

SIEMBRA DIRECTA CON ABONOS VERDES

J.C. Gilsanz¹, J. Volpi²

Ing. Agr. Msc INIA-Las Brujas, Programa Producción Hortícola

²Ing. Agr. Msc Facultad de Agronomía UdelaR

1. Introducción

El cultivo de cebolla presenta dos momentos de alta demanda de mano de obra, el trasplante y la cosecha. La mecanización del cultivo es una alternativa para la reducción del uso de la mano de obra. La siembra directa es un método que reduce los costos por eliminar la etapa de transplante, pero es una tecnología que presenta dificultades para implementar, requiere un manejo riguroso del cultivo en las primeras etapas, para lograr un buen control de malezas y una buena implantación.

Concepto de Cultivos de Cobertura, Abonos Verdes

Se refiere al uso de cultivos, residuos de cultivos y restos vegetales con el objetivo de mantener y/o mejorar la calidad y salud de los suelos. Los residuos se pueden usar con diversos fines: cubrir la superficie del suelo (cultivos de cobertura), incrementar su fertilidad (abonos verdes), reciclar nutrientes (cultivos trampa). En esta publicación trataremos indistintamente el término abonos verdes como coberturas vegetales.

El uso de cultivos que cubran el suelo, como abonos verdes en laboreo reducido, colabora con el mejoramiento en la calidad de suelo, mantenerlo cubierto y controlar las malezas. Este efecto de control de malezas puede estar dado por un efecto en la luminosidad, temperatura y humedad debajo de la cobertura que no permite que se rompa la latencia de las semillas de malezas, una barrera física a la emergencia de plántulas, o a la liberación de sustancias químicas que inhiben la germinación de malezas (alelopatía).

Desde el 2007 el Programa de Producción Sustentable de INIA Las Brujas ha venido evaluando diversas especies de abonos verdes y entre las características a determinar están las capacidades en el control de malezas.

La cátedra de mecanización agrícola de la Facultad de Agronomía viene realizando desde el año 2013 ensayos de instalación de cebolla en siembra directa sobre coberturas vegetales.

2. Qué es la Alelopatía

Las plantas en su evolución han desarrollado rutas de biosíntesis en las cuales sintetizan y acumulan metabolitos secundarios. Estos desempeñan un papel vital en las interacciones entre las plantas y otros organismos del ecosistema (Minorsky, 2002). Los efectos van desde la inhibición al crecimiento de las plantas vecinas, hasta la pérdida de la germinación de las semillas, este fenómeno es conocido como alelopatía (Qasem, 1994).

Los metabolitos deben ser liberados por la planta donadora para ejercer su efecto. Hay cuatro maneras de que esto suceda:

1. Lavado de compuestos químicos desde la planta donadora a la receptora ej. Nogal (Bode, 1958).
2. Compuestos volátiles fitotóxicos de partes verdes de la planta, e.j. *Salvia leucophylla* and *Artemisia californica* (Halligan, 1973).
3. Compuestos fitotóxicos de la descomposición del residuo, ej. Centeno (*Secale cereale*) usado como mulch (Barnes and Putnam, 1986).
4. Compuestos fitotóxicos liberados por las raíces de la planta donadora, ej arroz (Navarez and Olofsdotter, 1996; Olofsdotter et al., 1997).

La mayoría de los metabolitos secundarios más abundantes y vinculados a este tema son los compuestos fenólicos.

Estos compuestos son conocidos por sus efectos en la inhibición de la germinación de semillas y del crecimiento de plantas.

Dentro de los factores a considerar para la siembra directa en presencia de residuos están, que abono verde usar, si este abono verde puede tener efecto alelopático sobre la semilla de cebolla. Las interrogantes a contestar refieren a cuando “quemar” el abono verde y cuánto tiempo debe esperarse para sembrar la cebolla en siembra directa sin tener efectos alelopáticos perjudiciales.

3. Qué se vio a nivel de laboratorio

3.1 Ensayos realizados en INIA

Con el objetivo de evaluar la capacidad alelopática a través del tiempo en el año 2013 y 2014 se evaluaron las capacidades alelopáticas de cuatro especies de abonos verdes, Avena Negra (*Avena Stigrosa Schreb*) cv “Strigosa”, Triticale (*Triticum Secale*) cv “Inia Carace”, Moha (*Setaria Italica (L) P.Beauv*) cv “Estero Gigante” y Teff (*Eragrostis Tef (Zucc.) Trotter*) cv “Emerald” mediante bioensayos con semilla de la semilla de cebolla (*Allium cepa*) cv. “Pantanosos”. También se midieron el contenido de fenoles totales.

