

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke.



**“GERMINACIÓN DEL TRÉBOL EN
CONDICIONES DEFICIENTES DE
AGUA EN MEZCLA SUELO -
BIOSÓLIDOS”**

Proyecto de título presentado en conformidad a los requisitos para optar al Título de
Ingeniero Civil.

YUSEPP BERNABÉ PLETICOSIC RAMIREZ

Concepción, Abril de 2014.

Agradecimientos:

Durante esta etapa muchas personas han pasado aportando significativamente en mi crecimiento personal y también como futuro profesional, pero nota aparte se merece mi pareja Mariela, mi hijo Yusepp y mi papá Andrés, que son mi núcleo, de ellos he tenido un sostén diario y constante con altos y bajos, con mal genios y trasnoches, pero con muchas alegrías y satisfacciones. Han sido fundamentales y estoy profundamente agradecido. Sin ellos y sin el apoyo de Dios que llego a mi vida hace dos años no se si estaría en esta instancia, espero que sigan al lado mío acompañándome en cada paso. Dar las gracias a mis compañeros de la universidad, siento que cuando uno se titula todos tienen un pedazo de ese logro. Finalmente a mi familia y amigos que siempre tienen alguna distracción para pasar un buen momento.

INDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCION..... | 3 |
| 1.1. Justificación del tema..... | 5 |
| 1.2. Alcances de la Investigación | 5 |
| 1.3. Objetivos | 5 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 5 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 5 |
| 2. ANTECEDENTES GENERALES | 6 |
| 2.1. Erosión | 6 |
| 2.1.1. Erosión Hídrica..... | 6 |
| 2.1.2. Erosión Eólica | 6 |
| 2.1.3. Erosión Antrópica..... | 7 |
| 2.1.4. Formas de Erosión | 7 |
| 2.2. Biosólidos..... | 7 |
| 2.2.1. Clasificación Sanitaria | 8 |
| 3. METODOLOGIA | 10 |
| 3.1. Materiales | 10 |
| 3.1.1. Suelo | 10 |
| 3.1.2. Biosólidos..... | 10 |
| 3.1.3. Especie Seleccionada | 11 |
| 3.2. Equipamiento..... | 11 |
| 3.2.1. Lisímetros..... | 11 |
| 3.2.2. Otros Instrumentos..... | 12 |
| 3.3. Instalación de los Lisímetros | 12 |
| 3.3.1. Llenado y Compactación | 12 |
| 3.3.2. Dosificación de Biosólidos | 13 |
| 3.3.3. Sembrado..... | 13 |
| 3.4. Variables Registradas..... | 14 |
| 3.4.1. Etapas de Desarrollo | 14 |
| 3.4.2. Cobertura..... | 14 |
| 3.4.3. Desarrollo del Trébol | 14 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.4.4. | Humedad aprovechable..... | 14 |
| 3.4.5. | Medición de peso y Humedad Lisímetros..... | 14 |
| 3.4.6. | Precipitación y Riego..... | 15 |
| 3.4.7. | Temperatura..... | 17 |
| 3.4.8. | Crecimiento Aéreo..... | 17 |
| 3.5. | Análisis Estadístico..... | 17 |
| 4. | ANALISIS DE RESULTADOS..... | 18 |
| 4.1. | Datos de Entrada..... | 18 |
| 4.1.1. | Datos Meteorológicos..... | 18 |
| 4.1.2. | Porcentaje de Cobertura..... | 19 |
| 4.1.3. | Etapas de Crecimiento..... | 21 |
| 4.1.4. | Registro de Humedades..... | 23 |
| 4.1.5. | Análisis Estadístico..... | 24 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 28 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 28 |
| 5.2. | Recomendaciones..... | 29 |
| | REFERENCIAS..... | 30 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|---------|---------------------------------|----|
| Anexo A | “ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS” | 33 |
| Anexo B | “REGISTRO DE HUMEDADES” | 38 |
| Anexo C | “COBERTURA VEGETAL” | 55 |
| Anexo D | “ANALISIS ESTADÍSTICO” | 76 |

GERMINACIÓN DEL TRÉBOL EN CONDICIONES DEFICIENTES DE AGUA EN MEZCLA SUELO – BIOSÓLIDOS

Autor: Yusepp Pleticosic Ramírez.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío

Correo Electrónico: ypletico@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo S.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío.

Correo Electrónico: asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

Gracias a la geografía natural de la Región del Biobío que favorece la escorrentía, la erosión se ha tornado un problema recurrente. En la Universidad del Bío-Bío se ha seguido una línea de investigación incorporando recubrimiento vegetal a suelos afectados por la degradación debido a sus pendientes. Para efectos de optimización de recursos hídricos y costos se ha hecho necesario incorporar algún aditivo al suelo para que la especie vegetal llegue a germinar sin la necesidad de regar frecuentemente. Los biosólidos tienen altos contenidos de nutrientes para la semilla y tiene la capacidad de retener agua por más tiempo, por lo que en este estudio fueron incorporados. Con el fin de entender el grado de influencia de los biosólidos en el crecimiento de la vegetación se estudiaron 54 lisímetros con dosificaciones de 0, 5, 15, 50 ton/ha y distintas tasas de riego durante 28 días, registrando las variaciones de humedades diariamente. Además cada 7 días se tomó registro del crecimiento (altura) de la planta y registros fotográficos para obtener el porcentaje de cobertura con respecto al área del lisímetro. Finalmente se realizó un análisis de los datos obtenidos durante todo el proceso con el fin de determinar cuál es la dosificación de biosólidos, la tasa de riego y frecuencias mínimas donde se obtienen mejores resultados en cuanto al desarrollo vegetal. De acuerdo a lo anterior se determinó que el uso de biosólido en dosificaciones de 15 ton/ha y el segundo riego entre los 7 y 10 primeros días presentan los mejores resultados en el crecimiento y recubrimiento del vegetal.

Palabras claves: Trifolium Repens Huía, erosión, riego, biosólidos, recubrimiento vegetal.

Numero de palabras totales: 7143 Palabras Texto + 9 Figuras/Tablas*250 + 2 Figuras/Tablas*300 = 9993 Palabras Totales.

CLOVER GERMINATION IN A MIXED SOIL – BIOSOLIDS TERRAIN WITH POOR WATER CONDITIONS

Author: Yusepp Pleticosic Ramirez.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Biobío

Email: ypletico@alumnos.ubiobio.cl

Sponsor Professor: Alvaro Suazo S.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Biobío

Email: asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

Due to the natural geography of the Biobío region, which encourages the drainage, there is a recurrent erosion issue. Universidad del Biobío has followed an investigation line that incorporates vegetation cover to the degraded soil by slope. For purposes of optimization of water resources and costs, it is necessary to incorporate an additive to soil so that the plant species gets to germinate without the need of frequent watering. Biosolids are high in nutrients for the seed and are capable of retaining water for a longer period, so in this study they were incorporated. In order to understand biosolids influence degree on vegetation growth, 54 lysimeters with dosages of 0, 5, 15, 50 ton/ha and different irrigation rates were studied for 28 days, registering daily moisture changes. Also every 7 days, the plants growth was measured and took a photographic record to obtain the coverage percentage in relation to the lysimeter area. Finally, an analysis of the data was performed in order to determine the dosage of biosolids and irrigation rate where best results are obtained in terms of plant development. According to the above it was determined that the use of biosolids in dosages of 15 ton / ha and the second irrigation between 7 and 10 first days presented the best results in the covering and growth of plants.

Keywords: Trifolium Repens Huía, erosion, irrigation, biosolids, vegetation cover.

1. INTRODUCCIÓN.

Una gran problemática en la región del Biobío, gracias a la geografía natural que presenta, es la de los taludes y los efectos de degradación constante de estas masas de suelo. La inclemencia del tiempo, la poca protección y el comportamiento del hombre con relación al mal uso de los suelos tiene efectos negativos sobre este recurso (Díaz, 2011). La actividad humana frecuentemente intensifica o acelera las tasas de erosión (Gray and Sotir, 1996).

De esta manera estas masas de suelos son susceptibles a ser inestables y esto se ve reflejado sobre todo en época de invierno y principios de primavera donde los cortes de caminos y los daños a espacios públicos y privados se hacen evidentes al tener los taludes expuestos a precipitaciones y vientos.

La erosión se define como el proceso de degradación, transporte y deposición de materiales del suelo por efecto de agentes erosivos, tales como agua, viento o el hielo (Peralta, 1993). En el caso particular de Chile la erosión hídrica es la primera causa de degradación de los suelos (Carrasco y Riquelme, 2003).

Es por esto que se hace imprescindible contar con medidas de resguardo, prevención y contención. Dentro de los métodos, se encuentra el recubrimiento vegetal, el cual es considerado como una barrera viva. Para que las barreras sean eficaces en el control de la erosión es muy importante seleccionar adecuadamente las especies vegetales a utilizar. Se debe seleccionar las de mejor adaptación al clima y suelo del lugar (Carrasco y Riquelme, 2003).

El manto vegetal influye sobre la proporción del escurrimiento del agua lluvia y del arrastre del suelo más que cualquier otro factor físico por separado (Bennett, 1965). Este también ayuda a contrarrestar la velocidad de los vientos disminuyéndola, de esta manera el suelo no queda expuesto.

Entre los recubrimiento vegetales destaca por su efectividad el trébol enano (*Trifolium repens* huia) (Meneses, 2011). Ellos protegen el suelo de la erosión hídrica porque aumenta el ligamento físico del suelo con tallos y raíces, establecen una unión electroquímica y de nutrientes entre raíz y el suelo, disminuye el escurrimiento por la acción de los tallos y hojas, brinda mejor estructura y retención de agua, a consecuencia del aumento del contenido de materia orgánica produce

incremento en la fauna y de la actividad biológica que promueve una mejor estructura del suelo (Lal, 1998).

