (en línea). Pergamino, Buenos Aires Argentina, casa editora. s.p. Consultado 23 nov. 2019. Disponible en <https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2015/11/Ponsa-y-Picapietra-Competencia-y-manejo-de-Capin-de-Arroz-en-el-cultivo-de-Soja.pdf>
50. Piccolo de Lima, G.; Pereira, L.; Da Silva, A.; Souza, F.; Teixeira, A.; Opazo, M. 2008a. Incidence of weeds species and soybean productivity under vegetal covering crops. *In*: International Conference of Agricultural Engineering. (37th, 2008, Río de Janeiro, Brasil). Proceeding. s.n.t. s.p.
51. _____.; _____.; Mauli, M.; Medina, D.; Smanhotto, A. 2008b. Seedlings emergence, plants heights and yield of soybean seeded under cover crops with black oat, forage turnip and vetch. *In*: International Conference of

Agricultural Engineering. (37th., 2008, Río de Janeiro, Brasil).
Proceeding. s.n.t. s.p.

52. Putnam, A.; Defrank, J. 1983. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*. 2: 173–181.
53. Rehmani, C. 2016. Effect of Plant Density on Ryegrass Plants. (en línea). s.n.t. p. irr. Consultado 11 de nov. 2019. Disponible en https://s3-us-west-2.amazonaws.com/oww-files-public/b/b2/Bio_111_Ryegrass_Plants.docx
54. Sawchik, J.; Siri, G.; Ayala, W.; Barrios, E.; Bustamante, M.; Ceriani, M.; Gutiérrez, F.; Mosqueira, J.; Otaño, C.; Pérez, M.; Piñeiro, G.; Pinto, P.; Terra, J.; Zarza, R. 2015. El sistema agrícola bajo amenaza: ¿qué aportan los cultivos de cobertura y/o las pasturas cortas? *In*: Simposio Nacional de Agricultura (4^o., 2015, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, s.e. pp. 150-168.
55. Schwinning, S.; Weiner, J. 1998. Mechanisms determining the degree of size-asymmetry in competition among plants. *Oecología*. 113: 447–455.
56. Siri, G.; Ernst, O. 2011. Raigrás como cultivo de cobertura: efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. *Cangüé*. no. 31: 18-27.
57. Theisen, G.; Vidal, R.; Fleck, N. 2000. Redução da infestação de brachiaria plantacinea em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. *Pesquisa Agropecuaria*. Brasília. 35 (4): 753-756.
58. Teasdale, J.; Beste, C.; Potts, W. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residues. *Weed Science*. 39: 195–199.
59. _____.; Mohler, C. 1993a. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*. 85: 673–680.
60. _____.; Daughtry, C. 1993b. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Science*. 41: 207–212.
61. _____. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*. 9: 475–479.

62. Vidal, R.; Trezzi, M. 2004. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - Plantas em desenvolvimento vegetativo. *Planta Daninha* 22(2): 217-223.
63. Weiner, J.; Griepentrog, H.; Kristensen, L. 2001. Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology*. 38: 784–790.
64. _____.; Galland, E. 2015. Crop–Weed Competition. In: *Encyclopedia of life science*. 2nd. ed. Chichester, Wiley. p. irr.
65. Williams II, M.; Mortensen, D.; Doran, J. 1998. Assessment of weed and crop fitness in cover crop residues for integrated weed management. *Weed Science*. 46 (5): 595–603.
66. _____.; _____.; _____. 2000. No-tillage soybean performance in cover crops for weed management in the western corn belt. *Journal of Soil and Water Conservation*. 55 (1): 79-84.