Materiales y Métodos

Mediante bioensayos exponiendo la semilla de cebolla a extractos acuosos de distintos abonos verdes obtenidos semanalmente utilizando la metodología de Qasem, 2001. Se hicieron crecer plantas de los dos cultivos en un invernáculo de vidrio durante 44 días, para ello se tomaron recipientes de 1.8 L en los cuales se hicieron crecer semillas de de los abonos verdes a la densidad recomendada de estos cultivos. A las plantas se les cortó el riego dos días antes de su cosecha. Las plantas fueron cortadas a la altura de cuello y su follaje fue trozado en

pedazos de 5 cm de longitud. Los restos se colocaron en bolsas de rejilla de 0.5 cm y luego depositadas en el campo con el fin de evaluar su capacidad alelopática a través del tiempo.

Para el ensayo con Avena y Triticale cada dos semanas se retiraba del campo una muestra, en el ensayo con Moha y Teff se retiraban todas las semanas y se colocaban en una bandeja con agua destilada, durante 24 hs para generar el lavado de los metabolitos. En placas de petri se colocaron 20 semillas de cebolla (*Allium cepa*) cv. "Pantanosos", a un grupo de 4 placas se les aplicó 10 cc del extracto de los abonos verdes y a otro grupo de 4 placas se les aplicó 10 cc de agua destilada. Las placas eran envueltas en papel y colocadas en una cámara de germinación a 25°C por 144 hs. Luego se midió la germinación y largo de radícula de las plántulas de lechuga. Se estableció el Índice de Reducción en el largo de la radícula de las semillas de cebolla donde $IR\% = ((LRTEST - LRTRAT) / LRTEST) * 100$ y el Índice de Vigor donde $IV = (\% \text{ Germinación} \times LR) / 100$. Con el extracto sobrante se determinó el contenido en fenoles totales utilizando la técnica de Folin Ciocalteu.

Abonos verdes de invierno

Con extracto de Avena las semillas de cebolla presentaron una tasa de reducción máxima en el largo de la radícula del 93,7 % en la semana 4. La germinación evolucionó de manera similar con un mínimo del 26% en la semana 6. Con extracto de Triticale la máxima reducción de semilla se dio en la semana 4 y la reducción máxima en la germinación fue en la semana 6. Los residuos de triticale presentaron por más tiempo el efecto inhibitorio de la radícula de las semillas de avena negra, en la germinación la respuesta de ambos abonos verdes fue similar.

Cuadro 1. Evolución del Índice de Reducción en el largo radícula de la semilla de cebolla cv Pantanosos (%) a lo largo del tiempo, ensayo 2013

Semana	*S0	S2	S4	S6	S8
Triticale	58,7	71,9	91,7	90,4	56,5
Avena	33,5	86,3	93,7	68,5	38,8

*_SE0=Semana 0 y así sucesivamente

En el cuadro 2 se presentan los datos del Índice de Vigor de la semilla, los valores del testigo son mayores que los de los tratamientos con extracto de Triticale y Avena Negra.

Cuadro 2. Evolución del Índice de Vigor la semilla de cebolla cv Pantanosos (%) a lo largo del tiempo, ensayo 2013

Semana	*S0	S2	S4	S6	S8
Testigo	5,99	10,07	10,62	10,63	7,15
Triticale	1,88	2,05	0,88	0,92	1,25
Avena	2,05	1,18	0,49	0,92	3,05

*_SE0=Semana 0 y así sucesivamente

En una tesis realizada con la Universidad de la Empresa (2015-2016), (Pimienta, E, 2016) y utilizando similar metodología se observaron similares sobre la semilla de cebolla con restos de Avena Negra Avena Negra (*Avena Stigrosa Schreb*) y Centeno (*Secale Cereale (L)*).

En este trabajo se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, las semanas y la interacción entre ambas variables ($p < 0,001$). En lo que respecta a los tratamientos, avena y centeno produjeron un índice de reducción del largo de radícula de la cebolla significativamente. La semana 3 presentó el mayor índice de reducción del largo de radícula de la cebolla. Al evaluar el efecto de las semanas en el índice de reducción del largo de radícula de la cebolla, se encontró una menor reducción del largo radicular en las semanas 1, 2 y 7. La semana 7 se correspondió con el menor efecto en la reducción de radícula.

Abonos verdes de verano

Con respecto a los abonos verdes de verano, en trabajos realizados en la Est. Expt. Las Brujas, La Moha presentó la reducción máxima en el largo de la radícula de la semilla de cebolla se dio en la primera semana para descender luego de la tercer semana luego de haber sido quemado el abono verde por efectos climáticos, lo mismo sucedió con la germinación. Con el Teff la máxima reducción se presentó en la semana 2 y la germinación en la semana 5. La germinación siempre fue deprimida respecto al testigo a lo largo de todo el ciclo. El contenido de fenoles totales siguió la misma tendencia.

