

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEPRESOR DE DIFERENTES ESPECIES VEGETALES SOBRE  
GERMINACIÓN Y ELONGACIÓN RADICULAR DE CEBOLLA (*Allium*  
*cepa*)

por

Tulio Augusto TONNA COLLAZO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2020

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. MSc. Jorge Volpi

-----  
Ing. Agr. MSc. Juan Carlos Gilsanz

-----  
Dr. Juan José Olivet

Fecha: 20 de marzo de 2020

Autor:

-----  
Tulio Augusto Tonna Collazo

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi familia y a Romina por su apoyo incondicional en toda la carrera y en todo momento.

A mi tutor, Jorge, por su excelente disponibilidad, su enseñanza y compromiso desde lo profesional, docente y como persona, a Maximiliano por su gran ayuda en la parte práctica y apoyo académico.

A las docentes de la cátedra de fitopatología y a los funcionarios de la EEFAS.

Al personal de biblioteca por el constante apoyo en las correcciones y disposición en la búsqueda de material bibliográfico.

A los buenos docentes, compañeros y amigos que encontré durante la carrera.

A PGG Wrightson Seeds por el aporte de semilla de leguminosas.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....   | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....  | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....   | VI     |
| <b>1. <u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....   | 1      |
| 1.1 OBJETIVOS.....  | 1      |
| 1.1.1 <u>Objetivo general</u> .....   | 1      |
| 1.1.2 <u>Objetivos específicos</u> .....                                      | 2      |
| <b>2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u></b> .....                                 | 3      |
| 2.1 IMPORTANCIA DE LA CEBOLLA EN URUGUAY.....                                 | 3      |
| 2.2 FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLANTACIÓN DEL CULTIVO<br>DE CEBOLLA.....    | 4      |
| 2.3 FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLANTACIÓN DE CULTIVOS<br>DE COBERTURAS..... | 6      |
| 2.4 CULTIVOS DE COBERTURAS .....  | 7      |
| 2.4.1 <u>Cultivos utilizados como cobertura</u> .....                         | 8      |
| 2.4.2 <u>Gramíneas utilizadas como cultivo de cobertura</u> .....             | 9      |
| 2.4.2.2 Moha ( <i>Setaria itálica</i> ).....                                  | 10     |
| 2.4.2.3 Avena amarilla.....   | 10     |
| 2.4.3 <u>Leguminosas utilizadas como cultivo de cobertura</u> .....           | 10     |
| 2.4.3.1 Trébol alejandrino ( <i>Trifolium alexandrinum</i> ).....             | 11     |
| 2.4.3.2 Trébol persa ( <i>Trifolium resupinatum</i> ).....                    | 11     |
| 2.4.3.3 Caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp) .....                       | 11     |
| 2.4.4 <u>Disponibilidad de materia seca de cultivos de cobertura</u> .....    | 12     |
| 2.5 ALELOPATÍA .....  | 12     |
| 2.5.1 <u>Definición</u> .....   | 12     |
| 2.5.2 <u>Efecto de diferentes especies y órganos respectivos</u> .....        | 13     |
| <b>3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....                                   | 18     |
| 3.1 ENFOQUE GENERAL.....  | 18     |

|  |    |
|--|----|
| 3.2 ENSAYO A CAMPO.....  | 19 |
| 3.2.1 <u>Ubicación</u> .....   | 19 |
| 3.2.2 <u>Temperatura media del aire y suelo</u> .....  | 19 |
| 3.2.3 <u>Manejo del cultivo</u> .....  | 20 |
| 3.2.4 <u>Diseño experimental y variables estudiadas</u> .....  | 23 |
| 3.2.5 <u>Análisis estadístico</u> .....  | 23 |
| 3.3 ENSAYO EN LABORATORIO.....   | 24 |
| 3.3.1 <u>Preparación de muestras</u> .....   | 24 |
| 3.3.2 <u>Diseño experimental y variables estudiadas</u> .....  | 26 |
| 3.3.3 <u>Análisis estadístico</u> .....  | 26 |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....   | 28 |
| 4.1 DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA DE LOS CULTIVOS DE<br>COBERTURA.....  | 28 |
| 4.1.1 <u>Disponibilidad de materia seca por cobertura al momento de aplicar<br/>                herbicida</u> .....        | 28 |
| 4.1.2 <u>Disponibilidad de materia seca en 4 momentos</u> .....  | 30 |
| 4.1.3 <u>Disponibilidad de materia seca según interacción cobertura por barbecho</u> 30                                    |    |
| 4.2 ENSAYO DE LABORATORIO.....   | 32 |
| 4.2.1.1 Cobertura .....  | 32 |
| 4.2.1.3 Cobertura por barbecho .....   | 33 |
| 4.2.2 <u>Germinación y largo de radícula de cebolla con cobertura de leguminosas</u>                                       |    |
| 4.2.2.1 Cobertura .....  | 35 |
| 4.2.2.2 Barbecho .....   | 36 |
| 4.2.3 <u>Germinación y largo de radícula de cebolla con cobertura de leguminosas<br/>                y gramíneas</u> ..... | 36 |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> .....   | 38 |
| 6. <u>RESUMEN</u> .....  | 39 |
| 7. <u>SUMMARY</u> .....  | 40 |
| 8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....   | 41 |
| 9. <u>ANEXOS</u> .....   | 49 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.   | Página |
|--|--------|
| 1. Temperatura (°C) media del aire para la ubicación geográfica de los ensayos.....  | 19     |
| 2. Temperatura (°C) media del suelo para la ubicación geográfica de los ensayos.....   | 20     |
| 3. Secuencia de laboreo.....   | 20     |
| 4. Densidad de siembra de cultivos de cobertura .....  | 21     |
| 5. Fecha aplicación glifosato.....   | 21     |
| 6. Probabilidad>F de la variable disponibilidad de materia seca para coberturas gramíneas y leguminosas.....   | 30     |
| 7. Probabilidad>F de la variable germinación de cebolla a los 7 días y largo de radícula a los 14 días para las coberturas gramíneas y testigo.....            | 32     |
| 8. Porcentaje de germinación de cebolla a los 7 días, para coberturas gramíneas y testigo.....   | 33     |
| 9. Largo de radícula de cebolla en centímetros a los 14 días para coberturas gramíneas y testigo .....   | 34     |
| 10. Probabilidad>F de la variable germinación de cebolla a los 7 días y largo de radícula a los 14 días para las coberturas leguminosas y testigo.....         | 34     |
| 11. Largo radicular de cebolla según largo de barbecho (días).....   | 36     |
| 12. Probabilidad>F de la variable germinación de cebolla a los 7 días y largo de radícula a los 14 días para coberturas gramíneas, leguminosas y testigos..... | 37     |

Figura No.

|  |    |
|--|----|
| 1. Ubicación de la estación experimental de la Facultad de Agronomía<br>Salto (EEFAS).....                           | 19 |
| 2. Muestra extraída con cuadro de 0.5 m de lado.....   | 22 |
| 3. Distribución espacial del desmalezamiento.....  | 22 |
| 4. Metodología para preparación de muestras .....  | 25 |
| 5. Metodología para preparación de muestras .....  | 25 |
| 6. Placas dispuestas dentro de la estufa .....   | 26 |
| 7. Disponibilidad de materia seca por cobertura al momento de aplicar herbicida.....                                 | 28 |
| 8. Disponibilidad de materia seca interacción cobertura por barbecho para<br>coberturas gramíneas y leguminosas..... | 31 |
| 9. Porcentaje de germinación de cebolla para coberturas de<br>leguminosas y testigo.....                             | 35 |
| 10. Largo de radícula de cebolla en centímetros a los 14 días para<br>coberturas de leguminosas y testigo.....       | 35 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa*) es un cultivo hortícola de importancia en Uruguay. Según MGAP. DIEA (2015), en el período 2013/2014 fue el segundo cultivo hortícola en Uruguay en superficie sembrada, y en kilogramos producidos. En dicha zafra se sembraron en Uruguay un total de 1796 hectáreas de cebolla, por 861 productores. Distribuido de la siguiente forma: en el Sur se concentra el 72.49% de la superficie, con el 85.59 % de los productores, en el Sur se concentra el 27.51% de la superficie con el 14.41% de los productores.

Según Campelo y Arboleya (2005), la producción de cebolla se puede realizar a través de tres métodos: siembra directa, siembra en almácigos y trasplante o siembra mediante bulbillos. En Uruguay el principal método de producción es mediante siembra en almácigos y trasplante.

El método de trasplante o siembra mediante bulbillos implica alta demanda de mano de obra y que el suelo esté descubierto por un período prolongado, lo que provoca ciertos efectos indeseables sobre éstos, como el riesgo de erosión hídrica y encostramiento. Sumado a ello, reduce la infiltración del agua pudiendo disminuir la disponibilidad hídrica para el cultivo.

El riesgo de erosión hídrica no solo se da porque el suelo está descubierto previo y durante el cultivo de cebolla, también por las propias características de ésta que producen poco follaje.

La siembra directa reduciría demanda de mano de obra, pero el suelo está más tiempo descubierto, generando los problemas antes mencionados que afectan la implantación y el suelo.

El uso de coberturas vegetales mejora tales condiciones, generando una barrera física contra la erosión del suelo, aporta carbono y nitrógeno al suelo y evita el encostramiento.

Volpi (2017), observó que algunas coberturas vegetales pueden provocar efectos depresores debido a efectos alelopáticos sobre el cultivo de cebolla.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes especies vegetales sobre la germinación y elongación radicular de cebolla luego de un período de barbecho químico.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos fueron:

- Evaluar la producción de materia seca de 5 especies vegetales.
- Evaluar las diferencias entre gramíneas y leguminosas sobre la germinación y elongación radicular en cebolla.
- Evaluar el efecto de la duración del barbecho químico en la germinación y elongación radicular de cebolla.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTANCIA DE LA CEBOLLA EN URUGUAY

Entre los cultivos hortícolas, la cebolla tiene la mayor producción y números de productores (para la zafra 2013/2014) después del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*); y es la segunda hortaliza con más superficie plantada luego del zapallo Kabutiá (*Cucurbita máxima*, MGAP. DIEA, 2015). Por lo mencionado, es una de las hortalizas más importantes en Uruguay, debido a su influencia social y económica.

Según MGAP. DIEA (2015), la cebolla lidera las exportaciones de cultivos hortícolas en el período de 2007 a 2014, generando divisas hacia el país y colaborando en la balanza comercial.

Según Arboleya (2005), es un rubro tradicional del país, con mano de obra por lo general familiar. En la dieta de la población es muy valorada por su uso en diferentes estados de desarrollo del cultivo, tanto bulbo seco como en verde, su valor también se debe al aporte nutricional de elementos beneficiosos para la salud en la dieta. La demanda local es satisfecha por la producción nacional. Esto ha sido posible por la incorporación de prácticas mejoradas de manejo y difusión de cultivares más adaptados que se tradujeron en un aumento de productividad. Si bien no se ha logrado fortalecer una corriente exportadora, la cebolla es de las hortalizas con mayor tradición en este aspecto y últimamente sigue siendo el rubro hortícola con mayor exportación.

Según Observatorio Granjero (2018), en estos últimos años, este rubro ofreció productos de mayor calidad, mayor precio y de mayor conservación, en comparación con años anteriores, extendiendo el periodo de oferta. Esto se debió a una fuerte incorporación de tecnología, mecanización, mejor utilización de variedades disponibles y mejoramientos en la infraestructura de post cosecha.

Según Observatorio Granjero (2018), durante el periodo comprendido entre el año 2010 y 2017 se redujo el número de productores y la superficie plantada pero la producción total aumento un 25%. Esto pudo ser explicado porque los productores se están capacitando más sobre el cultivo, implementan nuevos paquetes tecnológicos como la siembra directa y el uso de cámaras de frío, tienen mayores herramientas para el manejo del cultivo como utilización de inhibidores de la brotación (hidracida maeleica) y un mejor uso de variedades.

Según Vicente et al. (2007), la variedad INIA casera es una variedad de importancia en el Norte del país, la fecha de siembra de almacigo en el Norte del país es de la segunda quincena de marzo a la primera quincena de abril y en el Sur primera quincena de abril. El ciclo desde siembra a trasplante, dura aproximadamente unos 60 días con siembras tempranas y 75-80 días en siembras tardías. Por lo tanto, los trasplantes más tempranos serán a mediados de mayo y los tardíos desde mediados a fines de junio.

Volpi (2017), evaluando 3 fechas de siembra para la variedad INIA casera en el Norte del país observó que la fecha optima es 15 de abril, fechas más tempranas producen excesos de floración y fechas más tardías reducen el período de crecimiento, por lo que reducen el rendimiento.

De acuerdo con Vilaró et al. (2005), la variedad INIA casera fue desarrollada para las condiciones de producción del litoral Norte como variedad semi-temprana. La época de cosecha es a fines de octubre, un mes después en el Sur. Presenta un follaje verde grisáceo, bulbos de forma globosa a cónico-globosa, contenido de materia seca cercano al 10%, buena calidad comercial y rendimientos de 30 a 40 t ha<sup>-1</sup>.

## 2.2 FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLANTACIÓN DEL CULTIVO DE CEBOLLA

Existen factores importantes que hay que tener en cuenta para una correcta implantación del cultivo de cebolla (Arbolea, 2005). Dentro de esos factores de encuentra la sombra, se debe evitar sembrar en zonas sombreadas por ejemplo próximo a cortinas de árboles, debido a que el sombreado predispone al cultivo a ser atacado por hongos como la botritis (Arbolea, 2005).

Otro factor importante es el tipo de suelo y características de este. Blanco y Lagos (2017) mencionaron que la textura del suelo debe ser franco-arenosa, similar a un terreno suelto para un correcto drenaje del agua. Asimismo, no debe ser susceptible a la compactación, el contenido debe ser mayor a 2%, bajo contenido de sales, conductividad eléctrica (c.e) inferior a 2,0 ds/m y tiene que ser plano y libre de pedregrosidad y rocosidad.