Lamentablemente asegurar la germinación del espécimen, sobre todo en época estival donde el clima seco hace más difícil la captación y conservación del agua, no es fácil, ya que es sensible al déficit de agua. Por lo anterior requiere de una preocupación constante para que la vegetación logre absorber los nutrientes necesarios para su crecimiento adecuado.

El gasto económico para lograr asegurar el desarrollo del trébol es importante. Por esto se debe tratar de asegurar que suceda pero reduciendo la demanda de agua y su infiltración. Así mientras más tiempo sea capaz de conservar agua el suelo, la planta mas se logrará hidratar.

En la búsqueda de solucionar a este conflicto específico, en la Universidad del Bío-Bío se ha estudiado con énfasis la incorporación de biosólidos o lodos en una mezcla con el suelo natural (Aroca, 2005; Maldonado, 2006; Castillo, 2009; Fuentes, 2010; Sandoval, 2009). Analizando así, el desarrollo del recubrimiento vegetal bajo distintas condiciones.

Los biosólidos son extraídos de las plantas de tratamientos de aguas residuales, en un principio considerado como desechos, no había otro destino que ser dispuestos en rellenos sanitarios. A lo largo de los años se ha logrado demostrar que son beneficiosos para los suelos dándole valor agregado a este subproducto.

La finalidad de este proyecto de título es lograr estimar cual es el grado de influencia de los biosólidos, en el crecimiento del trébol sobre todo en situaciones de escasez de agua.

1.1. Justificación del Tema.

Para controlar la erosión en taludes se puede aplicar recubrimiento vegetal. Para que la protección sea económica se necesita minimizar la frecuencia y cantidad de riego, pero asegurando la germinación de las semillas. Los biosólidos se pueden considerar un acondicionador de suelos con gran capacidad de retención de humedad. Luego, en esta investigación se requiere analizar el desarrollo del trébol en suelos con diferentes concentraciones de biosólidos y condiciones de riego.

1.2. Alcances de la Investigación.

Este proyecto de título establece los requisitos para asegurar la etapa de germinación del trébol enano, a través de las mínimas tasas y frecuencias de riego, para así restringir los costos asociados a este método, como también dar una adecuada dosificación de biosólidos.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Evaluar el desarrollo inicial de germinación del trébol en recipientes con suelo mezclado con diferentes contenidos de biosólidos, bajo condición de déficit hídrico.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Analizar experimentalmente bajo distintas dosificaciones de biosólidos el desarrollo del trébol en terreno plano, con una misma tasa de riego.
- Analizar mediante la experiencia, bajo distintas frecuencias y tasas de riego, el desarrollo del trébol en terreno plano ante una misma dosificación de biosólidos.
- Analizar la efectividad del biosólido.
- Proponer humedades y condiciones de riego mínimo para asegurar la germinación del trébol, con su respectiva dosificación de biosólidos.

2. ANTECEDENTES GENERALES.

2.1.Erosión.

Definida como un proceso de degradación, transporte y deposición de material del suelo por efecto de agentes erosivos, tales como el agua, el viento o el hielo (Peralta, 1993). Existen factores naturales que potencian esta situación, como es el caso de la topografía, cerros y montañas. Sin embargo el hombre también contribuye a acelerar los procesos erosivos naturales; a ésta se le conoce como erosión antrópica.

2.1.1. Erosión Hídrica.

En Chile la más común es la erosión producida por el agua de lluvia. El impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo provoca la degradación de las partículas primarias (limo, arcilla y arena) formándose un sello superficial que disminuye la capacidad de infiltración del suelo. Cuando la precipitación es mayor que la tasa de infiltración de agua, se produce escurrimiento superficial. En la secuencia erosiva se reconocen tres procesos definidos:

- Las partículas se sueltan de la masa del suelo.
- Las partículas son transportadas.
- El material es depositado y los agentes erosivos que actúan conjuntamente son las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial.

Dentro de los factores más importantes de las que depende la erosión hídrica están las altas inclinaciones de los terrenos, la carencia de barreras que impidan el escurrimiento del agua, la intensidad de las lluvias, la densidad de la cobertura vegetal y el tipo de suelo.

2.1.2. Erosión Eólica.

Ésta es originada por la acción repetitiva del viento debido al movimiento de partículas finas que incide e impacta sobre las capas superficiales causando la remoción y pérdida de la materia orgánica del suelo. Los factores que influyen en este tipo de erosión son:

- La presencia o no de la cobertura vegetal.
- Pendiente del suelo (a mayor pendiente mayor exposición a la acción del viento)

2.1.3. Erosión Antrópica.

El hombre siempre ha contribuido a acelerar los procesos erosivos naturales. Las principales causas antrópica de la erosión son:

- La deforestación
- El mal uso de la capacidad del suelo
- El sobrepastoreo
- La sobre explotación de la vegetación natural para uso doméstico.
- Las practicas inadecuadas de manejo de suelos.

2.2. Biosólidos.

Los biosólidos también conocidos como lodos son subproductos líquidos, sólidos o semisólidos generados por las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Son generados a partir de un proceso de estabilización para reducir su nivel de patogenicidad, su poder de fermentación y su capacidad de atracción de vectores; normalmente consiste en un proceso de digestión anaeróbica y luego secado en filtros de bandas. Finalmente se obtiene un producto que tiene aptitudes para la utilización agrícola, forestal y para recuperación de suelos degradados o en proceso de degradación. Los lodos deben cumplir con algunas restricciones descritas a continuación.

2.2.1. Clasificación Sanitaria.

La clasificación sanitaria debe cumplir con dos parámetros:

- Reducción del potencial de atracción de vectores (organismos capaces de transportar y transmitir agentes infecciosos)
- La presencia de patógenos.

- a) Lodos Clase A. Son aquellos que no tienen restricciones sanitarias para la aplicación benéfica al suelo. Los lodos Clase A deberán cumplir con uno de los siguientes requisitos, previo o simultáneamente al cumplimiento de la reducción de la atracción de vectores (DS N°4, 2009, Ministerio Secretaria General de la Republica).

- Tener una densidad de coliformes fecales menor a 1.000 Número Más Probable (NMP) por gramo de lodos, base seca.
- Tener una densidad de salmonella sp. menor a 3 NMP en 4 gramos de lodos, base seca.
- Tener un contenido de ova helmíntica viable menor a 1 en 4 gramos de sólidos totales, base materia seca, cuyo cumplimiento se podrá demostrar mediante la aprobación por la autoridad sanitaria de las condiciones de operación de uno de los siguientes procesos de higienización: compostaje, secado térmico, tratamiento de calor o digestión aeróbica termofónica.

Son aptos para cualquier uso agrícola (cultivos hortícolas, frutícolas, forraje, fibras; árboles frutales, praderas para pastoreo, jardines, parques, áreas verdes, cementerios, etc).

- b) Lodos Clase B. Son aquellos aptos para la aplicación benéfica al suelo, con restricciones sanitarias de aplicación según tipo y localización de los suelos o cultivos. Lodos Clase B deberán cumplir el siguiente requisito: la media geométrica de la densidad de coliformes fecales; producto del análisis de un número de muestras no inferior a siete, tomadas al momento de su uso, debe ser menor que 2.000.000 NMP por gramo de lodos en base seca (DS N°4, 2009, Ministerio Secretaria General de la Republica).

2.3.Sistemas de Control de Erosión.

La variedad de materiales usados en las aplicaciones para el control de erosión han tenido como principio la paja y el material orgánico y muchos de los diseños utilizados buscan retener el suelo en el sitio y facilitar el restablecimiento de la vegetación (Díaz, 2011). En la actualidad existen prácticas, materiales y soluciones que buscan controlar este problema causado por la lluvia, el viento, la escorrentía y la gravedad. Entre los métodos utilizados se logra encontrar métodos de coberturas convencionales, no convencionales y de revegetalización.

Toda cubierta superficial del suelo, sea de naturales orgánica o inorgánica, tiene un efecto protector y ayuda al establecimiento de la vegetación. Bajo estos criterios deben cumplirse las siguientes cualidades (Castillo, 2009):

- Reduce la erosión hídrica.
- Ralentiza el flujo de agua escorrentía.

- Disminuye la velocidad del viento (Erosión Eólica).
- Disminuye la evaporación y conserva la humedad del suelo.
- Aumenta la capacidad de infiltración.
- Modifica las temperaturas extremas en la superficie del suelo.
- Retiene a las semillas y plantas y favorece la germinación.
- Algunos tipos de cobertura natural para proteger el suelo introducen microorganismos.

La aplicación de alguna solución con algún tipo de vegetación, debe cumplir algunas condiciones como las siguientes:

- Condiciones ambientales externas.
 - Salinidad.
 - Temperaturas altas.
 - Baja pluviometría.
 - Baja humedad.

Si bien se recomienda algunas condiciones, no son del todo excluyentes:

- Siembra fuera de la estación idónea.
- Suelos altamente erosionables.
- Zona de pendientes fuertes.

3. METODOLOGÍA.

Para las experiencias realizadas en este proyecto de título, se aplicaron en su primera etapa distintas dosificaciones de biosólidos en cada lisímetro con frecuencias y tasas de riego características. En una segunda etapa se hará variar las frecuencias y tasas de riego para lograr generar una comparación adecuada con respecto a la etapa anterior.

El estudio se llevo a cabo en la Región del Biobío, Concepción. Asegurando las condiciones apropiadas para el estudio.

3.1. Materiales.

3.1.1. Suelo.

Para la experiencia fue necesario obtener un suelo característico de la región del Biobío. Para esto la extracción del material fue ejecutada en un talud existente en las dependencias del LAGEMA en la Universidad del Bío-Bío. La humedad natural se tomo antes de empezar el ensayo de acuerdo a la norma NCh 1515 of 79, fue de 7,4%.