En una tesis de maestría (2015-2017) que se está realizando en la Est. Exp. Las Brujas, evaluando el efecto de abonos verdes de verano moha Moha (*Setaria Italica (L) P.Beauv*) y Teff (*Eragrostis Tef (Zucc.) Trotter*), como resultados preliminares se observó La semana 3 presentó el mayor índice de reducción del largo de radícula de la cebolla al crecer sobre los extractos de estos abonos verdes.

3.2 Ensayo realizado en Facultad de Agronomía.

Con el objetivo de estudiar el efecto de la duración del barbecho químico (periodo desde que se controla químicamente la cobertura hasta que se siembra el cultivo de cebolla), en la germinación del cultivo de cebolla, se realizó en 2015 un ensayo donde se evaluó la germinación de semillas de cebolla en condiciones controladas, utilizando extractos de cultivo de avena.

Materiales y métodos

Se realizó un cultivo de avena a campo, sembrado en parcelas en diferente fecha, luego se controló con herbicida a los 40 días y se tomaron muestras de todas las parcelas el mismo día, por lo tanto el periodo desde que se controló la avena hasta que se tomó la muestra fue distinto. Las muestras se tomaron en el campo con cuadros 0,3 m de lado se extrajeron todos los restos vegetales de la parte aérea del cultivo de cobertura. Se dejó reposar los restos vegetales sobre agua destilada durante 24 horas y se extrajo una muestra de agua que se puso en placa de Petri con 30 semillas de cebolla. Luego se pusieron a germinar en estufa a 25°C.

Resultados

En la figura 1 se observa que la germinación fue afectada por la duración del barbecho químico, y este efecto está dado seguramente por la liberación de sustancias que inhiben la germinación.

Dado que este ensayo se realizó en laboratorio, y el único factor que varió entre parcelas fue el agua donde germinaron las semillas de cebolla, se puede decir que las sustancias liberadas por el cultivo de cobertura son las que condicionaron la germinación.

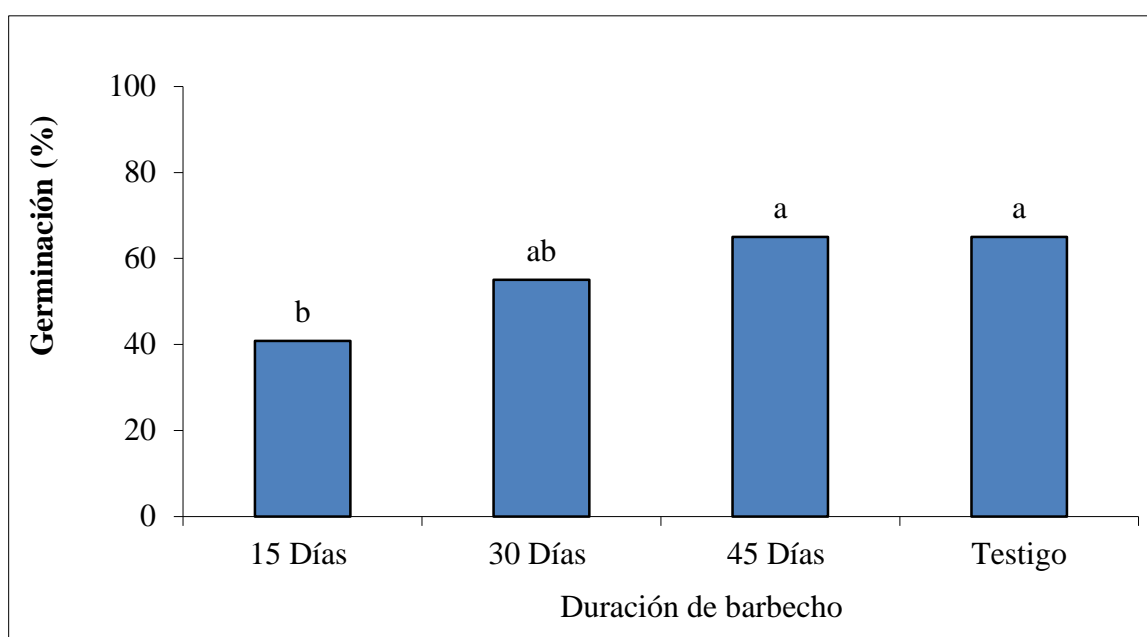


Figura 1. Germinación de cebolla a los 14 días.