Según Arbolea (2005) el cultivo debería evitar ser plantado sobre suelos en que ya hayan crecido plantas de la misma familia de la cebolla, el contenido de materia orgánica no debe ser menor al 1,5%, ya que esto provocaría un retraso en el crecimiento. También se deben evitar suelos que se encostren fácilmente, ya que éstos pueden provocar pérdidas en la emergencia del cultivo. La preparación de los canteros y orientación son factores muy importantes, la orientación debe ser de Norte a Sur, de esta manera obtienen la mayor cantidad de luz solar. Los canteros se deben preparar con bastante antelación

(verano-otoño), la altura de esos no debe ser menor a 15 cm para facilitar el drenaje, también se deben evitar ondulaciones dentro de los canteros para prevenir la acumulación de humedad y posibles ataques de hongos. El uso de micro-túneles de plásticos ayuda a evitar arrastres de semilla de cebolla como consecuencia de precipitaciones intensas, también ayuda a proteger los plantines de las lluvias y vientos en períodos adversos del otoño. Esta herramienta puede ser contraproducente si no se ventilan los túneles, debido a que puede generar un microclima que predispone al cultivo a ser atacado por hongos.

Blanco y Lagos (2017) recomiendan para una correcta implantación 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, todo aplicado pre-siembra y 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno divididos en 3 tercios, el primero en la preparación del suelo, el segundo 45-60 días de la emergencia y el último tercio a los 80 días de la misma.

Aldabe (2000), recomienda para cebolla 80-10 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 70-90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en suelos medios (7-12 ppm. de P) y 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. En el caso de nitrógeno la aplicación debe ser mitad con la última labor y el resto luego del trasplante de almácigos, para fósforo se debe aplicar el total en la última labor de preparación del suelo.

Según Arboleya (2005) el fósforo es el nutriente que tiene mayor efecto en la implantación del cultivo de cebolla, una deficiencia de este nutriente provoca un desarrollo menor, demoran más tiempo en estar prontas para trasplantar y presenta un cotiledón amarillento, la dosis para una óptima implantación pueden llegar hasta los 350 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En condiciones de baja temperatura la dosis a aplicar puede ser mayor. La fertilización debe ser realizada 15 días antes de la siembra a una profundidad de 15 cm, el contacto del fertilizante con la semilla podía provocar pérdidas de la germinación.

La profundidad de siembra debe ser de 1 a 1,5 cm. Los requerimientos de temperatura mínima para germinar son de 1,6°C, el rango óptimo va de 10 a 35°C, la temperatura óptima es 23.9°C y la máxima 35°C, a medida que la temperatura disminuye el crecimiento se enlentece (Arboleya, 2005).

Para el caso de malezas en cebolla Aldabe (2000), menciona que es un cultivo que compete de forma ineficiente con las malezas y no debe instalarse en suelos con malezas problemas como corriguela (*Convolvulus arvensis L.*), pasto bolita (*Cyperus rotundus*), gamba rusa (*Alternanthera philoxeroides*).

## 2.3 FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLANTACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURAS

Según Carámbula (2002), el establecimiento o implantación es el número de plántulas saludables que se establecen en determinado cultivo.

La germinación y emergencia son las etapas donde la semilla debe absorber agua (empezando con la imbibición de la semilla), germinar, penetrar el suelo con la radícula y comenzar el crecimiento de las raíces. Para este proceso deben existir condiciones climáticas favorables y condiciones del suelo que favorezcan dichos procesos, vulgarmente mencionados como buena cama de siembra.

Según Carámbula (2002), la emergencia radica en la aparición de la plántula sobre la superficie del suelo. La velocidad de emergencia resulta muy importante dado que en esta etapa no autótrofa (fotosintética), el crecimiento de la plántula depende exclusivamente de las reservas de la semilla, las cuales están compuestas por grasa, carbohidratos y a veces proteínas, estas semillas están susceptibles a múltiples factores que pueden provocar la muerte de estas, la mortandad se relaciona con el medio ambiente: la ocurrencia de extremos hídricos tanto sea sequía como inundación, la presencia de sustancias alelopáticas, secreciones radiculares y la incidencia de enfermedades o plagas. También influye el pequeño tamaño de las semillas, las escasas reservas y el lento vigor inicial (Carámbula, 2002).

Según Ferreira y Borghetti (2004), la emergencia de las plántulas y su crecimiento son las fases más sensibles en la ontogénesis del individuo.

Durante esta etapa la plántula se independiza de su propia semilla, y su crecimiento y desarrollo van a estar condicionados por los nutrientes del suelo. Por eso, es importante hacer un manejo adecuado de la fertilización tanto previo como luego de la siembra. El porcentaje de establecimiento depende de la especie, la disponibilidad de nutrientes, la profundidad de siembra y otros factores como la alelopatía.

Según Fariña y Saravia (2010), para que las fases de germinación, emergencia y establecimiento se cumplan eficientemente es imprescindible considerar varios aspectos tales como:

- Preparación del suelo (humedad, aireación, fertilidad, microorganismos, malezas).
- Semillas (debe ser de la especie o cultivar que se desee, se debe conocer impurezas y su poder).
  - Nutrientes.
  - Inoculantes.

## 2.4 CULTIVOS DE COBERTURAS

Gilsanz (2012), define al cultivo de cobertura como el uso de cultivos, residuos de éstos y restos vegetales cuyo objetivo es el de mantener y/o mejorar la calidad y salud del suelo. También indica que los objetivos de éstos pueden ser:

- cubrir la superficie del suelo (cultivo cobertura)
- incrementar la fertilidad (abonos verdes)
- reciclar nutrientes (cultivos trampa).

Los cultivos de cobertura reducen la erosión, mejoran la estructura, incrementan la infiltración de agua, retienen el agua del suelo, y favorecen en el control de malezas (Sarrantonio y Gallandt, 2003).

Es considerablemente conocido que el laboreo es la principal causa de la erosión y degradación del suelo (García Préchac, citado por MGAP y AUSID, 2009).

Según Elliot, citado por MGAP y AUSID (2009), la ruptura de los agregados del suelo provocado por el choque de las gotas de lluvia con la superficie del suelo provoca erosión hídrica del mismo. Las fases de la erosión hídrica son tres: dispersión, salpicado de partículas del suelo y escurrimiento, estas partículas son de fácil transporte por el escurrimiento asociado a la lluvia; por esto, es fundamental el efecto de la cobertura del suelo, ya sea por residuos del cultivo anterior y/o los restos muertos de vegetación anterior, dado que la cobertura disipa la energía cinética de las gotas de lluvia y disminuye el escurrimiento superficial. Esto genera una disminución de la energía cinética del escurrimiento, protegiendo el suelo de los dos procesos que conforman la erosión. La presencia de restos vegetales y cultivos de cobertura, además de ser parte del alimento de la micro y meso-fauna del suelo, también tienen la propiedad de mantener la porosidad, la penetrabilidad, el reciclaje de nutrientes y mejorar la dinámica del agua por mayor infiltración y menor escurrimiento del suelo. Con la presencia de residuos en superficie se reduce la pérdida de agua por evaporación y aumenta la infiltración de agua cuando ocurren precipitaciones. Esta reducción de la evaporación se debe a que los residuos presentes aumentan el albedo de la radiación incidente; a su vez, estos tienen una baja capacidad de conducir el calor y el agua, ya que una gran parte de su volumen es aire.

El descenso de la erosión está correlacionada positivamente con la biomasa remanente del cultivo de cobertura presente en el suelo, con una cobertura del 40% de la superficie del suelo se observan reducciones significativas de la erosión (Gilsanz, 2012)

Como ya se ha mencionado anteriormente, en un suelo desnudo puede existir encostramiento o sellado superficial, lo cual trae un efecto negativo sobre la implantación. Según Gilsanz (2012), los abonos verdes colaboran con el control de la erosión aumentando la aglutinación de los agregados del suelo. Esto se genera por medio del trabajo de sus raíces y de las sustancias aglutinantes liberadas por las mismas, así como

también por los microorganismos del suelo. De esta manera se reduce el encostramiento del suelo, beneficiando la emergencia y desarrollo de las plántulas y mejorando el porcentaje de implantación. Las leguminosas indican ser mejores en la producción de estos compuestos aglutinantes (polisacáridos) pero sus residuos se descomponen en poco tiempo, por lo que el efecto dura solo una estación.

De acuerdo con investigadores de INIA (2018a), incluir un cultivo cobertura durante el invierno es una gran herramienta para el control de malezas, mediante sombreado o efectos alelopáticos, pudiendo deprimir a las malezas entre un 60 a 80%.

De acuerdo con Willis (2007), existe un efecto de las coberturas en el control de malezas.

Según Gilsanz (2012), el residuo del cultivo de cobertura reduce la radiación solar incidente que llega a la superficie del suelo, disminuyendo el calor conductivo que baja en profundidad y limitando la difusión del vapor de agua desde el interior del suelo hacia la superficie. Esto hace que la temperatura de la superficie del suelo sea relativamente menor durante el día respecto a la del suelo laboreado sin residuos, esto se debe al efecto aislante y a su mayor valor de albedo, esto significa que refleja más radiación que el suelo desnudo durante el día. Lo contrario sucede en la noche en donde las temperaturas en el rastrojo son más altas que sobre la superficie de suelo desnudo. Por lo tanto, en suelos cubiertos con rastrojo de cobertura, las pérdidas de radiación son menores que en suelo desnudo, por lo cual no se enfrían tanto durante la noche.

#### 2.4.1 Cultivos utilizados como cobertura

De acuerdo con Gilsanz (2012), dentro de los cultivos de cobertura las principales especies usadas corresponden a las gramíneas y las leguminosas.

Según Martín y Rivera (2004), el empleo de cultivos como abono verde en la agricultura constituye una práctica, que consiste en la incorporación de una biomasa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas, con la finalidad de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, constituyendo una importante alternativa que puede sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizante minerales, especialmente el nitrógeno. Las plantas utilizadas como abonos verdes generalmente pertenecen a la familia de las leguminosas, por la posibilidad que tienen éstas de realizar fijación biológica del nitrógeno por medio de bacterias del género *Rhizobium*, aunque en los últimos tiempos se incluyeron otras familias de crecimiento rápido y de buena producción de masa verde, como es el caso de algunas gramíneas, crucíferas o compuestas.

Algunos cultivos de cobertura producen compuestos que inhiben la germinación y el crecimiento de otras plantas, incluyendo malezas y cultivos. Esta propiedad es conocida como alelopatía. Las especies alelopáticas conocidas de cultivo de cobertura incluyen

centeno, trébol carmesí, trigo sarraceno, alfalfa, cebada, colza, avena y sorgo. Los compuestos alelopáticos pueden actuar contra las malezas mientras el cultivo de cobertura esté en crecimiento, así como cuando la biomasa del cultivo de cobertura se incorpore al suelo (Martín y Rivera, 2004).

Diversas especies pueden considerarse para su utilización como cultivo de cobertura, siendo las gramíneas (trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena bizantina*), raigrás (*Lolium multiflorum*), cebadilla (*Bromus catharticus*), cebada (*Hordeum vulgare*), triticale (*Triticosecale spp.*), etc.), las que mejor comportamiento tendrían desde la perspectiva de mantener una cobertura del suelo por su tasa de descomposición más lenta, dado por una mayor relación carbono nitrógeno, en comparación con las leguminosas vicia (*Vicia sativa*), arveja (*Pisum sativum*), melilotus (*Melilotus officinalis*), tréboles (*Trifolium spp.*), etc. (Caviglia et al., 2013).

#### 2.4.2 Gramíneas utilizadas como cultivo de cobertura

De acuerdo con Gilsanz (2012), los cultivos de cobertura de gramíneas más utilizados son especies de invierno, cultivos de cereales anuales y gramíneas anuales, bienales tanto de invierno como de verano.

Estas gramíneas tienen las siguientes características:

- Se destacan por la exploración de nutrientes, especialmente por el nitrógeno dejado por los cultivos anteriores.
- Reducción o prevención de la erosión.
- Producción de gran cantidad de residuos y adición de materia orgánica al suelo.
- Deprimen el desarrollo y crecimiento de las malezas.

Las gramíneas como el caso del sorgo son de rápido crecimiento inicial, cubre y protege el suelo y controla bien las malezas. Tiene una producción excelente de biomasa vegetal por unidad de superficie y tasas de crecimiento elevadas.

Las gramíneas tienen más carbono, esto implica que la mineralización es más lenta dando como resultado un residuo que perdura más en el tiempo. Con la madurez de la planta aumenta la relación C:N y eso implica que es más difícil de mineralizar y que los nutrientes se encuentran menos disponibles para el cultivo subsiguiente (Gilsanz, 2008).

Según Carámbula (2007), el rango de temperatura para la producción se encuentra entre 16 °C y 30°C. Presenta gran adaptación a períodos de sequía utilizando mecanismo de latencia y por la cantidad de raíces fibrosas que presenta. La temperatura del suelo para una correcta germinación debe encontrarse entre 18°C a 20°C, a temperaturas menores la semilla demora en germinar y es fácilmente atacada por hongos. La época de siembra óptima es de octubre a noviembre, siembras más tempranas pueden tener problemas de germinación por menor temperatura del suelo y sufrir consecuencias debido al riesgo de

heladas. La profundidad óptima es de 2 a 3 centímetros, no debiendo superarse los 5cm debido al pequeño tamaño de su semilla. La densidad de siembra recomendada 30 kg ha<sup>-1</sup> al voleo para su utilización como cultivo de cobertura. Para el uso de cultivo de cobertura se recomienda cultivares e híbridos de sudan grass.

#### 2.4.2.2 Moha (*Setaria itálica*)

Es una gramínea estival anual, de ciclo muy corto 100-120 días, esto le permite ser parte de rotaciones cortas. Prospera en ambientes pobres, calurosos y secos. Requiere poca fertilidad y humedad y es susceptible al anegamiento. El período de siembra es amplio, de septiembre hasta enero. Al igual que el sorgo la temperatura del suelo al momento de la siembra debe de ser mayor a 18°C, se recomienda que la mencionada temperatura se mida 3 días previo a la siembra entre los 8-10 cm de profundidad. El crecimiento inicial es lento y presenta un sistema radicular poco desarrollado, su capacidad de macollaje es escasa al igual que la capacidad de rebrote. La densidad de siembra recomendada como cultivo de cobertura es 30 kg ha<sup>-1</sup> y la profundidad 2 cm. El máximo rendimiento de biomasa se obtiene en grano lechoso, 5000 a 7000 kg/MS/ha. Por su corto ciclo provee buena biomasa en un período corto, y realiza un mejor control de la erosión del suelo que el sorgo (Carámbula, 2007).