Los datos obtenidos del los ensayos de Proctor es extraído de Beroiz (2013), donde la Densidad Máxima Compactada Seca es 1780 kg/m^3 .

Las demás características del suelo son extraídas de Solar (2011):

- Clasificación U.S.C.S: Arena Limosa (SM).
- Densidad Natural Seca: 1254 kg/m^3 .
- Límite Líquido: 12,8%.
- Límite Plástico: 5,19%.
- Índice de Plasticidad: 7,61.

3.1.2. Biosólidos.

Los lodos obtenidos fueron extraídos de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la comuna de Hualpén. Se clasificaron como lodos clase B, la cual tiene como característica principal la aplicación benéfica al suelo como abono o acelerador en el crecimiento de especies seleccionadas como recubrimiento vegetal.

Los lodos clase B deberán cumplir con la media geométrica de la densidad de coliformes fecales, producto del análisis de un número de muestras no inferior a siete, tomadas al momento de su uso, debe ser menor que 2.000.000 NMP por gramo de lodos en base seca.

El lodo de la planta Biobío en Concepción usado en la experiencia cumple satisfactoriamente con la normativa de lodo Clase B.

En la tabla N°1 se muestra la composición de los lodos.

Tabla N°1. Características del Lodo. (Fuente: Maldonado, 2006)

| Parámetros | Biosólidos PTAR Hualpén |
|----------------------------|------------------------------------|
| Nitrógeno Total (%) | 4.65 |
| Nitrógeno Disponible (ppm) | 133 |
| Fosforo Total (%) | 1.14 |
| Fosforo Disponible (ppm) | 712 |
| Potasio Total (%) | 0.17 |
| Potasio Disponible (ppm) | 615 |
| pH | 6 |
| Materia Orgánica (SSV) (%) | 64.7 |
| *Humedad (%) | 82 |

(*Fuente Elaboración Propia)

3.1.3. Especie Seleccionada.

La especie seleccionada para la experiencia fue el trébol enano (*Trifolium Repens* Huía), que pertenece al grupo de especies puras. Es un prado de alta resistencia al pisoteo, crecimiento bajo y rastrero, especialmente indicado para lugares húmedos. Puede sembrarse solo o asociado con gramíneas, las que le confieren al prado un aspecto parejo y denso de color verde oscuro. Es de rápido cubrimiento y posee una baja necesidad de fertilización. Su gran capacidad como fijador de nitrógeno lo hace muy apropiado para ser sembrado en suelos pobres. La mejor fecha de sembrado es temprano en otoño aunque se puede hacer todo el año (Aroca, 2005). Se recomienda como dosis máxima de semillas $12,5 \text{ g/m}^2$

3.2. Equipamiento

3.2.1. Lisímetros.

Como lisímetros se utiliza baldes de un galón aproximadamente, los que se situaron en un mesón donde se rotaron todos los días para poder asegurar que cada uno reciba la misma cantidad de sombra, luz y viento. Como la experiencia es con déficit de agua, en caso de lluvia éstos fueron cubiertos para asegurar que las cantidades de agua que se le entregó a los lisímetros fueran absolutamente controladas. Finalmente a los 54 lisímetros se les entregó cuatro tipos de dosificaciones con repeticiones según el grado de importancia; distintos tipos de frecuencias y tasas riego. Los lisímetros poseen las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 19 cm
- Altura Total: 18,5 cm
- Altura Utilizada: 16,5 cm
- Volumen utilizado: 3,730 l

3.2.2. Otros Instrumentos.

Para la realización de la experiencia y se ocuparon otros instrumentos adicionales, los cuales se enumeran a continuación:

- 1 Probeta de 500 ml.
- 1 Probeta de 100 ml.
- 1 Regadera.
- 1 Balanza de 15 kg \pm 5g.
- 1 Cámara fotográfica.
- 1 Balanza de alta precisión 15000g \pm 0.01g.
- 1 Horno de Secado.
- 1 Regla graduada.

3.3.Instalación de los Lisímetros.

Todos los lisímetros se deben encontrar bajo la misma condición. Es por esto que es necesario estandarizar la forma de preparación. Esto ayuda a que los resultados sean coherentes logrando obtener un análisis variando solo una condición entre ellos.

Estos métodos incluyen la forma de llenar los lisímetros, su compactado, el sembrado de la especie seleccionada y la rotación de ellos.

3.3.1. Llenado y compactación de los lisímetros.

La experiencia tiene que estar lo asociada a la realidad, la densidad a utilizar para la compactación del suelo será una aproximación del suelo real. Los lisímetro se compactaron asumiendo un rango de 65% a 75% en relación a la densidad máxima compactada seca (DMCS) de suelo (Beroiz, 2013). El suelo es de fácil compactación, por lo mismo se realizó bajo un proceso artesanal similar a la que se utiliza para el ensayo de proctor, pero con la diferencia de que se utilizó un pisón de madera en vez de uno metálico para la compactación. Todos los lisímetros se llenaron en dos capas de suelo, solo los que llevan dosificación de lodo se les agrego una última capa de mezcla suelo-biosólido de aproximadamente 1,5 cm según la dosificación que correspondiera. Para asegurar que la unión de estas capas fuera lo más monolítico posible, se escarificó el suelo previamente la colocación de la siguiente capa.

3.3.2. Dosificación de Biosólidos.

El plan de incorporación de lodos al suelo, o de mezcla de lodo con el suelo, se definió bajo el Decreto Supremo N°4 Ministerio Secretaria General de la Republica año 2009, que deja explícito e indica la tasa máxima de aplicación de lodos. La incorporación de lodos mencionada como tasa máxima en suelos erosionados o degradados a utilizar es de 50 ton/ha en terreno plano, sin embargo los biosólidos también pueden ser utilizados en terrenos con pendientes. Para esto se debe cumplir Artículo 20 del Decreto Supremo antes mencionado, la cual indica una tasa de 15 ton/ha en terrenos que tengan pendiente menor a 15%. Arbitrariamente se contempló la incorporación de 5 ton/ha para la obtención de tendencias estadísticas y 0 ton/ha, la cual se utilizó para generar comparaciones con los lisímetros que tengan la tasa máxima con inclinación.

Las dosificaciones en base seca que se utilizó fue: 0, 5, 15 y 50 ton/ha.

3.3.3. *Sembrado.*

Esta es una etapa de cuidado, ya que el objetivo es que logre germinar. Para esto se debe proteger la semilla de agentes que impidan alcanzar el objetivo. El proceso de sembrado se realizó en una sola etapa, logrando la totalidad de los lisímetros en un solo día, para obtener resultados comparables.

La experiencia dio inicio el 18 de enero del 2014. El sembrado se realizó de la siguiente manera:

- Se retiraron 0,5 cm de suelo superficial (solo lisímetros sin lodos).
- El suelo fue arado para la incorporación de las semillas, surcos de aproximadamente 5 mm.
- La razón de siembra será de 12,5 g/m^2 .
- La técnica de siembra será la del voleo, la cual consiste en dejar caer las semillas en forma de fina lluvia.
- Se cubrieron las semillas con una capa de suelo de 0,5 cm, la cual se compactaron manualmente para que quede protegida y en íntimo contacto con el suelo.
- Finalmente el riego debe ser fino y cercano para no remover la semilla.

Este mismo procedimiento se repite para la segunda etapa.

3.4. Variables Registradas.

3.4.1. *Etapas de Desarrollo.*

Para poder evaluar la experiencia de la misma forma obteniendo resultados apropiado estadísticamente se define las distintas etapas de clasificación del trébol (Tekeli et al, 2006):

- Pre-brote: Será todo aquel que sea menor a 5mm de largo en su tallo o brote/hoja.
- Germinación: Aquel trébol que posea un largo superior a 5 mm con máximo de 10 mm (Nichols et al, 2009).
- Pre-FloreCIMIENTO: Todo trébol cuyo largo sea mayor a 10 mm.
- Florecimiento Completo: Aparición de flores que se reúnen en inflorescencia de tipo racimo de 10 a 40 mm de diámetro.

3.4.2. Cobertura.

El registro se realizó al término de cada semana con el fin de observar el crecimiento y porcentaje de cobertura vegetal. El registro fotográfico fue apoyado a través de Cobcal 2 para la obtención de la superficie o el porcentaje de cobertura vegetal de un cultivo. Este es un programa de procesamiento de imagen digital, que se basa en la colorimetría y estima la superficie o el porcentaje de cobertura. Permite realizar cálculo en rastros, cultivos o maleza, siempre que sea posible detectar variaciones de color y el suelo (Cobcal, 2013).

3.4.3. Desarrollo del Trébol.

Los tréboles de mayor tamaño serán considerados los que tienen mayor longitud del tallo. Estos son los que se medirán como los representativos, alrededor de 3 a 5 especímenes para cada lisímetro. La medición se realizó al término de cada semana en el transcurso de la experiencia.

3.4.4. Humedad aprovechable (H.A.)

Es la diferencia entre el grado de humedad del suelo en un momento determinado y el grado de humedad correspondiente al punto de marchitez permanente en el suelo. Por lo tanto el máximo de agua utilizable por las plantas será la diferencia entre la capacidad de campo 30,9% y punto de marchitez permanente 20,2% (Salas, 2003).

3.4.5. Medición de peso y humedad en lisímetros.

Estas variables se medirán a diario y en horarios semejantes, antes de aplicar el riego, con el objeto de encontrar las variaciones en el sistema, producto del cambio de condiciones, climáticas y de riego.