4. Etapa de Cultivo

4.1 Ensayos realizados en INIA

A partir del 2015 se comenzaron ensayos de implantación del cultivo de cebolla en siembra directa en la Est. Exp. Las Brujas. Para ello se utilizó una sembradora Agrícola Italiana modelo SN-130 modificada para trabajar en presencia de residuos de abonos verdes. La idea de ese experimento es ajustar a nivel de campo la siembra directa de cebolla con distintos tipos de abonos verdes.

En el ciclo 2015 se instaló un ensayo con abonos verdes de verano al 100 y 50% de su densidad de siembra. Las especies fueron Sorgo forrajero (*Sorghum Vulgare (M.)*) cv "Don Verdeo", Teff (*Eragrostis Tef (Zucc.) Trotter*) cv "Emerald", Moha (*Setaria Italica (L) P.Beauv*) cv "Estero Gigante" y Pasto Italiano (*Pennisetum Americanum (L)*) cv "Equus". Las cantidades de semilla empleada por especie fueron: Sorgo 60 kg/ha, Teff 15 kg/ha, Moha 30 kg/ha y Pasto Italiano 15 kg/ha (al 100% de su densidad). El diseño utilizado fue bloques al azar con cuatro

repeticiones. Este cultivo sufrió una severa restricción de agua en la época de instalación y posterior obteniéndose resultados muy bajo en su implantación. En la figura 2 se presentan los % promedios de germinación de las cuatro repeticiones. El promedio de germinación fue de 15% en todo el ensayo, siendo más elevada al disminuir la densidad de siembra de los abonos verdes.

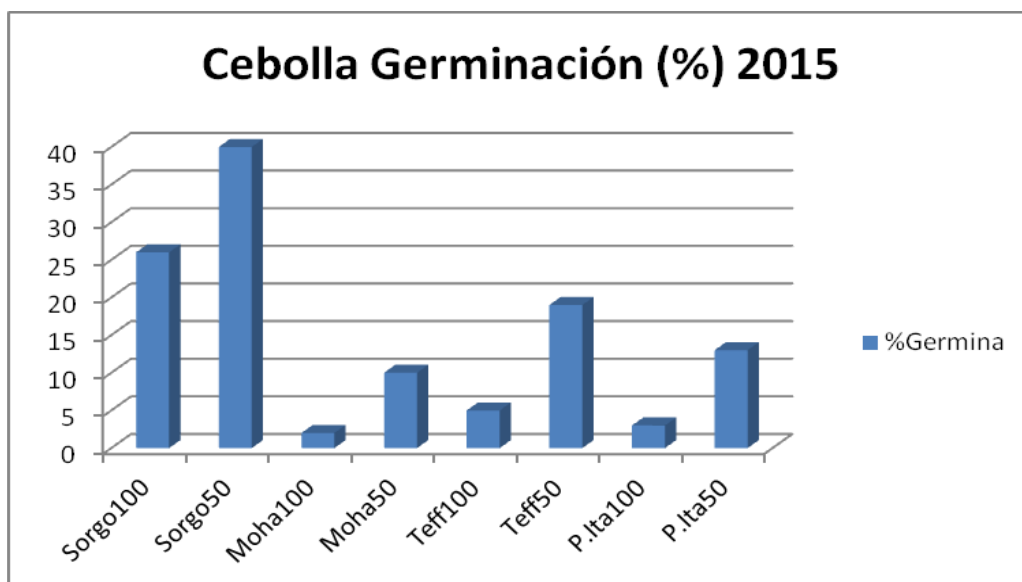


Figura 2. Cebolla germinación a campo año 2015

Para el año 2016 se planteó el mismo trabajo con modificación en las densidades de siembra de abonos verdes ya que la dosis del 100 % de lo recomendado creaba dificultades en la siembra para la máquina. Se utilizaron los mismos cultivos a una densidades de siembra al 75 y 50 % de lo recomendado, más un testigo sin abonos verdes. Se usó la misma sembradora. El diseño utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. En el siguiente cuadro se presentan los distintos volúmenes (Ton/ha) para los distintos abonos verdes al momento de la muerte del abono verde.

Cuadro 3 Toneladas por hectárea de los distintos abonos verdes 2016

Abonos verdes	Ton/ha
Moha 75	12,4
Moha 50	5,2
Teff 75	12,4
Teff 50	8,4
Sorgo 75	38,5
Sorgo 50	22

El número de plantas por metro lineal promedio obtenido se presenta en la gráfica siguiente. Se observa que al incrementar la densidad de siembra disminuye el número de plantas establecidas. El promedio del ensayo fue de 25 pl/m lineal. El tratamiento con mayor número de plantas fue el de la moha, seguidos del tratamiento testigo y el sorgo.