Volpi (2017) utilizó moha como cultivo de cobertura, con tres fechas de siembra: 26 de marzo, 16 abril y 10 de mayo. Obtuvo una producción de alrededor de 2000 kg ha<sup>-1</sup> en un periodo de crecimiento de 40 días.

#### 2.4.2.3 Avena amarilla

Gramínea anual invernal, adaptada a siembras muy tempranas (febrero), admite siembra enero-febrero, existen dos grandes variedades difundidas a nivel país, 1095a, RLE115. Tiene un porte dominante semipostrado, con plantas que varían de erecto a muy postrados. Las plantas son muy macolladoras, de hojas finas, color verde claro y floración intermedia, en etapa reproductiva los tallos más altos y finos susceptibles al vuelco, en dicha etapa de desarrollo es donde experimentan la máxima tasa de crecimiento medida en materia seca por hectárea por día. Es un reconocido cultivo de cobertura otoño-invernal de alta calidad de forraje. Densidad de siembras recomendadas entre 100-120 kg ha<sup>-1</sup> de semilla (INIA, 2010).

### 2.4.3 Leguminosas utilizadas como cultivo de cobertura

Las leguminosas son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis entre las raíces de las leguminosas y bacterias del género *Rhizobium*. Además, ayudan a reducir la erosión, producen una biomasa significativa, por lo que adicionan materia orgánica al suelo y atraen insectos benéficos. Las leguminosas tienen en general una menor relación

C:N en comparación con las gramíneas, debido a que tienen menos carbono y más nitrógeno. La baja relación de C: N resulta en una rápida mineralización del residuo. El nitrógeno contenido en las leguminosas es rápidamente liberado desde los residuos. El control sobre las malezas, no es tan duradero como en el caso de las gramíneas. Las leguminosas tampoco incrementan tanto la materia orgánica como el caso de las gramíneas. Las mezclas ayudan a combinar características de ambos. Leguminosas anuales tienen entre 3,5-4,0% de nitrógeno en su follaje antes de la floración y 3,5% en floración. En general se fijan alrededor de 30 kg de nitrógeno atmosférico por cada tonelada de materia seca producida por la leguminosa (Gilsanz, 2012).

#### 2.4.3.1 Trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*)

El trébol alejandrino es una leguminosa anual invernal de porte erecto, con buen sistema radicular de ciclo muy largo y versátil que puede utilizarse para pastoreo directo, heno, silo o cultivo de cobertura. Su producción es temprana en el otoño elongándose hasta la entrada de primavera, por lo que se puede asociar con verdeos de invierno. Se recomiendan siembras tempranas en el otoño y a una densidad de 6 – 10 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Presenta mala resiembra pese a tener una buena producción de semilla. Se adapta a un amplio rango de suelos y tolera bien suelos salinos y alcalinos y condiciones de anegamiento temporario. Es tolerante a la sequía debido a su desarrollo radicular. También se adapta a suelos pesados. Aporta nitrógeno al suelo y permite obtener una producción de forraje equivalente al verdeo de gramíneas (INIA, s.f.).

#### 2.4.3.2 Trébol persa (*Trifolium resupinatum*)

De acuerdo con PGG Wrightson Seed (2017), el trébol persa tiene hábito de crecimiento erecto, hojas grandes, raíces robustas y ramificadas, tallos gruesos y huecos y puede alcanzar 90 cm de altura, ausencia de semilla dura que se caracteriza por su alto vigor inicial. Se adapta a diversos tipos de suelo y es tolerante a inundaciones temporarias y a suelos salinos. Es una opción como cultivo cobertura en las rotaciones agrícolas. Se adapta muy bien a suelos bajos, pesados y húmedos; tolera bien las heladas intensas, manteniéndose verde, si bien se desarrolla más lentamente a bajas temperaturas. A su vez, tiene la capacidad de fijar altos niveles de nitrógeno en el suelo. La fecha de siembra recomendada es entre abril y mayo para la zona Norte del país, siembras tardías enlentecen la implantación comprometiendo la cobertura durante el invierno.

#### 2.4.3.3 Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp)

Esta especie de poroto tiene un ciclo corto, la cosecha de grano se inicia a los 40-60 días. La planta muestra un desarrollo vegetativo medio, un hábito de crecimiento determinado, porte erecto, las chauchas se distribuyen encima del follaje, el folíolo central es semiovalado y el color de la flor es blanco. Se recomienda en clima sub-tropicales del

Norte del país, la fecha adecuada es primera quincena de septiembre, pero se puede plantar hasta febrero en dicha zona, la productividad potencial es de 1500-1600 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco (INIA, s.f.)

#### 2.4.4 Disponibilidad de materia seca de cultivos de cobertura

Las especies de trébol alejandrino, trébol persa y avena evaluadas son materiales de la empresa a PGG Wrightson Seed, en el caso de las leguminosas son variedades relativamente nuevas por lo tanto la información disponible está acotada a la información que aporta la empresa.

Según, PGG Wrightson Seed (2017) la disponibilidad de materia seca t ha<sup>-1</sup> a los 157 días post-siembra fueron los siguientes: trébol persa 10-12, trébol alejandrino 8,7 y avena amarilla 10,2.

Terra et al. (2000) observaron que la disponibilidad de materia seca para los cultivos de moha y sorgo son de 5,7 t ha<sup>-1</sup> 9 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

## 2.5 ALELOPATÍA

### 2.5.1 Definición

El concepto de alelopatía, se refiere a una asociación de palabras griegas “allelon” y “pathos” que significa mutuo o "entre sí “y sufrimiento o daño, respectivamente (Sousa De Almeida, 1991).

*“La alelopatía se entiende ampliamente como el efecto nocivo que una planta tiene en otra planta debido a las sustancias químicas que libera al medio ambiente (...) La alelopatía, en concepto, se remonta a más de dos mil años, pero el término en sí mismo fue acuñado recientemente, por Hans Molisch en 1937” (Willis, 2007).*

*“El termino de alopátia se conocía comúnmente como una referencia a interacciones negativas, en 1968, el subcomité del Programa Biológico Internacional (IBP) y el Subcomité de Fisiología Ambiental de la División de Biología y Agricultura, intentaron rectificar parte de la confusión que rige la alelopatía, y recomendaron un término más global para incluir efectos estimulantes de los aleloquímicos” (Willis, 2007).*

Luego en 1971, Whittaker y Feeny (1971), sostuvieron que la aleloquímica era el dominio de todas las interacciones químicas entre organismos, una visión que ha persistido en gran medida.

Rice (1984), define en un sentido amplio al termino de alelopatía como: *“Cualquier efecto de una planta o microorganismo, que daña o beneficia, directa o indirectamente a otra/o a través de la producción de compuestos químicos liberados al medio ambiente”*.

Medeiros (1990), De Sousa De Almeida (1991), Fitter (2003), en sus definiciones de alelopatía, coinciden en que, seres vivos elaboran sustancias químicas que una vez liberadas en el ambiente, pueden influenciar sobre otros seres vivos de la comunidad.

Las interacciones entre plantas se dan por sustancias químicas liberadas por ellas, que se denominan aleloquímicos (Whittaker y Feeny, 1971).

La Sociedad Internacional de Alelopatía en 1996 brindó una definición más compleja, denominando aleloquímico a todos los metabolitos secundarios producidos por plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el crecimiento y desarrollo de los sistemas agrícolas y biológicos (Cheema et al., 2013).

Muchos autores relacionan la alelopatía con efectos negativos (Wardle et al. 1998, Inderjit y Callaway 2003), pero existen autores que en sus definiciones aclaran que el efecto puede ser positivo como en los casos de Rice (1984), De Sousa De Almeida (1991).

Según Miller (1996), el efecto alelopático puede clasificarse como dos tipos: la autotoxicidad, que es un mecanismo intraespecífico de alelopatía, esto ocurre cuando una especie de planta libera una sustancia química particular que inhibe o ralentiza la germinación y el crecimiento de las plantas de su propia especie y la heterotoxicidad, que ocurre cuando una sustancia con el efecto tóxico es liberada por ciertas plantas que afectan la germinación y el crecimiento de plantas de otra especie.

El modo de acción de los aleloquímicos generalmente implica la alteración de uno de los procesos fisiológicos cruciales, como ser, fotosíntesis, respiración, transporte de agua o nutrientes. Entre los principales efectos incluyen la inhibición de la fotosíntesis y la respiración, la inhibición de las actividades enzimáticas o la modificación del contenido de agua en los tejidos (Weir et al. 2004, Gniazdowska y Bogatek 2005).

### 2.5.2 Efecto de diferentes especies y órganos respectivos

Trabajos realizados en Uruguay por Gilsanz (s.f.), comprobaron efectos alelopáticos de cultivos de cobertura sobre la germinación y elongación de la radícula de semilla de cebolla cv. “Pantanosos”. Los cultivos de cobertura utilizados fueron moha cv” Estero Gigante” y teff (*Eragrostis Tef* (Zucc.) Trotter) cv “Emerald”. Los resultados en modo general de dicho trabajo demuestran que materiales retirados antes de las 4 semanas de haber aplicado herbicida tienen un efecto depresor en la germinación y elongación de la radícula en cebolla. A su vez, midieron los contenidos de fenoles totales, contenidos en

los extractos de los cultivos de cobertura a lo largo de las ocho semanas de estudio, de acuerdo a lo observado hay una alta concentración de fenoles totales en las primeras semanas para luego disminuir. El contenido de fenoles totales es uno de los posibles causantes del efecto alelopático del cultivo de cobertura.

También Menges (1987), observó que la incorporación de residuos en el suelo de Yuyo colorado (*Amaranthus palmeri*) reducía el crecimiento en un 22% en la germinación de Zanahoria (*Daucus carota*) y un 38% en cebolla.

Iganci et al. (2006), estudiaron el efecto alelopático de clavel del poeta (*Dianthus barbatus*), orégano francés (*Plectranthus amboinicus*) y vernornia (*Vernonia condensata*) sobre germinación e índice mitótico de cebolla. Estos autores encontraron resultados diferentes entre especies, orégano francés causó un retraso en la germinación de la cebolla, mientras que el extracto de vernornia causó una aceleración del proceso en comparación con el control. Las especies probadas en este experimento tuvieron un efecto en el proceso de división celular pero no se detectaron efectos citotóxico o genotóxico, sino más bien un aumento en el índice de división celular significativa cuando se compara con el control. Algunas células tratadas con extracto de clavel del poeta presentaron anomalías nucleares del tipo aneugensis durante la división mitótica.

De acuerdo con Rodrigues et al. (1992), los compuestos alelopáticos son inhibidores de la germinación y el crecimiento porque interfieren con la división celular, permeabilidad de membrana y activación de enzimas. El efecto observado en el trabajo realizado por estos autores parece indicar que no sólo la inhibición sino también la aceleración puede interferir con el proceso de división porque el aumento en el índice de división celular parece corroborar los datos de germinación de las semillas de cebolla.

Del trabajo realizado por Iganci et al. (2006), utilizando diferentes variedades de boldo (*Peumus boldus*) concluyeron que los extractos de las diferentes variedades utilizadas influyeron en la germinación y causaron una variación considerable en el índice mitótico de cebolla, presentando así un efecto alelopático que puede acelerar el desarrollo inicial de plántulas, además la cebolla ha demostrado ser un cultivo sensible a estos extractos.

Estos resultados concuerdan con Chon et al. (2002b), quienes describieron la alelopatía como interacciones químicas entre plantas tanto positivas como negativas.

El efecto alelopático sobre la cebolla, se encuentra en diversas familias de especies vegetales. De acuerdo con Kohli et al. (1997), residuos de plantas de yuyo colorado afectaron el peso fresco y el crecimiento de la cebolla, residuos de plantas y extractos de ciperus (*Cyperus rotundus*) afectaron la sobrevivencia de cebolla. Se considera sobrevivencia al número de plantines que sobreviven. Compuestos volátiles originarios de residuos de trébol alejandrino o trébol persa, redujeron el crecimiento y germinación de la radícula en cebolla en un 18%.

Blanco (2006), estudió el efecto de extractos acuosos de achahual (*Simsia amplexicaulis*), oxalis (*Oxalis spp.*), ciperó y nabo (*Brassica campestris L.*), sobre algunos cultivos como cebolla, frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*), sorgo y trigo. Los resultados observados indican que existió un efecto inhibitorio en cada uno de ellos, en donde se afectó la germinación, la longitud, el número de raíces y la altura de la planta.

Bradow y Connick (1990), realizaron un trabajo para estudiar el efecto de alelopatía con trébol persa, *Trifolium resupinatum* y *Vicia hirsuta* sobre la germinación y el crecimiento de cebolla, zanahoria y tomate. Encontraron en las tres leguminosas, varios compuestos en la parte aérea y/o raíces. Todos los compuestos encontrados inhibieron significativamente la germinación de semillas de cebolla, en comparación con los controles de agua, el compuesto más inhibitorio en este caso fue (E) -2-hexenal. La germinación se redujo al 50% en relación al control. Los autores concluyeron que hay un efecto depresor en la germinación de cebolla por las tres leguminosas y que son varios los aleloquímicos que interactúan para provocar dicho efecto.

Acciaresi y Asenjo (2003), observaron que los extractos acuosos de los rizomas descompuestos de sudangras (*Sorghum sudanense*) afectaron la longitud de la radícula y del coleóptilo del trigo. Labrada et al. (1986), también observaron que los extractos acuosos de sorgo halepo (*Sorghum halepense*), inhibieron la longitud de la radícula de los cultivos tomate, frijol, pepino (*Cucumis sativus*), col (*Brassica oleracea*) y sandía (*Citrullus lanatus*).

El potencial alelopático del sorgo fue investigado por Cheema y Khaliq (2000), quienes observaron que la longitud de la raíz de trigo se redujo de forma significativa cuando crece en concentraciones elevadas de extractos acuosos de sorgo.

Las hidroquinonas son sustancias producidas y exudadas a partir de raíces de sorgo. Las formas reducidas y oxidadas de hidroquinonas estimulan o inhiben la germinación de otras plantas, usando espectrometría de masas identificaron un compuesto en sorgo, el cual se denominó sorgoleona (SGL), este actúa como un inhibidor mitótico. Probablemente despolimeriza las proteínas microtubulares e induce la formación de metafases que causan núcleos poliploides. Un período mayor de tratamiento con SGL también indujo roturas cromosómicas y formación de puentes en anafase y telofase (Netzly et al., 1988).