La humedad se medirá mediante el agua almacenada entre un día y otro, tomando las variaciones de pesos de los lisímetros. La humedad inicial se obtiene según la NCh 1515 of 79, la cual indica que a través de una muestra inicial representativa del suelo se toma el peso húmedo de la muestra y luego el suelo se seca por medio de un horno de secado a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y se vuelve a pesar la muestra, esta vez seca, así obteniendo una diferencia de peso que indica la variable.

3.4.6. *Precipitación y Riego.*

Las condiciones en que debe ser sometido el espécimen vegetal son en déficit de agua, por lo tanto la condición de precipitación debe ser nula y el riego debe ser escaso para lograr observar la capacidad que tienen los lodos para almacenar humedad y otorgársela al trébol en estudio. Sin embargo es vital llevar registro de las precipitaciones que ocurren para poder definir si en algún momento ha ocurrido alguna filtración que altere el registro de las humedades o peso de los lisímetros. Las precipitaciones se registraron en la estación más cercana al lugar de la experiencia. En este caso se utilizaron los datos obtenidos en la estación geodésica TIGO. Como se debe encontrar tasas y frecuencias mínimas que aseguren la germinación del espécimen se ocuparon como máximo riego, las mínimas tasas y frecuencias que aseguraron el desarrollo del trébol en el trabajo de Beroiz (2013).

En la Tabla 2 se definen las tasas de riego y tasas de incorporación de biosólidos.

Tabla N°2. Tasas de riego y dosificaciones de biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).

| Experiencia | Lisímetro | Dosificación (Ton/Ha) | Frecuencia de riego |
|--------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 0 | 1 | 0 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 0 | 2 | 5 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 0 | 3 | 15 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 0 | 4 | 50 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 1 | 5-9 | 0 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 1 | 10 | 5 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 1 | 11-15 | 15 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 1 | 16 | 50 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 2 | 17-21 | 0 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 2 | 22 | 5 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 2 | 23-27 | 15 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 2 | 28 | 50 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 3 | 29-33 | 0 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 3 | 34 | 5 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 3 | 35-38 | 15 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 3 | 39 | 50 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 4 | 40-42 | 0 | HA 100% inicial |
| 4 | 43 | 5 | HA 100% inicial |
| 4 | 44-46 | 15 | HA 100% inicial |
| 4 | 47 | 50 | HA 100% inicial |
| 5 | 49-50 | 0 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 5 | 51 | 5 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 5 | 52-53 | 15 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 5 | 54 | 50 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |

3.4.7. Temperatura.

La temperatura es un agente que afecta a las plantas, produciendo el proceso conocido como evapotranspiración, que es la combinación de dos procesos separados por la que el agua se pierde, a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (Allen et al. 1998). Los datos se obtuvieron del Observatorio Geodésico TIGO.

3.4.8. Crecimiento aéreo.

Este fue medido desde la superficie del suelo hasta la parte más alta de la planta, con el objeto de registrar resultados sobre el desarrollo del trébol e interpretación de valores y facilitar las conclusiones.

3.5. Análisis Estadístico.

Los análisis estadísticos son necesarios para la validación de los datos registrados durante la experiencia. Estos ayudan a explicar si los resultados obtenidos son atípicos o no y así poder fundamentar la toma de decisiones. Para aplicar estos análisis con la cantidad de datos obtenidos el apoyo computacional es fundamental, es por esto que se utilizó el programa estadístico InfoStat con el cual se realizó el análisis de correlación de Spearman y la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos durante la experiencia de 28 días fueron cobertura vegetal, humedades, precipitaciones y riego, crecimiento aéreo y temperatura. Estos datos son analizados con el fin de obtener una respuesta sobre la influencia de los biosólidos en el desarrollo del trébol, llegando a dosificaciones de lodos ideales y las menores tasas de riego posible.

4.1. Datos de Entrada.

Las mediciones realizadas están divididas en diarias y semanales. Las diarias fueron los datos meteorológicos, y los registros de humedades, mientras que las semanales se hicieron los días 7, 14, 21, 28 a partir del momento de la siembra y estas comprenden el porcentaje de cobertura y etapas de crecimiento principalmente.

4.1.1. Datos Meteorológicos.

Las condiciones climáticas a las cual estuvieron expuestos los lisímetros son un factor de gran importancia. La temperatura y las precipitaciones son las variables climáticas más relevantes en este estudio. Estos datos fueron tomados durante toda la experiencia que abarca desde el 18 de enero hasta el 15 de febrero del 2014. La figura 1 muestra como las precipitaciones afectan claramente al ingreso no programado de agua a los lisímetros, por lo que fue necesario disponer de una cubierta que permitiera que la condición de precipitaciones nulas fuera realizada de forma exitosa.

Si bien las precipitaciones no fueron excesivas, estas causaron alteraciones en algunos lisímetros producto de las filtraciones. Es por esto que se presentan variaciones no programadas en la humedad. El día 19 se registraron precipitaciones de 15,4 mm la que fue la más alta. Por otro lado las variaciones de temperatura tienen un máximo de 30,5 °C registrada el día 12 de la experiencia. La mínima fue de 8,2°C registrada el día 8. Las precipitaciones y las temperaturas son factores importantes en las variaciones de la humedad, es por esto que se muestran el detalle en el ANEXO B.

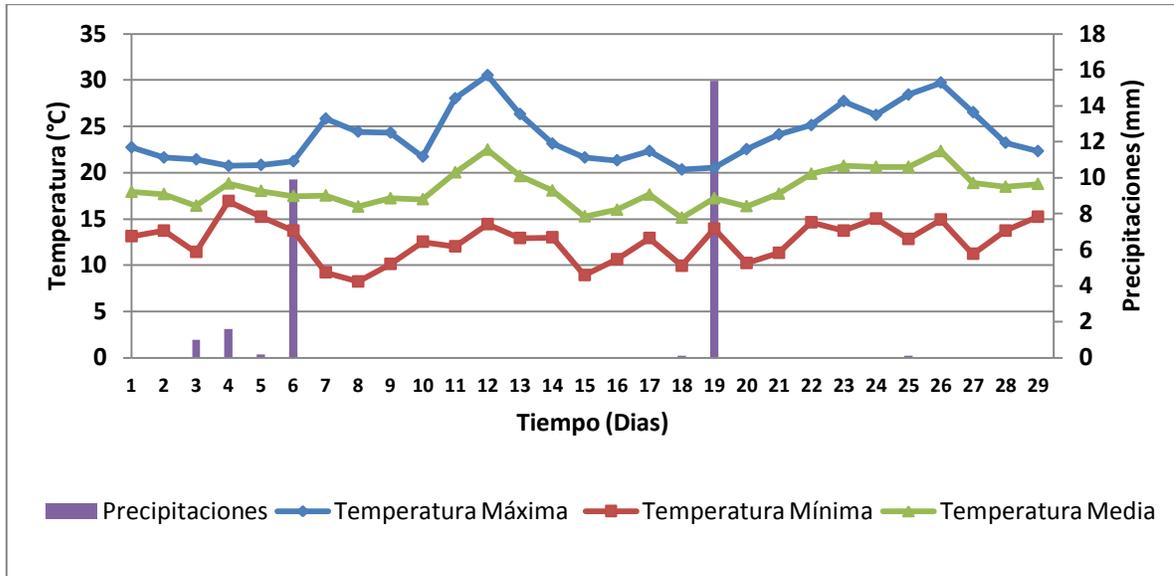


Figura 1. Temperatura – Precipitaciones.

(Fuente: Elaboración Propia)

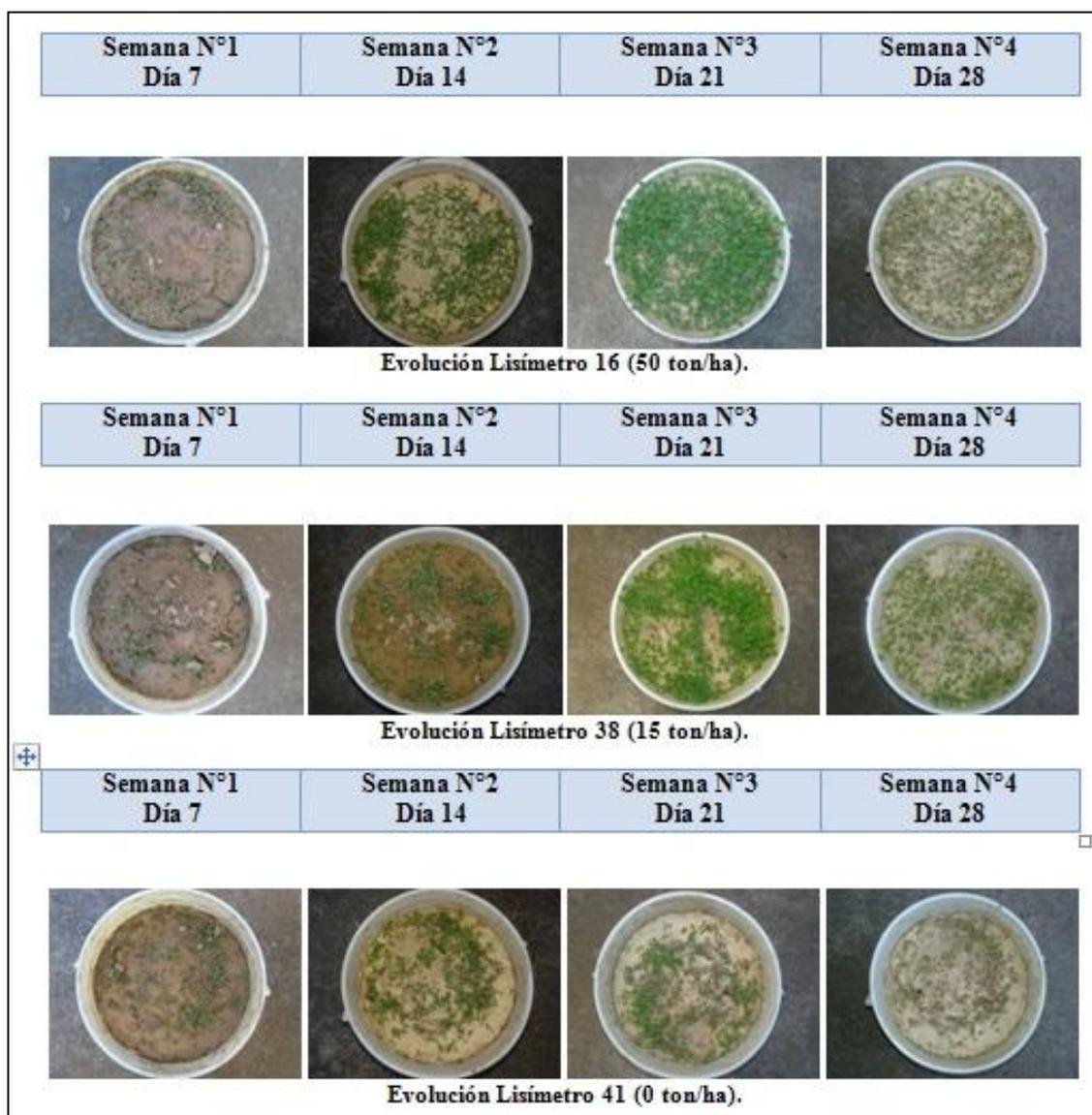
4.1.2. Porcentaje de Cobertura.