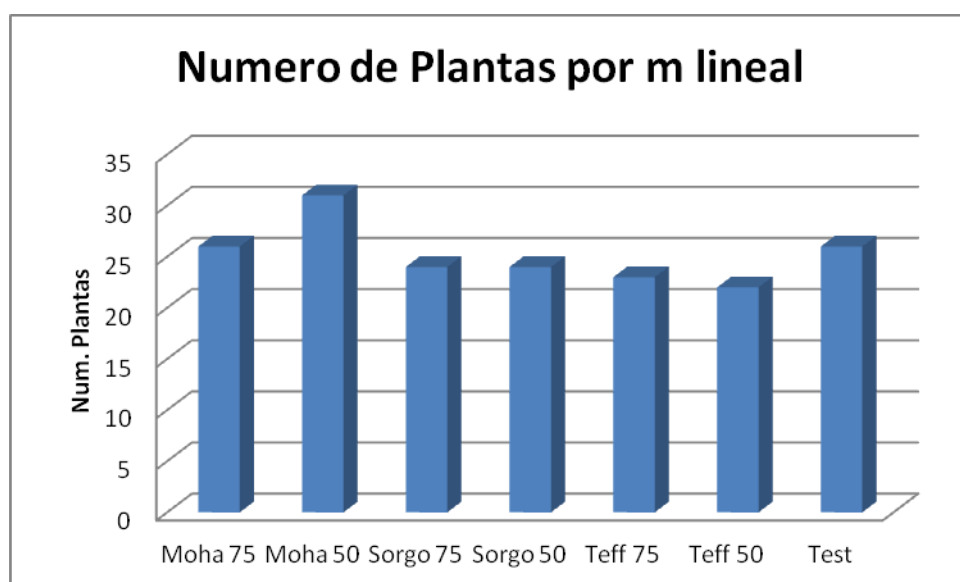


Figura 3. Número de plantas promedio para los distintos abonos verdes 2016

Se evaluó paralelamente la infestación de malezas pos siembra en la siguiente figura se presentan los pesos secos de malezas por m² de acuerdo a los tratamientos.

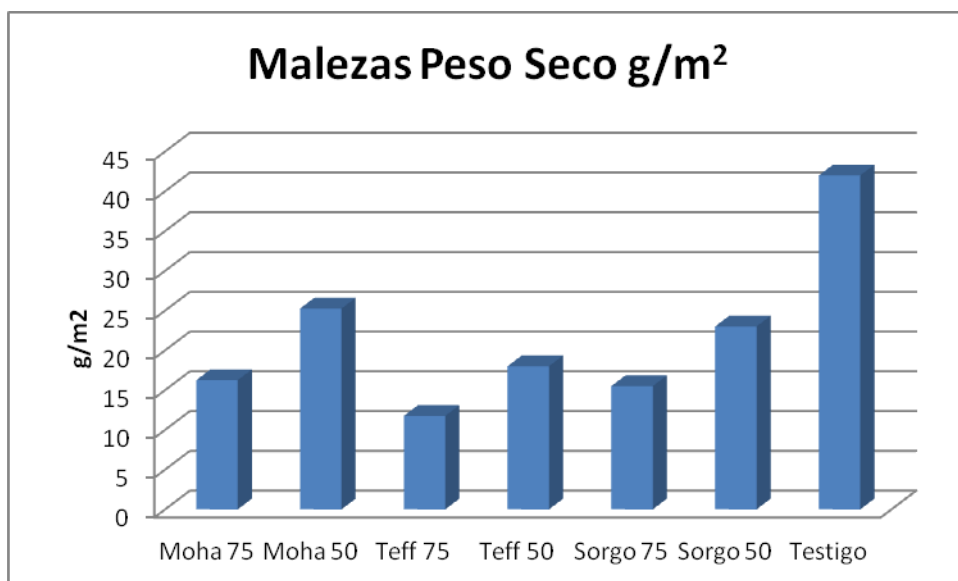


Figura 4. Peso seco de malezas promedio para los distintos abonos verdes 2016

Lo que es posible observar es que el tratamiento de suelo desnudo presentó la máxima infestación. En los tratamientos con abonos verdes, a medida que bajamos la densidad de siembra la infestación aumenta.

Las malezas predominantes en el ensayo fueron: Stelaria, Mastuerzo, Spergula, Cerastium, Ajillo, Taraxacum, Lamiun, Baulecia, Pega Lana, Poa

Luego de establecido el cultivo se muestrearon plantines y se evaluaron sus parámetros fisiológicos como: Número de hojas, Peso fresco total, Peso fresco de Raíz, Largo de planta. En el cuadro 4 se presentan los datos relacionados con estas variables para los distintos tratamientos.