Gilsanz y Aranda (s.f.), estudiaron el efecto alelopático de la avena (*Avena strigosa*) sobre la germinación y largo de la radícula en lechuga. Observaron la germinación de lechuga en soluciones de este cultivo de cobertura que tuvieron diferencias significativas. El testigo con agua destilada tuvo un 96,8 % de germinación y 32,9 mm de largo la radícula, mientras que las que estaban germinando con soluciones de avena tuvieron 81,7% de germinación y 11,48 mm el largo de la radícula, esto evidencia el efecto alelopático que tiene la avena, también observaron que su máxima expresión es entre los 15 y 20 días luego de su muerte, posteriormente el efecto alelopático fue desapareciendo.

Peréz y Scianca (2010) observaron que, utilizando avena como cobertura, se encontró una menor cantidad de malezas que en el testigo sin cultivo cobertura. Sardiña et al. (2008), en estudios desarrollados en la región semiárida pampeana, utilizando avena como cobertura, también observaron menor número de malezas por metro cuadrado en un 96% para dicotiledóneas y 86% para monocotiledóneas respecto de un tratamiento testigo (sin cobertura).

Las coberturas de gramíneas como la avena y el centeno (*Secale cereale*) son muy eficientes y suprimen la germinación de las semillas de malezas. Su efectividad es por lo general mayor que la obtenida con coberturas de leguminosas (*Vicia sativa*, *Trifolium spp.*, Almeida, 1988).

Chon et al. (2002b), estudiaron el efecto autoalelopático de la alfalfa (*Medicago sativa*), concluyeron que la misma presenta alelopatía y autoalelopatía. La elongación de la raíz es más sensible a la autoalelopatía en comparación con la germinación de semillas y alargamiento de hipocotíleo en alfalfa.

Delgado et al. (2009), investigaron el efecto sobre la germinación de malezas de 4 leguminosas: crotalaria (*Crotalaria juncea L.*), crotalaria (*Crotalaria ochroleuca*), frijol terciopelo (*Mucuna deeringianum*) y bejuco de bibijaguas (*Canavalia ensiformis (L.)*). Observaron efecto alelopático de las leguminosas, en este caso *M. deeringianum* y *C. ochroleuca* tuvieron los efectos más altos, contribuyendo a reducir la densidad total de todo el complejo de malezas resurgentes. Observaron 75 a 90 días después de incorporada la biomasa de estas dos leguminosas, la liberación de aleloquímicos en su descomposición con efecto alelopático sobre la germinación de malezas gramíneas, ciperáceas y dicotiledóneas.

Guenzi (1967), investigó efectos alelopáticos de extractos en agua de partes de diferentes plantas de trigo, avena, sorgo y maíz. Los extractos en agua de las semillas tuvieron el menor efecto y el de los tallos tuvieron el mayor efecto inhibitorio sobre las plántulas de trigo. El porcentaje de inhibición de extractos de agua de tallos de trigo, maíz, avena y sorgo en el crecimiento de las raíces del trigo fue de 2, 11, 55 y 81%, respectivamente. Los extractos de raíces acuosas mostraron solo un pequeño efecto inhibitorio en plántulas de trigo, excepto el sorgo que dio 7% inhibición para raíces y 69% para brotes.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ENFOQUE GENERAL

Para estudiar los efectos alelopáticos de diferentes cultivos de cobertura sobre el cultivo de cebolla, se realizaron dos ensayos en la estación experimental de la Facultad de Agronomía Salto (EEFAS) en el período comprendido entre los meses de febrero a agosto del año 2019. El trabajo contó con una etapa de campo donde se cultivaron las especies a evaluar, y se evaluó la producción de materia seca de cada especie y luego una etapa de laboratorio donde se evaluó el efecto de cada especie sobre la germinación y elongación de la radícula de semillas de cebolla. También se evaluó el efecto de la duración del período entre que se controló químicamente la cobertura hasta la puesta de semillas a germinar, período que se llamó “largo de barbecho”. Las especies vegetales evaluadas fueron: moha, sorgo, avena, trébol persa y trébol alejandrino. Los períodos de barbecho para la evaluación de germinación y elongación radicular fueron 15-35 y 49 días, para evaluar la disponibilidad de materia seca los períodos de barbecho fueron 0, 15, 35 y 49 días.

El objetivo de evaluar estas especies fue determinar si las mismas pueden ser utilizadas como cobertura previa a un cultivo de cebolla. Por eso se eligió la fecha de siembra buscando que éstas logren cierta disponibilidad de materia seca y puedan ser controladas mediante la aplicación de un herbicida previamente a la siembra de un cultivo de cebolla en siembra directa. El cual en el Norte del país se sembraría en la segunda quincena de abril.

Las especies se seleccionaron buscando contar con al menos dos familias (leguminosas y gramíneas) y especies estivales e invernales.

## 3.2 ENSAYO A CAMPO

### 3.2.1 Ubicación

Tanto el ensayo a campo como el de laboratorio fue realizado en la estación experimental de la Facultad de Agronomía (EEFAS), ambos en el período estipulado previamente. Las coordenadas son: 31°23'6.55"S, 57°42'58.56"O.



Figura 1. Ubicación de la estación experimental de la Facultad de Agronomía Salto (EEFAS)

### 3.2.2 Temperatura media del aire y suelo

Cuadro 1. Temperatura (°C) media del aire para la ubicación geográfica de los ensayos

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 26   | 24   | 23   | 19   | 15   | 13   | 12   | 14   | 15   | 19   | 21   | 24   |

Fuente: INIA. GRAS (2020a).

Cuadro 2. Temperatura (°C) media del suelo para la ubicación geográfica de los ensayos

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 28   | 27   | 25   | 22   | 18   | 15   | 14   | 15   | 17   | 20   | 24   | 26   |

Fuente: INIA. GRAS (2020b).

### 3.2.3 Manejo del cultivo

El laboreo del suelo comenzó el 30 de enero realizando un laboreo primario. El día 8 de febrero se confeccionaron todos los canteros con fresadora previo a la siembra de los cultivos de cobertura, fue necesario realizar dos veces el pasaje por el mismo cantero para desagregar la estructura del suelo y optimizar el contacto semilla-suelo (cuadro 3).

La siembra de los cultivos de cobertura se realizó el día 8 de febrero al voleo en forma manual. La densidad de siembra se presenta en el cuadro 4, en general fue el doble de lo recomendado según bibliografía para cultivos puros, el objetivo fue generar una biomasa que cubra el suelo lo más rápido. En el caso de las leguminosas en la primera instancia no se logró una implantación adecuada, por lo que se realizó una resiembra de las mismas el día 5 de abril. Cabe mencionar que las leguminosas no fueron inoculadas.

A la siembra se aplicó un fertilizante binario de formulación 7-40-0, la dosis fue 100 kg ha<sup>-1</sup>, por lo tanto, la fertilización fue de 40 kg de fósforo y 7 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno. Luego se refertilizó con urea durante el ciclo del cultivo, a los 57 días después de la siembra para el caso de gramíneas (5 de abril). En el caso de las leguminosas debido a la resiembra la refertilización fue 34 días luego de ésta (8 de mayo). Se aplicó un total de 100 kg ha<sup>-1</sup> de urea, lo que equivale a 46 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno.

Cuadro 3. Secuencia de laboreo

| FECHA        | HERRAMIENTA   |
|--------------|---|
| 30 de enero  | Rastra de discos de tiro excéntrico                         |
| 4 de febrero | Rastra de discos de tiro excéntrico + encaterador de discos |
| 8 de febrero | Fresadora   |

Cuadro 4. Densidad de siembra de cultivos de cobertura

| COBERTURA          | DENSIDAD kg ha <sup>-1</sup> | DENSIDAD kg ha <sup>-1</sup><br>RESIEMBRA |
|--------------------|------------------------------|---|
| trébol alejandrino | 30                           | 60  |
| trébol resupinatum | 30                           | 60  |
| moha               | 50                           | -   |
| avena              | 250                          | -   |
| sorgo              | 50                           | -   |

En el momento en que los cultivos de cobertura llegaron al kg ha<sup>-1</sup> de biomasa aérea suficientemente capaz de cubrir todo el suelo y dejar un rastrojo luego de su muerte, se realizó la aplicación de Rango NF (glifosato, 360 g l<sup>-1</sup> Cibeles, Uruguay). En primera instancia fue en gramíneas debido a su buena implantación, rápido crecimiento y la no necesidad de resiembra. La aplicación fue el día 8 de mayo, la dosis fue de 8 litros ha<sup>-1</sup> de producto comercial. La misma se realizó con mochila, la cual se tuvo que regular a la dosis. Se realizaron los cálculos necesarios, éstos aportaron que en la mochila debía haber 2,5 litros de solución para aplicar en una superficie de 54,5 metros cuadrados. Para el caso de leguminosa se aplicó el día 20 de junio (cuadro 6).

Las precipitaciones durante la estación de crecimiento de los cultivos se presentan en anexo 7, la estación de crecimiento fue desde el 8 de febrero hasta el 20 de junio, en dicha estación de crecimiento se dieron precipitaciones por encima de la media por mes (100 L m<sup>2</sup>) como en el mes de febrero y junio. De todas formas, en los períodos en que fue necesario se aplicó un riego por aspersion para asegurar la disponibilidad de agua para la instalación y crecimiento de los cultivos de cobertura.

Cuadro 5. Fecha aplicación glifosato

| COBERTURA   | FECHA     | FECHA       | DOSIS                |
|-------------|-----------|-------------|----------------------|
| Gramíneas   | 8 de mayo |             | 8 L ha <sup>-1</sup> |
| Leguminosas |           | 20 de junio | 8 L ha <sup>-1</sup> |

Previo a las aplicaciones respectivas, se recolectaron 0,25 metros cuadrados de toda la parte aérea en cada parcela para obtener la producción de materia seca. Posteriormente se pesó en fresco y en seco, para secarlo se usó estufa eléctrica con ventilación interna a 60°C por 36 horas, las muestras se depositaban en bolsas de papel identificadas. Parte de este trabajo de muestra en la figura 2.

En el caso de las leguminosas se realizaron dos controles parciales de malezas (raigrás) en forma manual, 2 m<sup>2</sup> parcela<sup>-1</sup> tomados al azar, la primera fecha de desmalezado fue el día 8 de mayo y la segunda entre los días 22 a 24 de mayo.



Figura 2. Muestra extraída con cuadro de 0,5 m de lado



Figura 3. Distribución espacial del desmalezamiento

### 3.2.4 Diseño experimental y variables estudiadas

El diseño experimental fue de bloques completos al azar. Se evaluó la disponibilidad de materia seca en 4 momentos. Al momento de aplicar herbicida (día 0), a los 15, 35 y 49 días post aplicación de herbicida. Para ello se contó con 2 factores, por lo que el ensayo tuvo arreglo factorial de los tratamientos. Los dos factores fueron: especie, con 5 niveles y largo de barbecho con 4 niveles. En todos los casos se realizaron 4 repeticiones, cada parcela estaba formada por un cantero de 5 m de largo y 1 m de ancho.

Para lograr los 4 largos de barbecho se realizó una aplicación de herbicida y luego se fue tomando muestras de la misma parcela en diferentes momentos.

### 3.2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el procedimiento GLM del software SAS (versión 9.2). Previamente, para ambas variables se realizó test de normalidad.

El modelo estadístico para producción de materia seca de las 5 coberturas fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + C_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y = es la variable de respuesta (materia seca).

$\mu$  = promedio general

B = efecto bloque

C = efecto duración de barbecho.

$\varepsilon$  = variación de los factores no controlados (el error experimental)

i = i-ésimo bloque

j = j-ésima duración de barbecho.

En el caso de las evaluaciones de la factorial entre las coberturas y largos de barbecho, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + D_k + CD_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y = es la variable de respuesta (kilogramos de materia seca).

$\mu$  = promedio general

B = efecto bloque

C = efecto duración de barbecho.

D = efecto cobertura

CD = interacción cobertura – duración de barbecho.

$\varepsilon$  = variación de los factores no controlados (el error experimental)

i = i-ésimo bloque

j = j-ésima duración de barbecho.

k= k-ésima cobertura

Cuando en el ANAVA se observaron efectos significativos se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey- Kramer. Las diferencias entre las medias con una probabilidad de error tipo I superior al 5 % no se consideraron significativas.

### 3.3 ENSAYO EN LABORATORIO

En este ensayo se evaluó la germinación y largo de radícula de semillas de cebolla en condiciones controladas, con agua extraída de una solución realizada con muestras de cultivos de cobertura del ensayo a campo. El trabajo se realizó en el laboratorio de fitopatología de EEFAS.

#### 3.3.1 Preparación de muestras

Las muestras se extrajeron de las coberturas del ensayo a campo en 3 momentos, 15, 35 y 49 días post aplicación de herbicida. Dichos periodos serán nombrados en adelante como largo de barbecho.

En el ensayo de campo se tomó un cuadro de 0,3 m de lado (0,09 m<sup>2</sup>), se puso sobre el cantero y se extrajeron todos los restos vegetales de la parte aérea del cultivo de cobertura dentro del cuadro. Se pusieron las muestras en estufa a 60°C durante un período de 1 a 2 horas, lo recomendado para extracción de agua libre. Luego se colocaron en bandejas con agua destilada por 24 horas (0,02 l de agua por cada gramo de materia seca de la muestra, figura 4b). A las 24 horas se filtró el agua de cada bandeja (figura 4a), obteniendo agua sin restos vegetales, pero con el contenido de las sustancias liberadas por estos restos. Se preparó una placa de Petri por cada parcela, en la cual se puso 0,03 l de agua extraída de la bandeja correspondiente (figura 5b). En la misma se pusieron a germinar 30 semillas de cebolla sobre un papel de filtro (figura 5a). Las placas se pusieron en estufa a 25°C (figura 6). Al tratamiento testigo se le agregó solo agua destilada, se utilizaron 4 placas en cada tratamiento. Se utilizó semilla de cebolla de la variedad INIA casera, correspondiente a la categoría básica, brindada por el programa de mejoramiento genético de INIA Salto Grande.

Este método fue descrito por Ferreira y Reinhard (2011), con algunas modificaciones. Ferreira y Reinhard utilizaron 10 repeticiones de 10 semillas y en este ensayo se utilizaron 4 repeticiones de 30 semillas, y estos autores utilizaron temperaturas entre 15 y 25°C y en este ensayo la temperatura fue constante a 25°C.