Al finalizar cada semana se procedió a tomar las imágenes respectivas de cada lisímetro para luego ser analizada a través del programa Cobcal 2. Es necesario asegurar que la iluminación sea adecuada para no generar sombras o colores que afecten al cálculo final del programa, con el fin de obtener los porcentajes de recubrimiento vegetal. Ya que el análisis fue para los 54 lisímetros de la experiencia se recogieron alrededor de 216 imágenes.

En la Figura 2 se puede observar el avance del recubrimiento tipo. En la primera semana el avance de la cobertura es mínimo y no se visualizan mayores diferencias entre los lisímetros. Es posible visualizar diferencia en la segunda semana donde a modo de ejemplo, el lisímetro 16 ya empieza a alcanzar coberturas aproximadas de un 40% mientras los otros dos se mantienen con porcentajes cercanos sobre un 20%. Para la tercera semana las diferencias son mayores, el lisímetro 16 ya alcanza un 75% aproximadamente, mientras el lisímetro 38 ya tiene un avance importante en su cobertura alcanzando 63%, el último lisímetro crece poco y no supera el 30% de cobertura. Finalmente para la última semana se nota un descenso sustancial, debido al proceso de deshidratación del espécimen.

Figura 2. Evolución de lisímetros tipo.

(Fuente: Elaboración Propia).



En la Figura 3 se presentan los diez datos más altos de cobertura. Cabe destacar que los lisímetros 35, 36, 37 y 38 tienen las mismas tasas de riego y misma dosificación de biosólidos obteniendo recubrimientos sobre el 50%. Para los lisímetros 16, 28, 39 y 47 se verifica que son asociados a una misma dosificación de biosólidos (50 ton/ha) lo que en la práctica no sería de gran utilidad ya que sólo se podría utilizar en terrenos planos. Otro grupo que obtuvo porcentajes relativamente similares y altos, fueron los lisímetros 23, 24, 25, 26 y 27 los cuales tienen las mismas tasas de riego y misma dosificación de biosólidos. El detalle de estas y de los demás lisímetros se encuentra en el Anexo C.

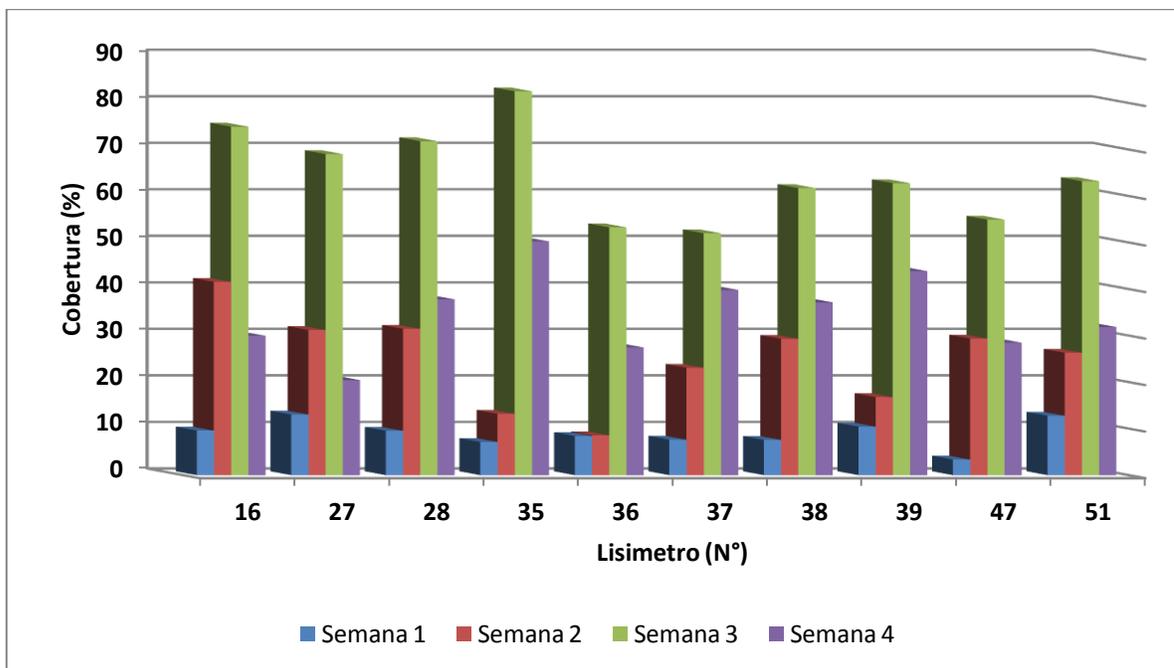


Figura 3. Porcentaje de coberturas semanales.
(Fuente Elaboración Propia).

4.1.3. Etapas de Crecimiento.

El desarrollo del recubrimiento está intrínsecamente ligado a la humedad que pueda aprovechar la planta y la capacidad del suelo para retenerla. Por esto es importante tener claro las tasas de riego que fueron aplicadas a cada lisímetro y la dosificación de biosólidos a las cuales fueron sometidos.

Como los primeros cuatro lisímetros no fueron sembrados y tampoco regados, era de esperarse que su crecimiento fuera nulo. Es por esto que en la Figura 4 no están representados.

El desarrollo del trébol en lo que respecta a la altura, en la finalización de la primera semana claramente tiene un crecimiento importante, por lo que logran pasar rápidamente el pre-brote y la etapa de germinación, descritas con anterioridad, casi en su totalidad superando los 10 mm en su mayoría teniendo un máximo crecimiento de 16 mm aproximadamente.

En la segunda semana se logra visualizar que todas llegan a una fase de pre-florecimiento o florecimiento completo teniendo un crecimiento mínimo de 11,0 mm y un máximo de 30,6 mm. Ya esta altura se logra ver diferencias de crecimiento de hasta 19 mm. Si bien las diferencias son altas se puede apreciar que el lisímetro que llega al máximo crecimiento de la semana dos es el N°28 que pertenece a la dosificación más alta de biosólido y solo sería aplicable a terrenos planos. Los estudios están centrados a las aplicaciones de 0 y 15 ton/ha de biosólidos por lo que se puede constatar que se obtienen los mejores resultados y más constantes en los lisímetros 35, 36, 37, 38 promediando 24,9 mm aproximadamente. Es importante mencionar los lisímetros 52 y 53 que promedian 27,3 mm aproximadamente, teniendo buen crecimiento. Sin embargo se vieron expuestos a mayor humedad gracias a su tasa de riego y las repeticiones son bajas por lo que no se obtiene un resultado concluyente.

El crecimiento de los tréboles para la tercera semana alcanzan los 39,6 mm como máximo y como mínimo se mantiene en los 11,4 mm. Nuevamente se obtiene el máximo crecimiento asociado a un lisímetro con la máxima dosificación de biosólidos, en este caso el N° 47. Los lisímetros 35, 36, 37, 38 son los que tienen mejores resultados con tasas bajas de riego promediando 31,7 mm aproximadamente conservando la tendencia de la semana anterior.

El crecimiento auspicioso de las semanas anteriores se empieza a ver estancado e incluso a descender en algunos lisímetros. El recubrimiento vegetal empieza a decaer progresivamente producto de la pérdida de humedad, visualmente se puede constatar que este empieza a marchitarse. El máximo crecimiento es de 39,6 mm asociado al lisímetro 35, este mismo lisímetro es del grupo que presenta mejores resultados a más baja tasa de riego 36, 37 y 38 promediando esta vez 28.8 mm, la cual claramente es más baja que la semana anterior producto de lo descrito y obteniendo mayores diferencias en las medidas en particular.