Cuadro 4_ Número de hojas, Peso fresco total, Peso fresco de Raíz y Largo de planta, en plantines de cebolla 2016.

Tratamiento	Num Hoj	PFTOT	PFRAIZ	Largo PL
	#	g	g	mm
Moha 75	1,9	1	0,3	7,4
Moha 50	2,1	1,3	0,5	7,7
Sorgo 75	2,1	1,2	0,3	7,7
Sorgo 50	2	1,4	0,4	8,1
Teff 75	2,1	1,4	0,4	8
Teff 50	2,1	1,3	0,3	7,9
Testigo	2	1,2	0,3	7,5
C.V.	7,3	8,1	0,08	7,6
Pr>F	0,7	0,002	0,1	0,6

En la mayoría de los parámetros evaluados no hay diferencias entre los tratamientos excepto en peso fresco total.

4.2 Ensayos realizados en Facultad de Agronomía

Con el objetivo de evaluar el efecto de la utilización de cultivos de cobertura y la duración del barbecho químico (periodo desde que se aplica herbicida hasta que se siembra cebolla) sobre la implantación y desarrollo del cultivo se realizaron en la EEFA ensayos durante tres años.

Materiales y métodos

En el año 2013 se realizó un ensayo comparando el suelo sin cobertura con el suelo cubierto por dos cultivos de cobertura: Avena (*Avena sativa* L.) y Moha (*Setaria Italica* (L) P.Beauv). En dicho año las coberturas fueron controladas químicamente 20 días antes de ser sembrada la cebolla. Las variables estudiadas fueron implantación y rendimiento.

En el año 2014 y 2015 se evaluó el efecto de la duración del barbecho químico sobre la implantación del cultivo de cebolla, en ambos casos la cobertura utilizada fue avena. Para provocar diferentes largos de barbecho químico se sembraron los cultivos de cobertura en diferentes fechas, se les dio un periodo de crecimiento de 40 días y se aplicó herbicida, luego se sembró la cebolla el mismo día para todos los tratamientos, logrando diferentes periodos de barbecho que fueron desde cero días hasta 45 días en 2014 y 15 días a 45 días en 2015.

Resultados

Año 2013

La implantación del cultivo sobre suelo sin cobertura fue mayor que la del cultivo sembrado sobre suelo con cobertura, sin marcar diferencias entre los cultivos de cobertura utilizados (figura 5).

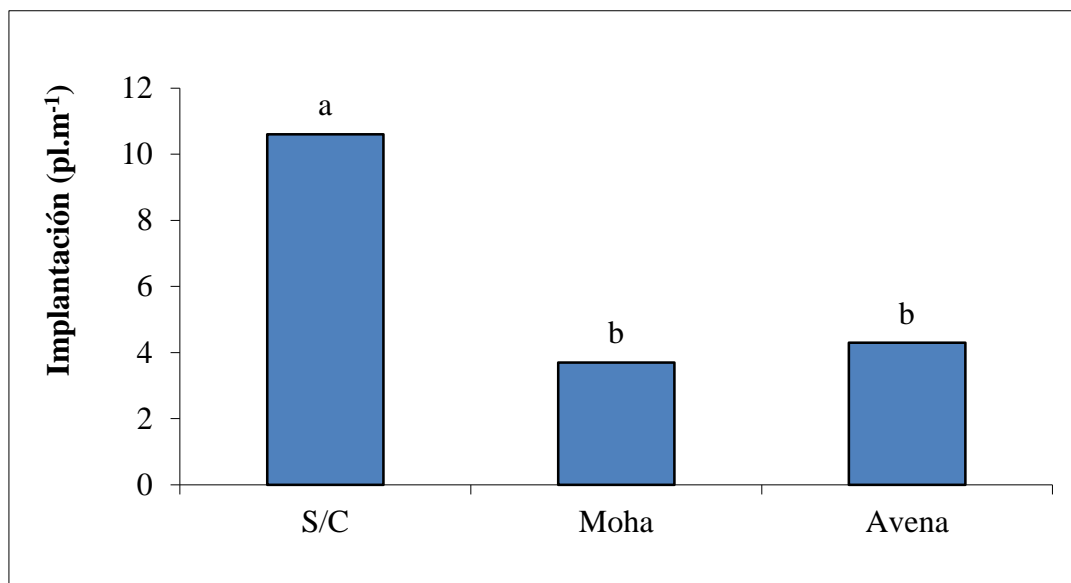


Figura 5. Implantación evaluada a los 30 días post siembra.