Se utilizaron placas de Petri descartables. En el caso de las placas utilizadas para gramíneas no fueron esterilizadas. En las utilizadas para leguminosas sí fueron esterilizadas con alcohol.



a) Filtrado de agua extraída de bandejas con cobertura. b) Bandejas con cobertura y agua destilada.

Figura 4. Metodología parapreparación de muestras



a) Placas de petri con semillas preparadas para recibir el extracto de agua destilada y coberturas. b) Placas de petri con semillas y extracto.

Figura 5. Metodología para la preparación de las muestras



Figura 6. Placas dispuestas dentro de la estufa

### 3.3.2 Diseño experimental y variables estudiadas

El diseño experimental fue de parcelas al azar con arreglo factorial de los tratamientos y cuatro repeticiones. Los dos factores fueron: cobertura, con 5 niveles y duración de barbecho con 3 niveles. El ensayo se dividió en dos: uno donde se evaluaron 2 coberturas leguminosas y un testigo, con dos largos de barbecho 15 y 35 días, y otro con 3 coberturas gramíneas y 3 largos de barbecho, 15, 35 y 49 días. En cada evaluación de largo de barbecho se utilizó un nuevo testigo.

Las variables experimentales fueron el número de semillas germinadas de cebolla a los 7 días y el largo de la radícula a los 14 días.

Para determinar el número de semillas germinadas se contaron las semillas por placa que contaban con una radícula de largo mayor a su diámetro. Para evaluar largo de radícula se extrajo las semillas con sus radículas de la placa de Petri y se midió con regla.

### 3.3.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico para las variables germinación y largo de la radícula se realizó mediante el procedimiento GLM del software SAS (versión 9.2). Para ambas variables, previamente se realizó test de normalidad, para el caso de germinación de semillas de cebolla creciendo en extractos de coberturas de leguminosas y gramíneas hubo

que realizar transformación de los datos, transformando los mismos con la función logaritmo.

El modelo estadístico adoptado fue:

$$Y_{ij} = \mu + C_j + D_k + CD_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y = es la variable de respuesta (germinación o largo de radícula).

$\mu$  = promedio general

C = efecto duración de barbecho.

D = efecto cobertura

CD = interacción cobertura – duración de barbecho.

$\varepsilon$  = variación de los factores no controlados (el error experimental)

j = j-ésima duración de barbecho.

k = k-ésima cobertura

Cuando en el ANAVA se observaron efectos significativos se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey- Kramer. Las diferencias entre las medias con una probabilidad de error tipo I superior al 5 % no se consideraron significativas.

Para la comparación entre leguminosas y gramíneas en un solo comparativo se tomaron las mismas con dos largos de barbecho, 15 y 35 días, y se realizó un contraste ortogonal donde se comparó gramíneas versus leguminosas.

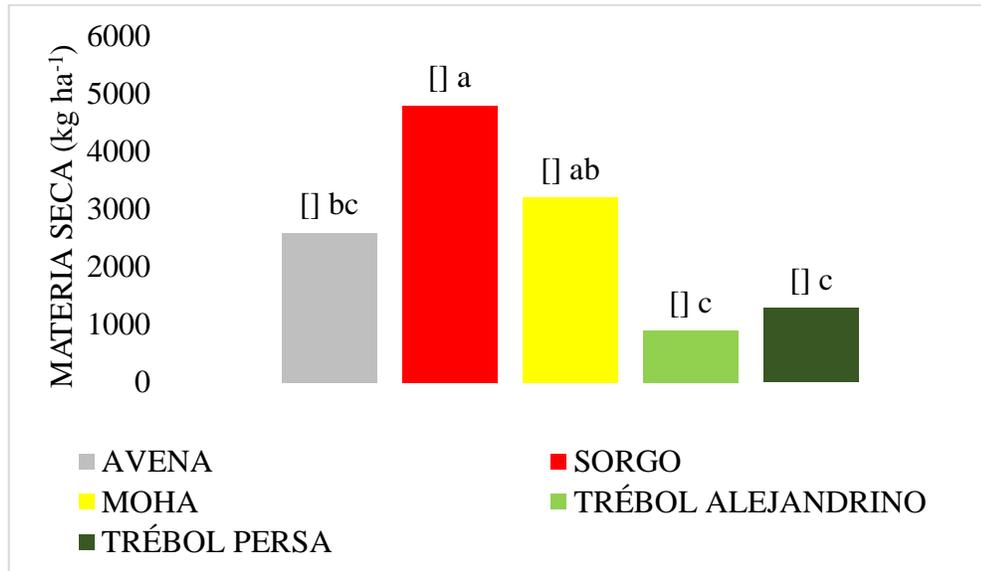
#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron un ensayo de campo y otro de laboratorio. El primero para evaluar el efecto de la duración del barbecho químico de los cultivos de cobertura sobre la disponibilidad de materia seca. En el segundo, se evaluó en laboratorio el efecto de la duración del barbecho químico y la cobertura de cobertura sobre el porcentaje de germinación y elongación radicular en el cultivo de cebolla en placas de Petri.

##### 4.1 DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA

###### 4.1.1 Disponibilidad de materia seca por cobertura al momento de aplicar herbicida

La producción de materia seca de las tres gramíneas evaluadas al momento de la aplicación de herbicida (día 0) presentaron diferencias entre ellas, y las dos coberturas leguminosas no presentaron diferencias entre sí. Se observará una tendencia a mayor producción de gramíneas que leguminosas, aunque avena no se diferenció de las leguminosas (figura 7). Dentro de las gramíneas el sorgo obtuvo la mayor producción, seguido por la moha y por último la avena.



Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (prob.  $F < 0,05$ ).

Figura 7. Disponibilidad de materia seca por cobertura al momento de aplicar herbicida

En la figura 7, se presentan los datos de la disponibilidad de materia seca de cada cobertura al momento de aplicar el herbicida. Este corte se realizó el día 8 de mayo para el caso de gramínea y 20 de junio para leguminosas. El objetivo fue realizar el corte cuando el suelo se cubriera con biomasa vegetal viva. En el caso de las gramíneas se podría haber controlado químicamente antes, pero se retrasó la aplicación de herbicida para tratar de realizar la aplicación en una fecha más cercana a la fecha de corte de la leguminosa, la cual se retrasó porque fue resembrada. La fecha de siembra recomendada para siembra de almácigos de cebolla según Vicente et al. (2007) es segunda quincena de marzo a primera quincena de abril en el Norte del país y en el Sur primera quincena de abril. Cuando es siembra directa la fecha óptima es en la segunda quincena de abril (Volpi, 2017). Por lo tanto, las coberturas leguminosas utilizadas en este trabajo no se podrían utilizar como cultivo de cobertura para un cultivo de cebolla sembrada en siembra directa. En el caso de las gramíneas, la disponibilidad de materia seca producida hasta el momento de la aplicación de herbicida y la observación de los ensayos a campo hacen pensar que el suelo estaba cubierto con anterioridad y se podría lograr dicho objetivo. Un factor a tener en cuenta es el período de crecimiento de las coberturas, en el caso de gramíneas el período desde siembra hasta aplicación de herbicida fue de 89 días y en el caso de las leguminosas 76 días. Aun así, las diferencias en producción de materia seca son grandes y hace pensar que aun teniendo el mismo período de crecimiento no se lograrían valores similares de materia seca.

En este ensayo la mayor disponibilidad de materia seca la obtuvieron los cultivos de sorgo y moha. Los cultivos de gramíneas produjeron más materia seca que las leguminosas. Esto puede explicar por qué el período de crecimiento que se les ofreció a estas coberturas fue corto, las leguminosas utilizadas en este ensayo son de crecimiento inicial lento, y para expresar todo su potencial necesitan un período de crecimiento mayor. En cambio, las gramíneas presentan un crecimiento inicial más rápido y esto ayudó a obtener los valores de producción más altos en un período más corto.

Por otro lado, según Carámbula (2002), la fecha óptima de siembra para estas coberturas es noviembre para moha y sorgo y marzo-abril para avena, trébol alejandrino y trébol persa, por lo que la fecha en que se sembraron estas coberturas favorecieron al sorgo y moha que son cultivos estivales, sin embargo, avena es un cultivo invernal, pero que ante la presencia de agua suficiente desarrolla su potencial, aunque se sembró en forma temprana. Cabe recordar que se realizaron riegos y que las precipitaciones de febrero fueron de 107,8 mm, superiores a la media mensual.

#### 4.1.2 Disponibilidad de materia seca en 4 momentos

En el ensayo a campo se observó efecto significativo para el factor cobertura, largo de barbecho y para la interacción entre cobertura y barbecho (cuadro 6). El ensayo contó con 4 bloques, 5 coberturas y 4 barbechos distintos, 0, 15, 35 y 49 días de duración.

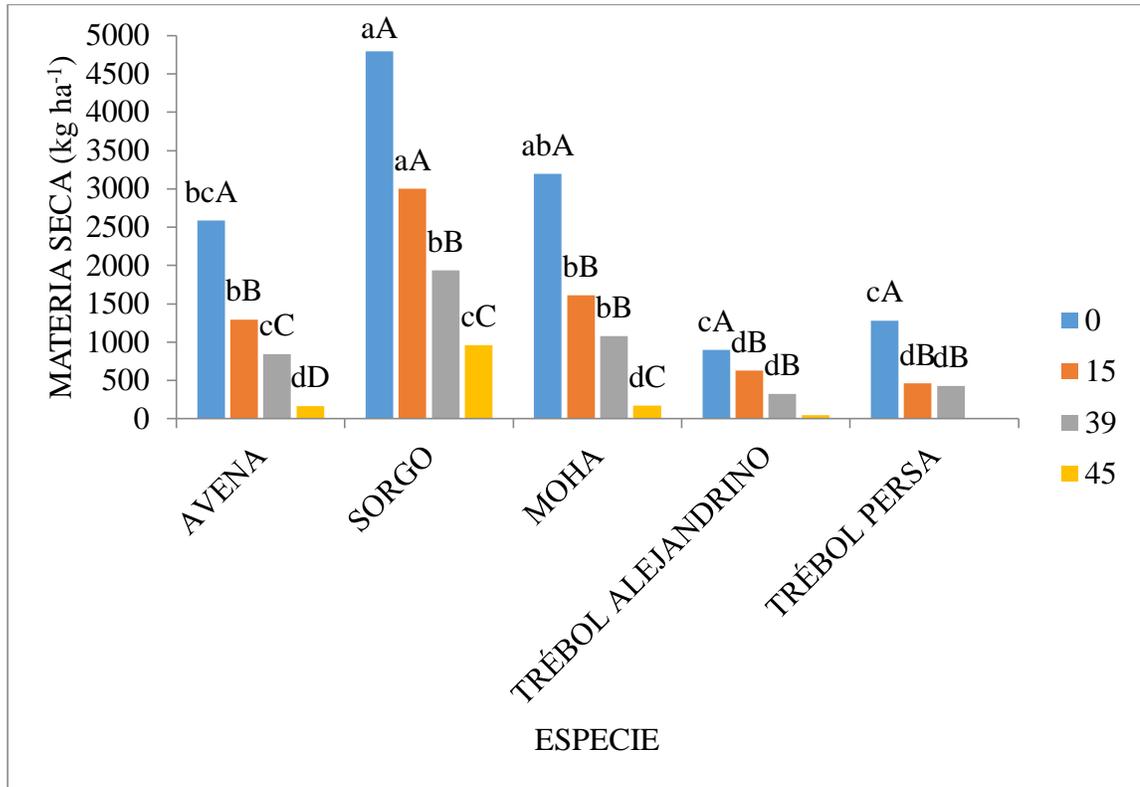
Cuadro 6. Probabilidad >F de la variable disponibilidad de materia seca para coberturas gramíneas y leguminosas

| FACTOR              | PROB. >F      |
|---------------------|---------------|
| Bloque              | 0,0748        |
| Cobertura           | <,0001        |
| Barbecho            | <,0001        |
| Cobertura* barbecho | <b>0,0008</b> |

Las correlaciones son significativas si el valor  $p \leq 0.05$ .

#### 4.1.3 Disponibilidad de materia seca según interacción cobertura por barbecho

En la figura 8 se observa que la disponibilidad de materia seca, tiene una tendencia a bajar al aumentar los días de barbecho en todas las gramíneas. Pero en las leguminosas se observa que no presentaron diferencias en materia seca en los barbechos de 15 y 35 días. Al aumentar los días de barbecho, el proceso de mineralización de la cobertura descrito por Martín y Rivera (2004) cobra importancia, en el cual los componentes orgánicos de las plantas son degradados hasta la formación de los elementos en sus formas minerales simples, es por esto que el barbecho de 0 días fue el de mayor disponibilidad de materia seca. No solo estos restos vegetales están expuestos a factores bióticos, también lo están a los factores abióticos como ser la radiación solar, el oxígeno y el agua. En el caso de las leguminosas el remanente de cobertura a los 49 días era 0, por esta razón no se pudo realizar la última medición, esto se puede explicar por la menor producción de materia seca en relación a las gramíneas.



\* Columnas seguidas por letras minúsculas y mayúsculas iguales no difieren significativamente entre cobertura y barbechos respectivamente (prob.  $F < 0,05$ ).

Figura 8. Disponibilidad de materia seca interacción coberturas por barbecho para coberturas gramíneas y leguminosas

La disponibilidad de materia seca de gramíneas fue igual o superior en todos los barbechos que la disponibilidad de materia seca de las leguminosas. Si bien se observó una interacción entre cobertura y largo de barbecho, esta se explica porque moha se diferenció de sorgo en algunos barbechos y en otros no. De todas formas, para este periodo de crecimiento evaluado, se observó que los efectos simples se repiten, la mayor producción para gramíneas la tuvieron sorgo y moha seguido por avena. Dentro de las leguminosas, el trébol persa tuvo igual disponibilidad de materia seca a los 0, 15 y 35 días de barbecho que el trébol alejandrino.

## 4.2 ENSAYO DE LABORATORIO

En laboratorio se evaluó el efecto que tenía la cobertura de coberturas y el largo de barbecho sobre la germinación y elongación radicular de cebolla. Los barbechos evaluados fueron 3: 15, 35 y 49 días. Las coberturas fueron 5, 3 gramíneas y 2 leguminosas. En el caso de las leguminosas se evaluaron solo con los barbechos de 15 y 35 días, debido a que a los 49 días la degradación del rastrojo había sido total. Por esto, primero se han evaluado los resultados de las gramíneas teniendo en cuenta los 3 barbechos, luego de las leguminosas con dos barbechos y por último se hizo un contraste ortogonal comparando gramíneas versus leguminosas.