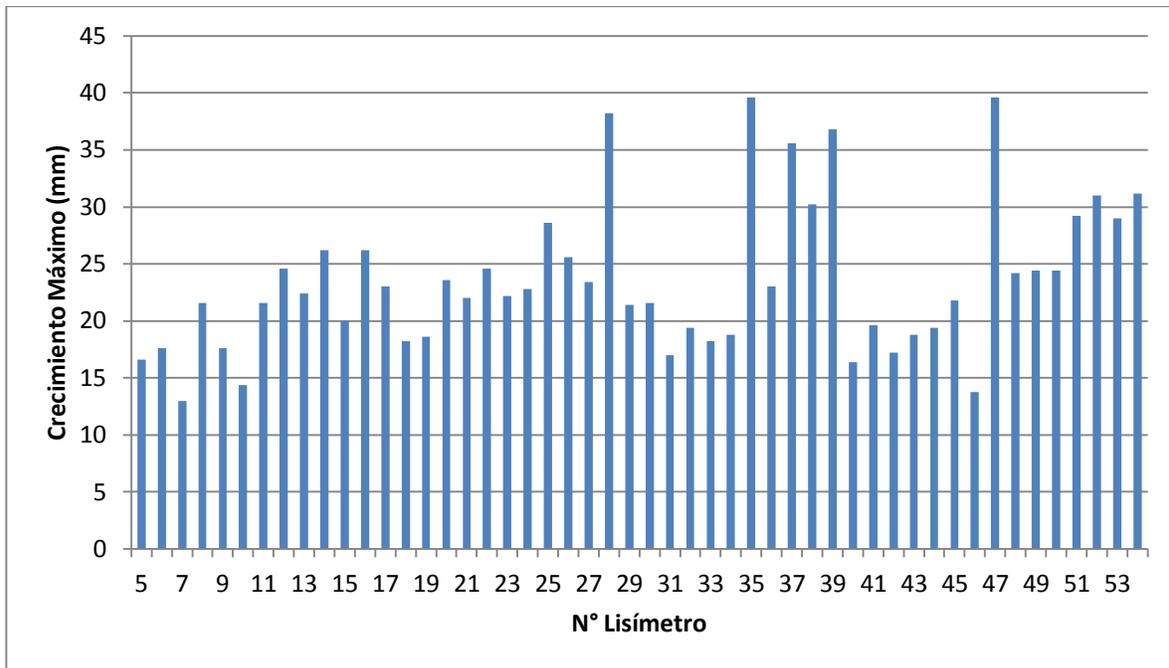


Figura 4. Desarrollo máximo del trébol para tasas de riego y dosificación de biosólidos experimentados.
(Fuente: Elaboración Propia)

Las infiltraciones producidas por la lluvia en general no fueron demasiadas, sin embargo es importante destacar que el lisímetro 35 fue especialmente afectado por esta, incidiendo directamente en el crecimiento, sin embargo este pertenece igual al grupo de lisímetros con buen comportamiento, otro punto a destacar con respecto a la figura 4 es el lisímetro 28,39 y 47 los cuales fueron los de mejor crecimiento pero a su vez los de mayor dosificación de biosólidos (50 ton/ha).

4.1.4. Registro de Humedades.

Como ya se ha dicho la variable que más influye en el desarrollo de los tréboles es la humedad. Por esto el registro de humedades diarias es fundamental para comprender por qué se ve mayor desarrollo en algunos tréboles que otros. Debido al gran número de lisímetros en la figura 5 sólo se graficó el grupo de tréboles con mayor porcentaje de cobertura y mejor crecimiento con respecto a la altura (35, 36, 37 y 38), así también los con peores porcentaje de cobertura y crecimiento (44, 45 y 46) con una misma tasa de riego y misma dosificación de biosólidos.

En la figura 5 se aprecia que los lisímetros 36, 37 y 38 tienen un comportamiento similar en cuanto a la humedad. Sin embargo el lisímetro 35 que pertenece al mismo grupo de lisímetros fue el que tuvo mejor comportamiento en cuanto al crecimiento (altura) y cobertura, debido a una

variación de humedad sustancial el día 19 de la experiencia (5 de febrero), día en que se obtuvieron mayores precipitaciones. En contraparte en los lisímetros 44, 45 y 46 se puede apreciar un descenso constante de la humedad debido a que solo fueron regados el primer día de la experiencia. Esto se tradujo en recubrimientos pobres y de bajo crecimiento.

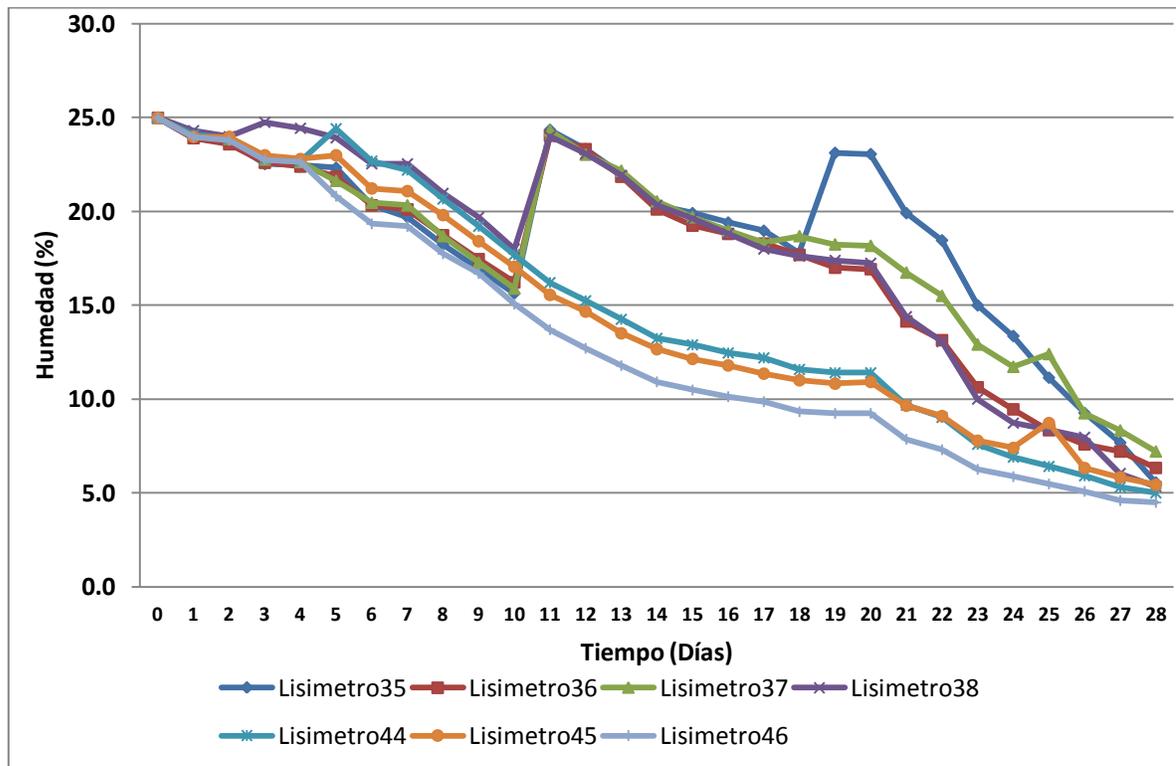


Figura 5. Variación de humedad del suelo.
(Fuente Elaboración Propia).

4.1.5. Análisis Estadístico.

Para el análisis estadístico fue necesario generar la Tabla D1 ubicada en el ANEXO D para organizar la información correctamente de las variables involucradas para cada prueba.

El análisis de regresión lineal se realizó a través de Excel. Se puede observar en el Anexo D los gráficos de Cobertura v/s Humedad, Crecimiento v/s Humedad, Cobertura v/s Dosificación y Crecimiento v/s Dosificación donde tienen tendencias creciente obteniendo mayores porcentajes de recubrimiento y crecimientos a medida que se aumenta la humedad y la dosificación de lodos. Sólo es posible obtener tendencias y no un coeficiente de regresión lineal claro y confiable, ya

que el crecimiento o recubrimiento están condicionados por más de una variable independiente (entrega de humedad y dosificaciones).

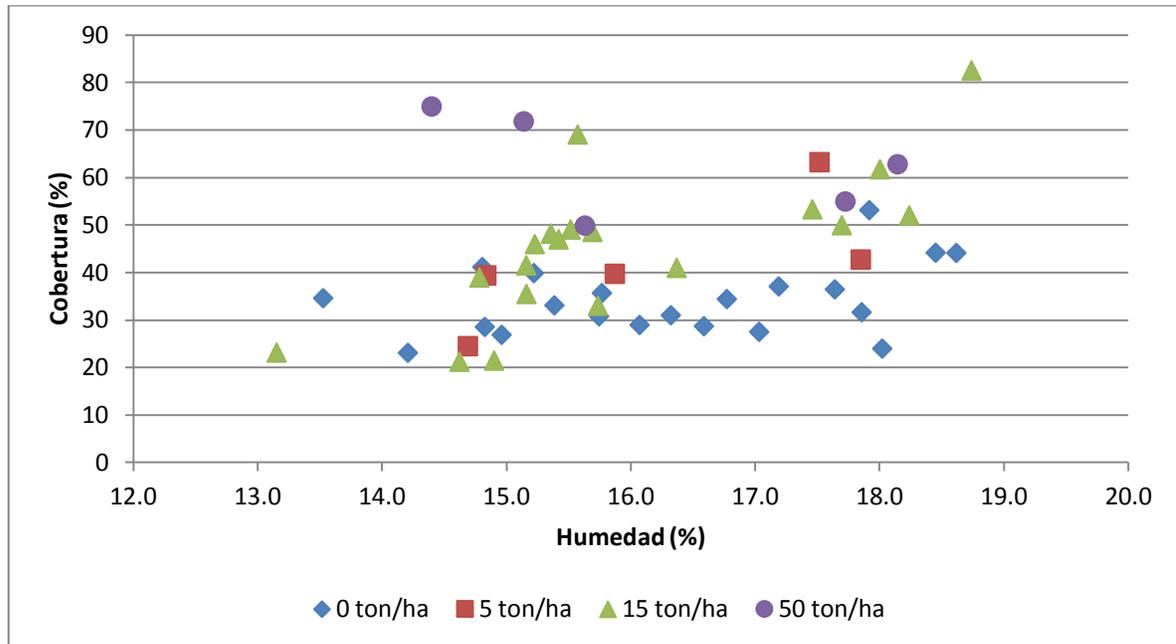
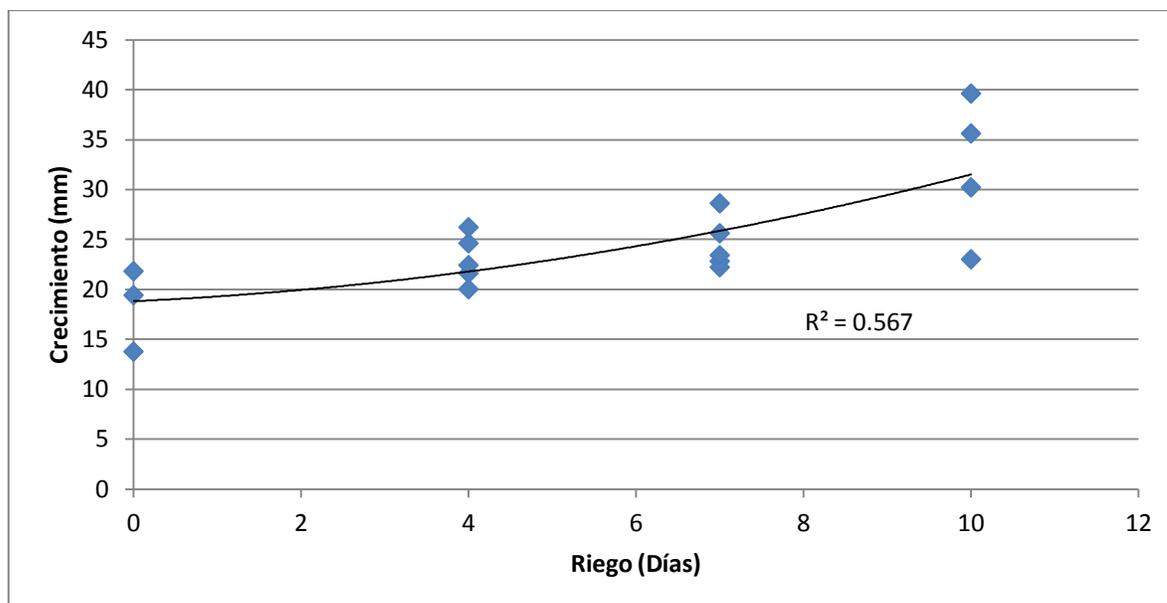