El rendimiento también fue mayor en el cultivo sembrado sobre suelo sin cobertura, en este caso se observó una diferencia entre las coberturas utilizadas, siendo mayor el rendimiento en el suelo cubierto por moha (figura 6). La diferencia entre el suelo sin cobertura y suelo con cobertura está dada por el número de plantas logradas, que llevan a un mayor rendimiento.

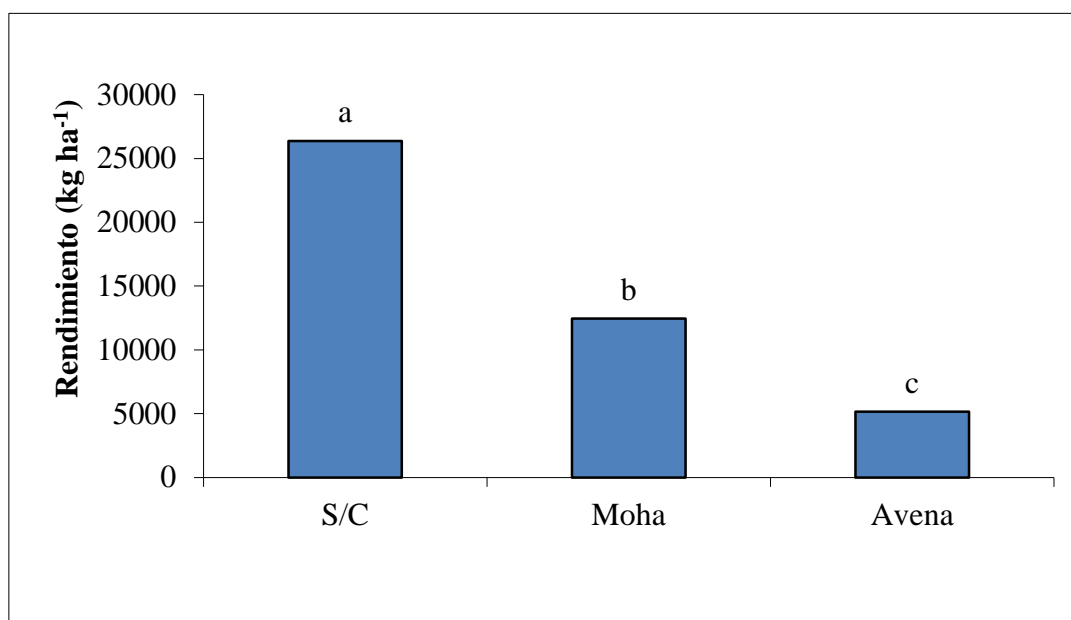


Figura 6. Rendimiento

Año 2014

La implantación evaluada a los 30 días fue menor en los tratamientos de 0 y 15 días de barbecho, obteniendo los mayores valores de implantación en los tratamientos de 30 y 45 días de barbecho, y el tratamiento testigo (sin cobertura), que no se diferenció de estos dos últimos (figura 7).