Cada parcela consistió en una placa de Petri donde se colocó a germinar 30 semillas. El tratamiento control consistió en la colocación de semillas a germinar en agua destilada.

### 4.2.1 Germinación y largo de radícula de cebolla con cobertura de gramíneas

Como se observa en el cuadro 7, el factor cobertura fue estadísticamente significativo para las 2 variables. El factor barbecho no fue significativo y la interacción cobertura por barbecho fue significativa para largo de radícula. Los demás factores mostrados en el cuadro 7 no fueron estadísticamente significativos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Volpi (2017), quien, trabajando con extractos de parte aérea de avena observó que la duración del barbecho tuvo un efecto depresor en la sobre el cultivo de cebolla.

Cuadro 7. Probabilidad >F de la variable germinación de cebolla a los 7 días y largo de radícula a los 14 días para las coberturas gramíneas y testigo

| FACTOR              | PROB. >F,<br>GERMINACIÓN | PROB. >F, LARGO<br>RADÍCULA |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Cobertura           | <b>0,0287</b>            | <b>0,0019</b>               |
| Barbecho            | 0,3060                   | 0,3546                      |
| Cobertura* barbecho | 0,2241                   | <b>0,0210</b>               |

Las correlaciones son significativas si el valor  $p \leq 0.05$ .

#### 4.2.1.1 Cobertura

El factor cobertura fue estadísticamente significativo para las dos variables. La germinación del testigo fue superior a la germinación con las coberturas. Entre las gramíneas la mejor germinación se logró con las coberturas de avena y sorgo y la menor germinación con moha. En este caso, en la germinación de cebolla, la moha tuvo un efecto depresor mayor, posiblemente por el mecanismo de alelopatía.

Cuadro 8. Porcentaje de germinación de cebolla a los 7 días, para coberturas gramíneas y testigo

| COBERTURA | GERMINACIÓN (%) |
|-----------|-----------------|
| avena     | 42,7 b*         |
| sorgo     | 41,4 b          |
| moha      | 38,63 c         |
| testigo   | 61,2 a          |

\* Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (prob.  $F < 0,05$ ).

Dado que este ensayo se realizó en laboratorio, y el único factor que varió entre parcelas fue el extracto donde germinaron las semillas de cebolla, se puede decir que las sustancias liberadas por el cultivo de cobertura son las que modificaron la germinación. Este efecto depresor de la germinación coincide con la definición de aleopatía introducida por Hans Molisch en 1937. Este efecto está dado seguramente por la liberación de sustancias que inhiben la germinación llamadas aleloquímicos (Whittaker y Feeny, 1971).

#### 4.2.1.3 Cobertura por barbecho

Como se puede observar en el cuadro 9, cuando se utilizó un barbecho de 15 días, la elongación radicular de los tratamientos testigo fueron mayores al de las coberturas utilizadas, y entre las coberturas, excepto avena con 15 días de barbecho. Cuando el barbecho es de 35 días, el testigo no se diferenció de moha y sorgo, y cuando el barbecho duró 49 días la elongación radicular de los extractos de moha fue el mayor que el resto de los tratamientos y el testigo no se diferenció de sorgo ni de avena. Esto sugiere que el largo de barbecho afecta la elongación radicular. Ya que con barbechos cortos hay diferencias con el testigo y a medida que el barbecho es mayor, esas diferencias entre las coberturas y el testigo se pierden lo que sugiere que el efecto que restringe el largo de radícula producido por las coberturas se va perdiendo.

Observando el efecto en cada cobertura, en todas las coberturas se observa que la menor longitud de radícula se da cuando el barbecho es de 15 días. El comportamiento con barbechos de mayor duración es diferente según cobertura, pero en todos los casos la elongación radicular es menor cuando el barbecho es más corto, marcando una tendencia a que el efecto que limita el crecimiento de la radícula se pierde con el tiempo.

Esto demuestra que en la elongación radicular existe un efecto depresor que puede ser alelopático de estas coberturas sobre el cultivo de cebolla. Esta reducción del efecto inhibitorio del crecimiento de la radícula a medida que aumenta el largo de barbecho puede estar asociado con la lixiviación y/o mineralización de compuestos que ejercen competencias entre plantas.

Estos cultivos de cobertura afectan tanto la germinación como la elongación radicular, Volpi (2017) observó un efecto depresor de la avena sobre el cultivo de cebolla, en el que había un efecto solo en la disminución de la germinación, también observó que los menores porcentajes de germinación se daban con el barbecho de 15 días, el más corto, y con barbechos de 45 días la germinación con extractos de avena y moha no se diferenciaban con el testigo. Coincidiendo con Gilsanz (s.f.), quien observó efectos alelopáticos de cultivos de cobertura como la moha sobre la germinación y elongación de la radícula de semilla de cebolla.

Cuadro 9. Largo de radícula de cebolla en centímetros a los 14 días para coberturas gramíneas y testigo

| COBERTURA | BARBECHO |          |          | PROMEDIO |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
|           | 15       | 35       | 49       |          |
| avena     | 4,49 cB  | 12,74 bA | 13,98 bA | 10,40 d  |
| sorgo     | 14,44 bB | 17,47 aA | 14,06 bB | 15,32 b  |
| moha      | 11,90 bB | 15,68 aA | 15,92 aA | 14,5 c   |
| testigo   | 18,49 aA | 16,00 aA | 13,76 bB | 16,08 a  |
| Promedio  | 12,33 c  | 14,47 a  | 14,43 b  | --       |
| CV%       | 5,88     | 1,98     | 1,0      | NS       |

\* Medias seguidas por letras minúsculas y mayúsculas iguales no difieren significativamente entre cobertura y barbechos respectivamente (prob.  $F < 0,05$ ).

#### 4.2.2 Germinación y largo de radícula de cebolla con cobertura de leguminosas

Como se observa en el cuadro 10, el factor que fue estadísticamente significativo en todos los casos fue la cobertura. Para el caso de largo radicular el factor barbecho tuvo un efecto estadísticamente significativo.

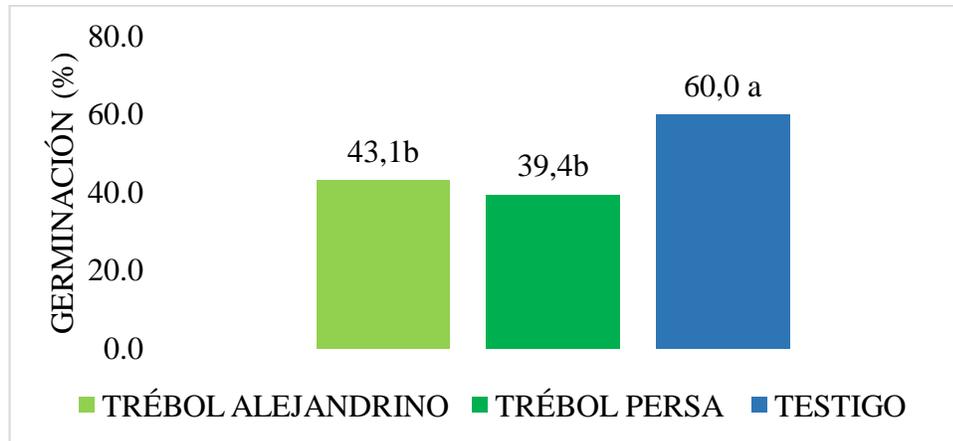
Cuadro 10. Probabilidad >F de la variable germinación de cebolla a los 7 días y largo de radícula a los 14 días para las coberturas leguminosas y testigo

| FACTOR              | PROB. >F,<br>GERMINACIÓN | PROB. >F, LARGO<br>RADÍCULA |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Cobertura           | <b>0,0067</b>            | <b>0,0124</b>               |
| Barbecho            | 0,0571                   | <b>0,0146</b>               |
| Cobertura* barbecho | 0,3103                   | 0,2702                      |

Las correlaciones son significativas si el valor  $p \leq 0,05$ .

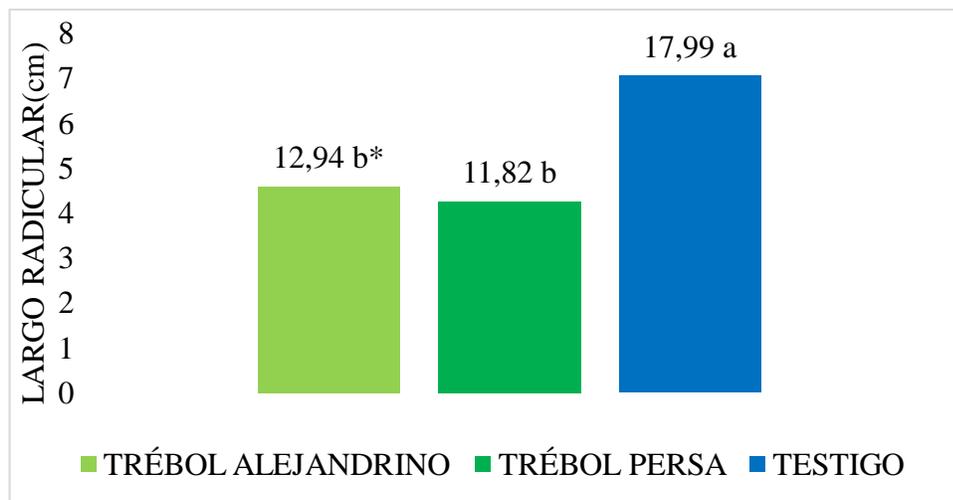
#### 4.2.2.1 Cobertura

En las figuras 9 y 10, se observa que los efectos significativos se dieron por diferencias entre el testigo y las coberturas utilizadas, siendo el testigo el que presentó valores más altos de germinación y elongación radicular que las coberturas en todos los períodos de barbecho. No se observaron diferencias entre las dos coberturas evaluadas.



\* Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (prob.  $F < 0,05$ ).

Figura 9. Porcentaje de germinación de cebolla para coberturas de leguminosas y testigo



\* Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (prob.  $F < 0,05$ ).

Figura 10. Largo de radícula de cebolla en centímetros a los 14 días para coberturas de leguminosas y testigo

El testigo fue superior a los tratamientos con cobertura, esto demuestra que existe un efecto depresor, que en este caso podría tratarse de alelopatía. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Kohli et al. (1997), quienes demostraron que compuestos volátiles originarios de residuos de trébol alejandrino o trébol persa, redujeron la germinación y el crecimiento de la radícula en cebolla.

Bradow y Connick (1990), realizaron trabajos para estudiar el efecto de alelopatía con trébol alejandrino, trébol persa y vicia sobre la germinación y el crecimiento de cebolla, el compuesto más inhibitorio en este fue (E) -2-hexenal. Éste, más otros aleloquímicos, inhibieron significativamente la germinación de semillas de cebolla y concluyeron que hay un efecto depresor en la germinación de cebolla por las tres leguminosas y que son varios los aleloquímicos que interactúan.

#### 4.2.2.2 Barbecho

En el cuadro 11 se muestran los resultados de largo de radícula de cebolla a los 14 días según largos de barbecho, 15 y 35 días. Se observa que, en largos de barbechos mayores, el largo radicular de la cebolla aumenta. Por medio de la lixiviación o mineralización de la cobertura, estas pierden poder alelopático frente al cultivo de cebolla, posiblemente por una disminución en la concentración de aleloquímicos.

Cuadro 11. Largo radicular de cebolla según largo de barbecho (días)

| BARBECHO | LARGO RADICULAR (cm) |
|----------|----------------------|
| 15       | 13 b                 |
| 35       | 16,75 a              |

\* Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (prob.  $F < 0,05$ ).

#### 4.2.3 Germinación y largo de radícula de cebolla con cobertura de leguminosas y gramíneas

En este caso se evaluaron los resultados en conjunto de 5 coberturas mediante un análisis de contrastes ortogonales. Este análisis, contrasta dos grupos: gramíneas vs leguminosas. Observando los datos en su conjunto se identifica que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre coberturas de gramíneas y leguminosas en la germinación de cebolla a los 7 días y en el largo radicular a los 14 días (cuadro 12).

El efecto alelopático de estos grupos de coberturas sobre el cultivo de cebolla estaba reportado por separado, Bradow y Connick (1990), observaron el efecto de *Trifolium resupinatum* sobre la germinación y el crecimiento de cebolla, Volpi (2017) observó el efecto del cultivo de avena sobre germinación y elongación radicular de cebolla.

Almeida (1988) estudió el efecto de las coberturas de gramíneas como la avena y centeno (*Secale cereale*) y leguminosas como vicia (*Vicia sativa*, *Trifolium spp.*) sobre el control de la germinación de las semillas de malezas. Observando que por lo general el efecto es mayor cuando se utilizan gramíneas.

Los resultados observados en este trabajo sugieren que usar coberturas de gramíneas o leguminosas no tuvo diferencias en el resultado de germinación y largo radicular de cebolla.

Cuadro 12. Probabilidad >F de la variable germinación de cebolla a los 7 días y largo de radícula a los 14 días para coberturas gramíneas, leguminosas y testigos

| FACTOR                    | PROB. >F,<br>GERMINACIÓN 7<br>DÍAS | PROB. >F, LARGO<br>RADÍCULA |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Gramíneas vs. leguminosas | 0,9039                             | 0,1297                      |

Las correlaciones son significativas si el valor  $p \leq 0.05$ .

## 5. CONCLUSIONES

La disponibilidad de materia seca tiene una tendencia a bajar al aumentar los días de barbecho.

Todas las coberturas utilizadas en este trabajo tienen un efecto depresor sobre la elongación radicular y germinación de semilla de cebolla en ensayos de laboratorio, posiblemente por efectos alelopáticos.

Del contraste ortogonal realizado no surgen diferencias entre los grupos de gramíneas y leguminosas en germinación ni elongación radicular del cultivo de cebolla.

El largo de barbecho presentó efecto sobre la elongación radicular en todas las coberturas estudiadas, con una tendencia a disminuir el efecto depresor cuanto mayor es el largo de barbecho.

Para utilizar cultivos de cobertura en la producción de cebolla en siembra directa debería considerarse otras coberturas a utilizar como cultivo de cobertura para disminuir probables efectos depresores, ya que todas las evaluadas en este trabajo presentaron efecto depresor. Además del efecto depresor que éstas tienen sobre el cultivo de cebolla, se debería considerar cobertura mas adecuada según la fecha de siembra de cebolla en la región.