Figura 6. Cobertura v/s Humedad con sus respectivas dosificaciones de biosólidos.

(Fuente Elaboración Propia).

Observando la figura 6 es posible ver tres valores con recubrimientos altos pero con poca humedad. Dos de estos fueron lisímetros con 50 ton/ha, por lo que solo se podría utilizar en terrenos planos, no obstante el lisímetro restante (27) alcanza un recubrimiento de un 70 % aproximadamente con una humedad baja la cual se regó a los 7 días después de la primera vez y una dosificación de 15 ton/ha a su vez obtiene crecimientos de 23 mm aproximadamente. En general se puede ver un grupo de lisímetros con dosificaciones de 15 ton/ha que se mueve entre el 45% y 50% de cobertura, con humedades entre 15% y 16% las cuales son relativamente bajas, con crecimientos entre los 20 y 30 mm. A su vez otro grupo que obtiene buenas coberturas (entre un 50% y 60%) contando con 15 ton/ha de lodo son los regados a los 10 días, estos se mueven entre 17,5% y 18,5% de humedad y en su mayoría sobre los 30 mm.

Otro análisis interesante de hacer es la relación que existe entre el crecimiento de recubrimiento (altura) y el día en que fueron regados, para los lisímetros de 15 ton/ha (Figura 7). Se puede apreciar una relación creciente, a medida que se separa el segundo riego del primero, las alturas registradas son mayores



**Figura 7. Crecimiento v/s Día de Riego para lisímetros con 15 (ton/ha).
(Fuente Elaboración Propia).**

En la figura 8 se ve que la humedad promedio es directamente afectada por el día en que se riega los lisímetros, esto da un indicador para saber que día es óptimo para regar y así conservar por más tiempo la humedad en cada uno. Como ya se ha visto a medida que aumenta la humedad promedio los crecimientos y recubrimientos de la vegetación son mejores para los lisímetros con dosificaciones de biosólidos.

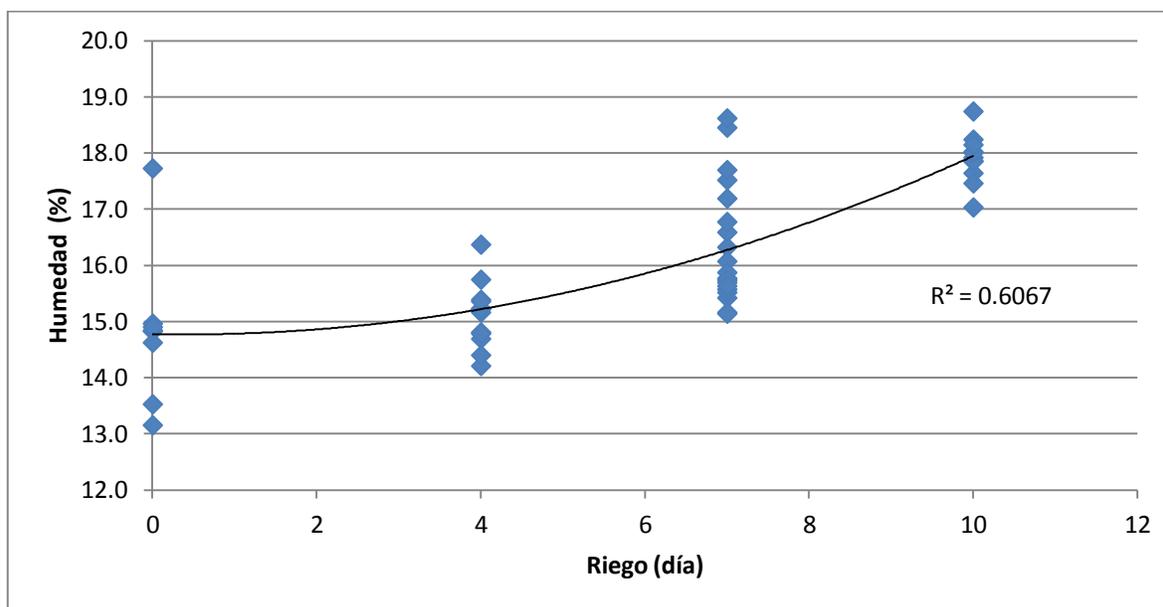


Figura 8. Humedad v/s Día de Riego.
(Fuente Elaboración Propia).

El segundo análisis fue la obtención de los coeficientes de correlación de Spearman (Figura 9) de los cuales se obtiene como uno de los más altos 0.82 donde se ven involucradas las variables de crecimiento y cubierta. Es interesante ver la relación cubierta con volumen de riego llegando a 0.58, al igual que humedad y crecimiento llegando a 0.51 en la correlación. Por último se comprueba que a mayor riego la conservación de la humedad en los lisímetros es mayor llegando a una correlación de 0.78.

| Coeficientes de correlación | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades | | | | | |
| | Dosificación (ton/ha) | Cubierta Vegetal (%) | Crecimiento Vegetal (mm) | Humedad (%) | Volumen de Riego (ml) |
| Dosificación (ton/ha) | 1.00 | 9.7E-04 | 1.2E-04 | 0.33 | 0.24 |
| Cubierta Vegetal (%) | 0.44 | 1.00 | 0.00 | 3.0E-04 | 4.6E-06 |
| Crecimiento Vegetal (mm) | 0.50 | 0.82 | 1.00 | 7.5E-05 | 9.4E-06 |
| Humedad (%) | -0.14 | 0.47 | 0.51 | 1.00 | 3.2E-12 |
| Volumen de Riego (ml) | 0.16 | 0.58 | 0.56 | 0.78 | 1.00 |

Figura 9. Correlación de Spearman.
(Fuente: Elaboración Propia).

Para la prueba no paramétrica de Wilcoxon (ANEXO D) se definió $\alpha = 0.05$. Se comparó las humedades de dos lisímetros de 0 y 15 ton/ha por experiencia. Los resultados verifican que para las pruebas en que se incorporó agua a los 0, 7 y 10 días el valor-p es mayor que α , por lo que indica que la hipótesis H_0 no se rechaza, esto quiere decir que no había grandes diferencias en cuanto a la humedad. Por el contrario, los análisis hechos anteriormente si presentan diferencias en cuanto al crecimiento y recubrimiento de estos mismos lisímetros comparados, exceptuando el regado solo el día 0, por lo que se puede visualizar con mayor certeza el efecto que causa la incorporación de biosólidos a los lisímetros. Resumiendo, para lisímetros con humedades similares, el efecto de la incorporación de lodos en el trébol es fundamental para obtener las diferencias de desarrollo que se presentan

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Haciendo un análisis global se puede verificar que las dosificaciones de biosólidos, a excepción de las experiencias donde se regó únicamente el primer día y las que no fueron sembradas, todo lisímetro con 15 ton/ha superó los 20 mm de crecimiento promediando los 26 mm. Así también para los lisímetros con 50 ton/ha de dosificación se obtuvo un crecimiento mínimo de 26 mm promediando los 34 mm excluyendo sólo la experiencia que no fue sembrada. En cuanto al recubrimiento todo lisímetro con 15 ton/ha alcanzó recubrimientos sobre 32% promediando recubrimientos de 50% excluyendo las mismas dos experiencias anteriormente mencionadas. Los lisímetros con dosificaciones de 50 ton/ha tuvieron recubrimiento de 50% como mínimo promediando recubrimientos de 63%. Es así que se puede notar que la inclusión de los biosólidos a los lisímetros sobre las 15 ton/ha da un aporte importante en cuanto al recubrimiento.