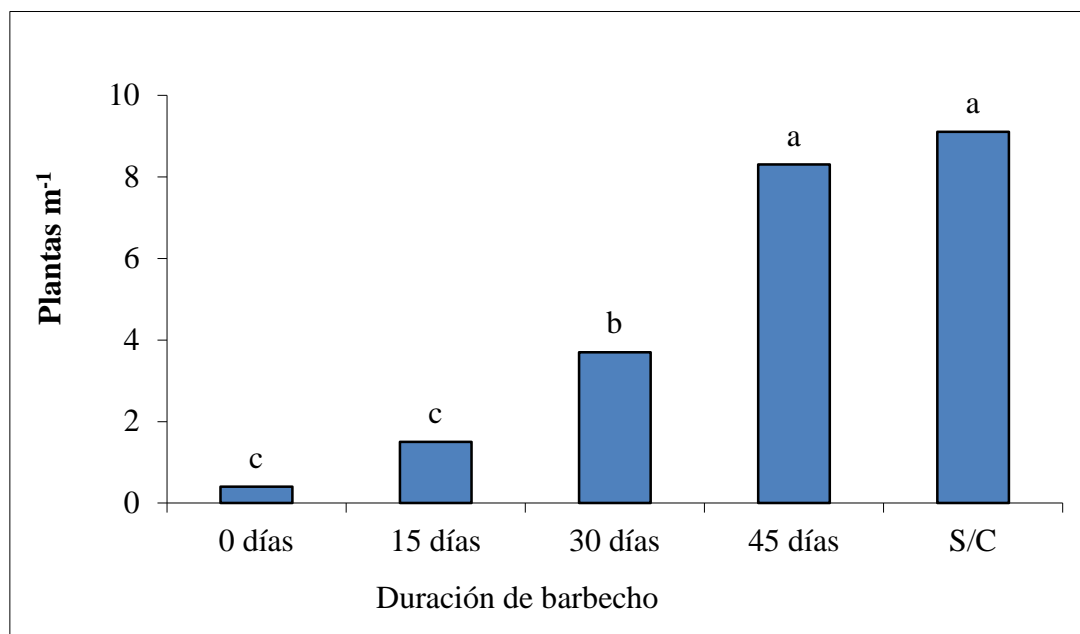


Figura 7. Implantación a los 30 días post siembra.

Año 2015

No hubo diferencias en la implantación del cultivo de cebolla entre tratamientos de duración del barbecho químico luego de la cobertura de suelo ni con el testigo sin cobertura (figura 8). Sin embargo en el ensayo de laboratorio realizado ese mismo año, el cual se realizó con muestras de la cobertura vegetal tomadas del ensayo de campo, se observaron diferencias en germinación. En el año 2014 se registraron diferencias entre los tratamientos, que se podían atribuir a efectos alelopáticos. La diferencia entre el año 2014 y el año 2015 podría estar explicada por un registro importante de lluvias luego de la siembra. En 2015, la cebolla se sembró el día 30 de abril, y el día 2 de mayo se registraron lluvias de 90 mm. Estas altas precipitaciones pudieron haber provocado una reducción de la concentración de sustancias alelopáticas en el suelo por lixiviación.

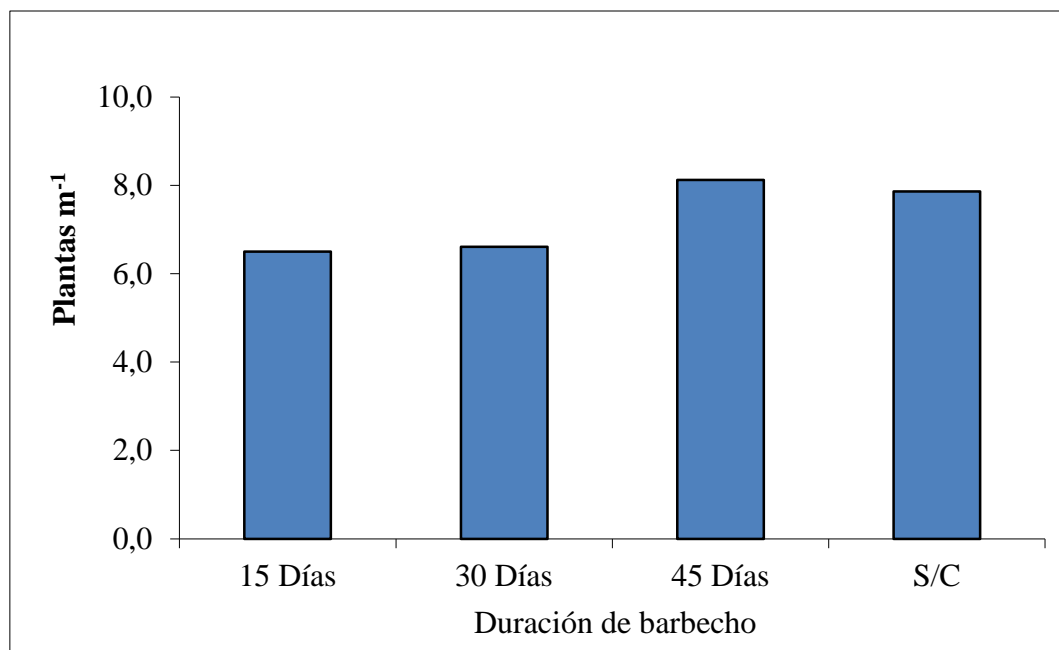


Figura 8. Implantación a los 30 días post siembra.

5. Consideraciones finales.

La siembra directa es una tecnología que despertó mucho interés en los productores en los últimos años, sobre todo por un interés en reducir el uso de la mano de obra. Esta tecnología es compleja, y demanda un manejo riguroso del cultivo. El uso de coberturas o abonos verdes en mínimo laboreo prometen ser una alternativa para implementar dicha tecnología, pero también presenta limitantes, como los efectos alelopáticos. En estos trabajos se observó que utilizando los periodos de barbecho adecuados, se puede obtener una implantación similar a la que se obtiene con un suelo sin cobertura, y manejando densidades y volumen de materia seca del abono verde se puede lograr un buen manejo de las malezas.