## 6. RESUMEN

En la producción de cebolla (*Allium cepa*) en siembra directa es importante obtener una buena implantación, la cual es afectada negativamente por factores como la erosión, el encostramiento del suelo y las malezas. La siembra de un cultivo de cobertura que se controle químicamente previo a la siembra del cultivo de cebolla puede ser un método que reduzca la influencia de estos factores sobre el cultivo. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes cultivos de cobertura en interacción con 3 períodos de barbecho sobre la germinación y elongación de la radícula de semilla de cebolla. Se realizó el ensayo en la estación experimental de la Facultad de Agronomía en Salto (EEFAS). Se evaluaron avena (*Avena bizantina*), moha (*Setaria itálica*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) y trébol persa (*Trifolium resupinatum*). Las variables estudiadas fueron disponibilidad de materia seca de los cultivos de cobertura, número de semillas germinadas de cebolla a los 7 días y largo radicular a los 14 días. En todos los ensayos se observó que los cultivos deprimían la germinación y el largo radicular de las semillas de cebolla. En gramínea se observó un mayor efecto depresor en el largo de radícula de cebolla por el cultivo de avena en los barbechos de 15 y 35 días, para la germinación de cebolla el mayor efecto depresor se obtuvo con el cultivo de moha. En leguminosas no se observaron diferencias entre coberturas, pero sí entre coberturas y el testigo. No se observaron diferencias entre gramíneas y leguminosas en su efecto depresor de la germinación y/o crecimiento radicular de cebolla. No se observó efecto depresor del largo de barbecho en la germinación de cebolla, pero sí en el largo radicular cuando se utilizaron leguminosas. Para utilizar coberturas en siembra directa de cebolla debería evaluarse qué factores provocan un efecto depresor de la cobertura sobre el cultivo. En este caso el efecto depresor coincide con las características de un efecto alelopático.

Palabras clave: *Allium cepa*; Cultivos de cobertura; Alelopatía.

## 7. SUMMARY

In the production of onion (*Allium cepa*) in direct sowing it is important to obtain a good implantation, since the quality of it might be negatively affected by factors such as erosion, soil crusting and weeds. Planting a cover crop that is chemically controlled prior to planting the onion crop can be a method that reduces the influence of these factors on the crop. The goal of this work was to study the effect of different cover crops in interaction with 3 fallow experiments on germination and elongation of the onion seed radicle. The test was carried out at the experimental station of the Faculty of Agronomy in Salto (EEFAS). Oats (*Avena byzantine*), moha (*Setaria italica*), sorghum (*Sorghum bicolor*), Alexandrian clover (*Trifolium alexandrinum*) and Persian clover (*Trifolium resupinatum*) were evaluated. The variables studied were availability of dry matter from cover crops, number of germinated onion seeds at 7 days and root length at 14 days. At all, trials, it was observed that the crops deprived the germination and root length of onion seeds. In grass, a greater depressant effect was found on the length of the onion radicle due to the cultivation of oats in the fallows of 15 and 35 days, for the germination of onion the greatest depressant effect was obtained with the cultivation of moha. In legumes there were no differences between species, but there were differences between species and the control. Also, no differences were observed between grasses and legumes in their depressant effect on germination and / or onion root growth. According to the observations, there is no depressant effect on the fallow length in onion germination, opposite to the root length when legumes were used. To use mulches in direct onion sowing, you should evaluate which factors can cause a depressant effect of the mulch on the crop. In this case, the depressant effect coincides with the characteristics of an allelopathic effect.

Keywords: *Allium cepa*; Cover crops; Allelopathy.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acciaresi, H. A.; Asenjo, C. A. 2003. Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.). Revista Ecología Austral. 13:49-61.
2. Aldabe Dini, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Montevideo, Epsilon. pp. 139-148.
3. Almeida, F. S. 1988. A alelopatía e as plantas. Londrina, IAPAR. 60 p. (Circular no. 53).
4. \_\_\_\_\_. 1991. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 26(2):221-236.
5. Arboleya, J. 2005. Recomendaciones para el manejo del almácigo, el trasplante y la siembra directa. (en línea). In: Arboleya, J. ed. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 43-75 (Boletín de Divulgación no. 88). Consultado 8 oct. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2787/1/15630051107091851.pdf>
6. Blanco, C.; Lagos, J. 2017. Manual de producción de cebolla. (en línea). Santiago de Chile, INIA-INDAP. 104 p. (Boletín INIA no. 15). Consultado 8 oct. 2019. Disponible en <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/15%20Manual%20Cebollas.pdf>
7. Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. (en línea). Cultivos Tropicales. 27(3):5-16. Consultado 25 set. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825001>
8. Bradow, J. M.; Connick, Jr W. J. 1990. Volatile seed germination inhibitors from plant residues. Journal of Chemical Ecology. 16(3):645-666.
9. Campelo, E.; Arboleya, J. 2005. Actualidad de la producción de cebolla en Uruguay. In: Arboleya, J. ed. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo, INIA. 1-15 (Boletín de Divulgación no. 88). Consultado 8 oct. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2787/1/15630051107091851.pdf>

10. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de praderas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 370 p.
11. \_\_\_\_\_. 2007. Verdeos de verano. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.
12. Caviglia, O. P.; Novelli, L.; Gregorutti, V. C.; Van Opstal, N. V.; Melchiori, R. J. 2013. Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-Oeste de Entre Ríos. *In*: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. eds. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. La Pampa, INTA. cap.18, pp. 148-157.
13. Cheema, Z. A.; Khaliq, A. 2000. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semiarid region of Punjab. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 79:105-112.
14. \_\_\_\_\_.; Farooq, M.; Khaliq, A. 2013. Application of allelopathy in crop production: success story from Pakistan. *In*: Cheema, Z. A.; Farooq, M.; Wahid, A. eds. Allelopathy: current trends and future applications. Berlin, Springer. pp. 113-143.
15. Chon, S. U.; Kim, J. D. 2002a. Biological activity and quantification of suspected allelochemicals from alfalfa plant parts. *Journal of Agronomy & Crop Science*. 188(4):281-285.
16. \_\_\_\_\_.; Choi, S. K.; Jung, S.; Jang, H.; Pyo, B.; Kim, S. 2002b. Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass. *Crop Protection*. 21(10):1077-1082.
17. \_\_\_\_\_.; Jang, H. G.; Kim, D. K.; Boo, H. O.; Kim, Y. J. 2005. Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. *Scientia Horticulturae*. 106:309-317.
18. Delgado, H.; Navas, G. E.; Salamanca, C. R.; Chacón, A. 2009. Barbechos mejorados con leguminosas: una promisoría alternativa agroecológica para el manejo alelopático de malezas y mejoramiento del cultivo de arroz y maíz en los llanos de Colombia. (en línea). *Agronomía Colombiana*. 27(2):227-235. Consultado 18 dic. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316234011.pdf>.

19. Fariña, M. F.; Saravia, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
20. Ferreira, A. G.; Borghetti, F. 2004. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre, Artmed. 323 p.
21. Ferreira, M.; Reinhard, C. 2011. Greenhouse and laboratory assessment of rotational crops for allelopathic potential that affects both crops and weeds. In: Ferreira, M.; Reinhard, C. eds. Research methods for allelopathic testing under controlled conditions. Alternative research methods for allelopathic testing of wheat and the weed hybrid *Lolium multiflorum* x perenne. Riga, Lambert Academic. pp. 3-37.
22. Ferreira López, A. L.; Ferreira Panissa, S. M. 2016. Cobertura del suelo por rastrojo a la siembra de la soja para diferentes secuencias de cultivos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.
23. Fitter, A. 2003. Making allelopathy respectable. *Science*. 301:1337-1338.
24. Gilsanz, J. C.; Volpi, J. s.f. Siembra directa con abonos verdes. (en línea). In: Jornada de Cebolla (2017, Las Brujas, Canelones). Presentaciones. Montevideo, INIA. s.p. Consultado 20 ago. 2019. Disponible en [http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/HORTICULTURA/Jornada\\_cebolla\\_28junio2017/Gilsanz%20-%20Volpi\\_abonos\\_verdes.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/HORTICULTURA/Jornada_cebolla_28junio2017/Gilsanz%20-%20Volpi_abonos_verdes.pdf)
25. \_\_\_\_\_. 2008. Abonos verdes de verano. In: Jornada Abonos Verdes (2009, Las Brujas, Canelones). Jardines de abonos verdes de verano. Montevideo, INIA. s.p. (Actividades de Difusión no. 562).
26. \_\_\_\_\_.; Aranda, S. 2010. Evaluación del efecto alelopático en el tiempo de dos especies de abonos verdes, avena negra (*Avena strigosa* Schreb) y girasol (*Helianthus annuus* L.). In: Congreso de la Sociedad Uruguaya de Horti-Fruticultura (12°. , 2010, Montevideo). Libro de resúmenes. Montevideo, INIA. p. 120.

27. \_\_\_\_\_. 2012. Abonos verdes en la producción hortícola: usos y manejo. (en línea). Montevideo, INIA. 64 p. (Serie Técnica no. 201). Consultado 7 dic. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2548/1/18429180912091518.pdf>
28. \_\_\_\_\_.; Aranda, S.; Bruzzone, J. 2014. Evaluación del efecto alelopático en el tiempo de dos especies de abonos verdes de verano sobre la semilla de cebolla. *In: Jornada de Divulgación (2014, Las Brujas)*. Presentación de resultados experimentales sobre el cultivo de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 39-42 (Actividades de Difusión no. 733).
29. Gniazdowska, A.; Bogatek, R. 2005. Interacciones alelopáticas entre plantas. *Acción multisitio de aleloquímicos. Acta Physiologiae Plantarum*. 27:395-407.
30. Guenzi, W. D.; Mc Calla, T. M.; Norstadt, F. A. 1967. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. *Agronomy Journal*. 59(2):163-165.
31. Iganci, J. R. V.; Bobrowski, V. L.; Heiden, G.; Stein, V. C.; Rocha, B. H. G. 2006. Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies de boldo sobre a germinacao e índice mitótico de *Allium cepa* L. *Arquivos do Instituto Biológico*. 73:79-82.
32. Inderjit, S.; Callaway, R. M. 2003. Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant and Soil*. 256(1):1-11.
33. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). s.f. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar de *Trifolium resupinatum* Le 90-33. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2019. Disponible en [http://www.inia.org.uy/estaciones/las\\_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/las_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf)
34. \_\_\_\_\_. s.f. Evaluación del efecto alelopático en el tiempo de dos especies de abonos verdes, avena negra (*Avena strigosa* Schreb) y girasol (*Helianthus annuus* L.). (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 2 set. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429181210165313.pdf>
35. \_\_\_\_\_. 1990. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo. 261 p.

36. \_\_\_\_\_. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo. 142 p.
37. \_\_\_\_\_. 2017. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 12 nov. 2019. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=70>
38. \_\_\_\_\_. 2018a. Cultivos de servicio, cultivos de cobertura, puentes verdes, ¿es todo lo mismo? (en línea). Revista INIA. no. 52:44-47. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8975/1/Revista-inia-52-10.pdf>
39. \_\_\_\_\_.; INASE (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Instituto Nacional de Semillas, UY). 2018b. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. anuales, bianuales y perennes. (en línea). La Estanzuela, Colonia. 88 p. Consultado 28 oct. 2019. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf)
40. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2019. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero. (en línea). Colonia. 16 p. Consultado 28 set. 2019. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_CV/Ano2018/PubSorgoForrajeroPeriodo2018.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2018/PubSorgoForrajeroPeriodo2018.pdf)
41. \_\_\_\_\_. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2020a. Banco datos agroclimático. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ene. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
42. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2020b. Caracterización agroclimática 1980 – 2009. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ene. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Caracterizaci%C3%B3n-agroclim%C3%A1tica/Temperatura-del-aire/Temperatura-media>
43. Kohli, R. K.; Batish, D.; Singh, H. P. 1997. Implications in agroecosystems. Journal of Crop Production. 1(1):169-202.

44. Labrada, R.; Font, C.; Pazos, R.; Hernández, J. 1986. Alelopatía de malezas perennes sobre distintas plantas cultivables. I. Efecto sobre la germinación. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Protección de Plantas. 9(4):71-83.
45. Martín, G.; Rivera, R. 2004. Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. (en línea). Cultivos Tropicales. 25(3):89-96. Consultado 15 dic. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217916013.pdf>
46. Medeiros, B. 1990. Alelopatía: importancia y sus aplicaciones. (en línea). Hortisul. 1:27-32. Consultado 20 jul. 2019. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000141&pid=S0100-0683200900060001100027&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000141&pid=S0100-0683200900060001100027&lng=en)
47. Menges, R. M. 1987. Allelopathic effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmieri*) and other plant residues in soil. (en línea). Weed Science. 35(3):339-347. Consultado 3 dic. 2019. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/4044595?seq=1>
48. MGAP; AUSID (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY; Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa, UY). 2009. Guía de siembra directa. (en línea). Montevideo. 47 p. Consultado 12 nov. 2019. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/6\\_-\\_guía\\_de\\_siembra\\_directa.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/6_-_guía_de_siembra_directa.pdf)
49. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Anuario estadístico agropecuario 2015. Montevideo. 215 p.
50. Miller, D. A. 1996. Allelopathy in forage crop systems. Agronomy Journal. 88:854-859.
51. Netzly, D. H.; Riopel, J. R.; Ejeta, G.; Butler, R.; Rsard, G. 1988. Germination stimulants of witchweed (*Striga asiatica*) from hydrophobic root exudate of sorghum (*Sorghum bicolor*). Weed Science. 36:441-446.
52. Observatorio Granjero. 2018. Comportamiento de la producción de cebolla y su impacto en la oferta de los últimos años. Montevideo. 6 p.

53. Pérez, M.; Scianca, C. 2010. Efecto de cultivos de cobertura sobre las poblaciones de malezas en un Hapludol thapto árgico del N.O bonaerense. (en línea). Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado 18 dic. 2019. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_memoria\\_tcnica\\_2008\\_-2009.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_memoria_tcnica_2008_-2009.pdf)
54. PGG Wrighton Seeds, UY. 2017. Lightning: trébol persa. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 25 set. 2019. Disponible en <https://www.pgw.com.uy/pasturas/leguminosas/anuales/trebol-persa/39/lightning/>
55. Rice, L. 1984. Allelopathy. 2<sup>nd</sup>. ed. Orlando, Florida, Academic Press. 368 p.
56. Rodrigues, L. R. de A.; Rodrigues, T. de J. D.; Reis, R. A. 1992. Alelopatia em plantas forrageiras. Jaboticabal, FUNEP. 18 p.
57. Sardiña, C.; Guerrero, L.; Morelia, M.; Quiroga, A. 2008. Cultivo de cobertura, efectos de la fertilización sobre la producción de biomasa, eficiencia de uso del agua y el cultivo sucesor. In: Congreso Nacional de Trigo (7°), Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal (5°), Encuentro del MERCOSUR (1°, 2008, Santa Rosa, La Pampa). Resúmenes. Santa Rosa, INTA/Universidad Nacional de La Pampa. s.p.
58. Sarrantonio, M.; Gallandt, E. 2003. The role of cover crops in north American cropping systems. (en línea). Journal of Crop Production. 8(1-2):53-74. Consultado 3 ago. 2019. Disponible en [https://scihub.tw/10.1300/J144v08n01\\_04](https://scihub.tw/10.1300/J144v08n01_04)
59. Schertz, D. L. 1994. Conservation tillage: a national perspective. In: Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture (1994, Columbia, South Carolina). Proceedings. Florence, South Carolina, USDA. ARS. pp. 1-5.
60. Sousa De Almeida, F. 1991. Efeitos aleopáticos de resíduos vegetais. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 26(2):221-236.
61. Terra, J. A.; Scaglia, G.; García Préchac, F. 2000. Moha: características del cultivo y comportamiento en rotaciones forrajeras con siembra directa. Montevideo, INIA. 70 p. (Serie Técnica no. 111).

62. Todo el Campo. 2015. La cebolla mantiene su lugar en el podio de hortalizas, pero cae el número de productores. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 25 set. 2019. Disponible en <http://www.todoelcampo.com.uy/espanol/la-cebolla-mantiene-su-lugar-en-el-podio-de-hortalizas-pero-cae-el-numero-de-productores-15?nid=17898>
63. Vicente, E.; Carrega, G.; Manzoni, A.; Vilaró, F.; Rodríguez, G. 2007. El cultivar de cebolla INIA casera. Montevideo, INIA. 14 p. (Boletín de Divulgación no. 92).
64. Vilaró, F.; Vicente, E.; Pereyra, G.; Rodríguez, G. 2005. Cultivares y mejoramiento genético en cebolla. In: Arbolea, J. ed. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 31-42 (Boletín de Divulgación no. 88). Consultado 8 oct. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2787/1/15630051107091851.pdf>
65. Volpi, J. G. 2017. Siembra directa de cebolla sobre coberturas vegetales. Tesis Mag. Ciencias Agrarias, opción Suelos y Aguas. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
66. Wardle, D. A.; Nilsson, M. C.; Gallet, C.; Zackrisson, O. 1998. An ecosystem-level perspective of allelopathy. *Biological Reviews*. 73:305-319.
67. Weir, T. L.; Park, S.; Vivanco, J. M. 2004. Mecanismos bioquímicos y fisiológicos mediados por aleloquímicos. *Current Opinion in Plant Biology*. 7:472-479.
68. Whittaker, R. H.; Feeny, P. P. 1971. Allelochemics: chemical interactions between species. *Science*. 171(3973):757-770.
69. Willis, R. 2007. The history of allelopathy. Dordrecht, The Netherlands, Springer. pp. 1-3.

## 9. ANEXOS

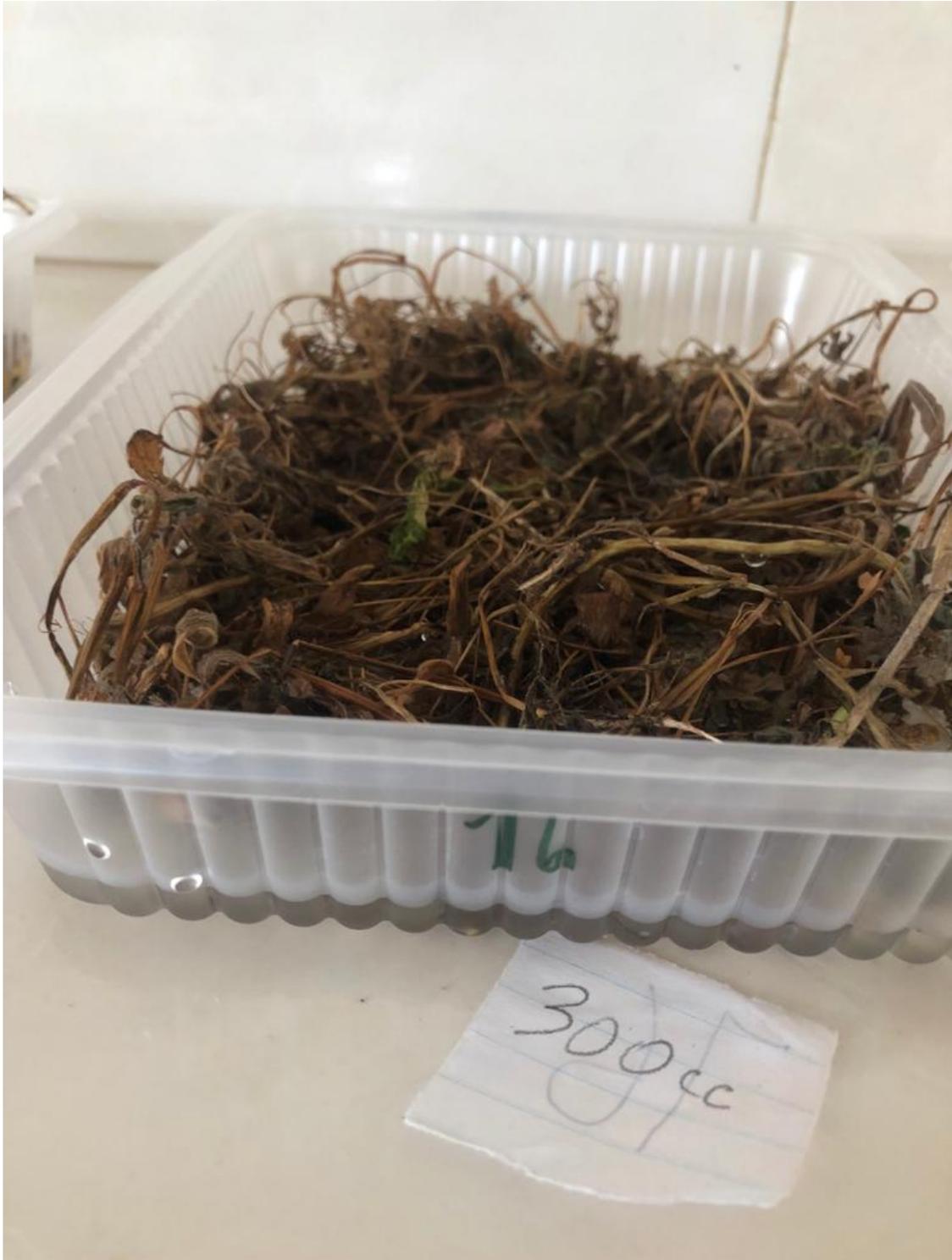
Anexo 1. Ensayos de campo, gramíneas en barbecho químico y leguminosas en crecimiento



Anexo 2. Barbecho químico de leguminosas



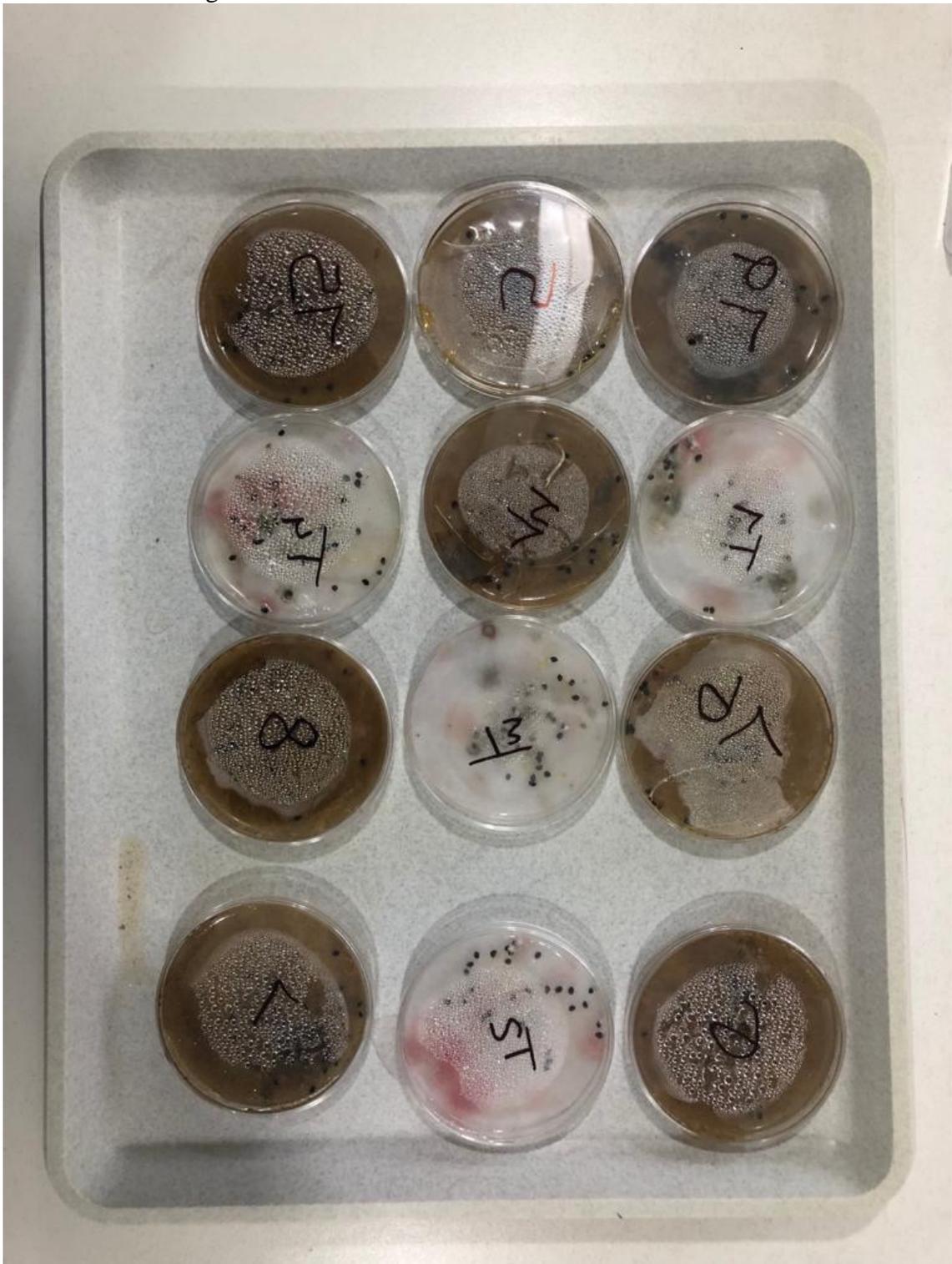
Anexo 3. Restos vegetales vertidos de agua destilada



Anexo 4. Inoculador con semillas prontas para germinar



Anexo 5. Semillas germinadas



Anexo 6. Precipitaciones durante la estación de crecimiento de los cultivos de cobertura en milímetros por metro cuadrado

| FECHA   | PRECIPITACIONES(mm) | FECHA   | PRECIPITACIONES(mm) |
|---------|---------------------|---------|---------------------|
| 30-ene. | 34,5                | 9-jun.  | 3,9                 |
| 31-ene. | 8,5                 | 10-jun. | 1,9                 |
| TOTAL   | 43                  | 11-jun. | 0,1                 |
| 1-feb.  | 50                  | 12-jun. | 8,1                 |
| 11-feb. | 0,4                 | 13-jun. | 6                   |
| 23-feb. | 48                  | 14-jun. | 32,2                |
| 24-feb. | 9,4                 | 15-jun. | 12,5                |
| TOTAL   | 107,8               | 16-jun. | 62                  |
| 7-mar.  | 60,4                | 17-jun. | 1,1                 |
| 11-mar. | 3,4                 | 24-jun. | 0,2                 |
| 12-mar. | 0,9                 | 28-jun. | 6,8                 |
| 17-mar. | 3,7                 | 29-jun. | 0,2                 |
| 19-mar. | 2,2                 | TOTAL   | 135                 |
| 30-mar. | 10,7                | 11-jul. | 8,1                 |
| TOTAL   | 81,3                | 13-jul. | 0,1                 |
| 15-abr. | 20,7                | 21-jul. | 13,9                |
| 19-abr. | 10,2                | 22-jul. | 0,3                 |
| 20-abr. | 2,9                 | 23-jul. | 5,5                 |
| 24-abr. | 32                  | 24-jul. | 26                  |
| 25-abr. | 22,2                | 25-jul. | 6,9                 |
| 26-abr. | 2,8                 | 26-jul. | 1,1                 |
| TOTAL   | 90,8                | 27-jul. | 1,2                 |
| 2-may.  | 0,1                 | 31-jul. | 3,9                 |
| 3-may.  | 1,6                 | TOTAL   | 67                  |
| 4-may.  | 0,8                 | 1-ago.  | 1,5                 |
| 5-may.  | 4,5                 | 7-ago.  | 9,8                 |
| 7-may.  | 0,2                 | 8-ago.  | 35,9                |
| 9-may.  | 35                  | 9-ago.  | 3,6                 |
| 17-may. | 10                  | 25-ago. | 31,2                |
| 19-may. | 1,5                 | 26-ago. | 0,2                 |
| 20-may. | 6,5                 | 29-ago. | 21                  |
| 21-may. | 0,8                 | 30-ago. | 40,6                |
| 22-may. | 2,6                 | TOTAL   | 143,8               |
| 30-may. | 4,6                 |         |                     |
| 31-may. | 0,2                 |         |                     |
| TOTAL   | 68,4                |         |                     |

Anexo 7. Temperatura (°C) media del aire durante la estación de crecimiento de los cultivos de cobertura

| Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Ju | Ago. |
|------|------|------|------|------|----|------|
| 24   | 22   | 19   | 15   | 13   | 12 | 14   |