En cuanto a la humedad, se puede verificar que todo lisímetro que a la segunda semana tiene sobre 21% y además tenga algún contenido de lodo alcanza como mínimo un 33% de cobertura promediando 54% de esta misma. Siguiendo el mismo concepto todo lisímetro sobre 20% de humedad a la segunda semana y con algún contenido de biosólido tiene un crecimiento mínimo de 19 mm y un promedio de 28 mm, todos alcanzado por lo menos el pre-florecimiento.

Se pudo observar buenos comportamientos en los lisímetros con 15 ton/ha de biosólidos entre los 7 y 10 días de riego. Si bien para los lisímetros que fueron regados por segunda vez a los 7 días no tuvieron los mismos porcentajes de cobertura y crecimiento que los que fueron regados a los 10 días no fueron del todo negativos, ya que la retención de humedad fue menor y por esto fueron afectados.

En contraparte los lisímetros sin biosólidos tuvieron crecimientos y recubrimientos irregulares, es más, para un mismo riego se obtiene el mejor recubrimiento de 53% y el peor de 23%, además los crecimientos fueron bajos teniendo un máximo 24 mm y promediando 19 mm.

Se visualiza una relación entre el crecimiento y el día en que se regaron los lisímetros, como también se encuentra un aumento de la humedad promedio con respecto al día de riego. A medida que los lisímetros que contienen 15 ton/ha de lodos se alejan del día 0 en que fueron regados

todos y se acercan al día 10 de riego, el crecimiento de las plantas fue mayor y la retención de humedad también.

De a todo lo descrito se verifica que a mayor cantidad de biosólidos el recubrimiento vegetal es más robusto, la efectividad de los lodos es clara. Tanto como su aporte de nutriente como su capacidad de retención de humedad logra que la vegetación llegue a un mejor recubrimiento y crecimiento. Cabe destacar que la incorporación de este, está sujeto al decreto vigente, por lo que en la actualidad, para taludes con pendiente de hasta un 15% solo se puede utilizar una dosificación máxima de 15 ton/ha.

5.2.Recomendaciones.

Finalmente se considera para la utilización del trébol enano (*Trifolium Repens* Huía) en taludes con pendientes menores a 15% en condiciones deficientes de agua y con altas temperaturas, la dosificación de 15 ton/ha de biosólidos, ser regado el día de sembrado y aportar una segunda incorporación de humedad entre los 7 y 10 primeros días, siendo este último preferente por la conservación de la humedad. Si las condiciones meteorológicas y las temperaturas altas se mantienen, es necesario regar por tercera vez la vegetación al término de la tercera semana, ya que después de este periodo el trébol empieza tener un comportamiento de decaimiento bajando su cobertura y crecimiento debido a la marchitez. Se recomienda tener principal cuidado al momento de sembrar y cubrir la semilla dejando una compactación que permita protegerla de agentes externos y del regado que la puedan remover.

REFERENCIAS.

- Aroca, A. (2005). “Influencia del uso de Lodos en el crecimiento de especies utilizadas para protección de erosión en la Región del Bío-Bío”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío- Bío.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., and Smith, M. (1998).”Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage”. FAO, Rome.
- Bennett, H. (1965). “Elementos de Conservación del Suelo”. Fondo de la Cultura Económica. México, México. 427p.
- Beroiz, L. (2013). “Desarrollo del Trébol Sembrado en Taludes Para la Protección de la Erosión”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío.
- Castillo, M. (2009). “Influencia del Método de Inclusión de Biosólidos Secos Sobre un Suelo en el Desarrollo Vegetal y en la Evapotranspiración del Trébol”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío.
- Carrasco, J.; y Riquelme, J (2003). “Métodos y Practicas de Conservación de Suelos y Aguas”. Boletín INIA N°103. Instituto de Investigación Agropecuaria. Centro Regional Rayentué. San Fernando.
- Decreto Supremo N°4. (2009). “Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas”. Ministerio Secretaria General de la Republica.

- Díaz, C. (2011). “Alternativas Para el Control de la Erosión Mediante el Uso de Coberturas Convencionales, No Convencionales y Revegetalización”. Ingeniería e Investigación Vol. 31
- Ferrari, M.; Ferrari, C.; y Ferrari, C. (2006) Manual de Software de análisis y procesamiento de imagen digital CobCal.
< <http://www.cobcal.com.ar/pantallas.php>>. [consulta: 15 de Diciembre 2013].
- Gray, D., and Sotir, R. (1996). “Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization”. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
- InfoStat, 2010. [en línea]
<<http://www.infostat.com.ar/>> [consulta: 15 de febrero 2014].
- Lal, R. (1998). “Erodibility and erosivity”. pp: 141-160. In: Lal, R. (Ed.) Soil erosion research methods. CRC Press. New York, EEUU. 244p.
- Maldonado, L. (2006). “Medición de Evapotranspiración en mezclas de Suelo – Lodo”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío- Bío.
- Meneses, A. (2011). “Estudio de la Erosión Hídrica en Taludes Sembrados con Trébol Enano durante el Otoño”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío. Concepción. Chile.
- Nichols, P., Malik, A., Stockdale, M., Colmer, T. (2009). “Salt tolerance and avoidance mechanisms at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments”, Plant and Soil: international journal on plant-soil relationships, 315, pp. 241-255.
- Norma Chilena NCh 1515 of 1979. “Mecánica de Suelos – Determinación de la Humedad”. Instituto Nacional de Normalización (INN).
- Observatorio Geodésico TIGO. [en línea].
<<http://www.tigo.cl>> [consulta: 1 marzo 2014].

- Peralta, M. (1993). “Tecnologías de Conservación de Suelos y Agua”. Programa de Capacitación de Agentes de Extensión. INIA-Serie Platina N° 46. Santiago. Chile.
- Salas, R. (2003). “Recuperación De Suelo Degradado A Partir De La Aplicación De Lodos Provenientes De Plantas Depuradoras”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío.
- Solar, C. (2012). “Efectos de las Etapas de Desarrollo de Congona Sobre la Erosión Hídrica en Talud de Baja Pendiente”. Proyecto de Título Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío.
- Tekeli, A.S.; Ates, E. (2006). “Valores Nutritivos de Diferentes Tréboles Anuales (*Ttrifolium* sp.) en Diferentes Etapas de Crecimiento”. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, num. Sin mes, pp.97-103.
- Troeh, F. and Thompson, L. (2005). “Soil And Their Fertility”. McGraw Hill Book Company, New York, USA.

ANEXO A ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

Los parámetros más importantes de los suelos fueron obtenidos por Solar (2012), esta caracterización se hace necesaria, es importante reconocer para que tipo de suelo se hizo la experiencia fijando los márgenes que tiene esta tesis, el comportamiento no necesariamente sería igual en un suelo arcilloso o granular. A continuación se muestran las características relevantes para el estudio.

a) Ensayo Proctor Modificado.

Para la determinación de la DMCS y la humedad óptima, fue realizado el ensayo de Proctor modificado según la norma Nch 1534 of 79 y los resultados se muestran a continuación:

Datos Molde Utilizado.

Peso= 1728,8 gr.

Volumen= 954 cm³.

Tabla A1. Datos Ensayo Proctor Modificado.
(Fuente: Solar 2012).

| Ensayo | Humedad aparente (cm3) | Peso molde + material (gr) | Peso material (gr) | Densidad humedad (kg/m3) | Densidad seca (kg/m3) | Humedad real (w%) |
|--------|------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | 60 | 3599 | 1870 | 1960,38 | 1678,78 | 16,77 |
| 2 | 90 | 3637 | 1908 | 1999,81 | 1681,63 | 18,92 |
| 3 | 210 | 3619 | 1890 | 1981,34 | 1640,45 | 20,78 |

Siendo:

- $\rho_{humeda} = \frac{\text{Peso material}}{\text{Volumen Molde}} * 1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$
- $\rho_{seca} = \frac{\rho_{humeda}}{100+w\%} * 100 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$

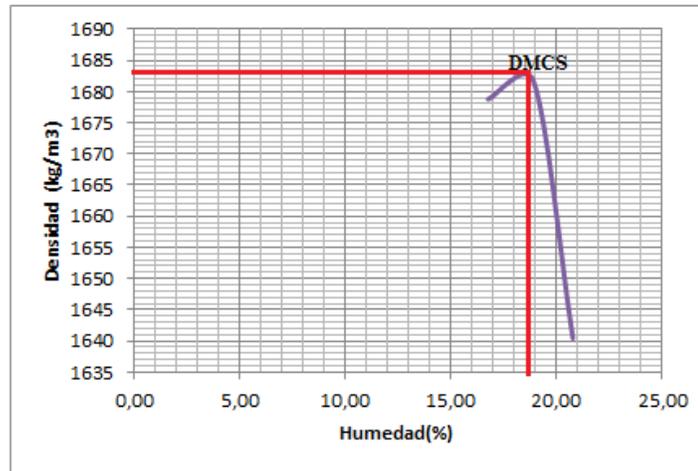


Figura A1: Curva ensayo Proctor Modificado.
(Fuente: Solar 2012).

De la figura... se desprende que:

- $DMCS = 1683 \frac{kg}{m^3}$
- $\omega_{\acute{o}ptima} = 18,5\%$

a) Granulometría

Para clasificar el suelo extraído se realizó la granulometría de la muestra conforme a la norma NCh165 of 77.

Tabla A2. Granulometría.
(Fuente Solar 2012).

| Tamiz | Peso retenido (gr) | Porcentaje retenido (%) | Porcentaje que pasa (%) |
|----------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| N° 4 | 0 | 0 | 100 |
| N° 10 | 112,35 | 20,06 | 79,94 |
| N° 20 | 0 | 0,00 | 79,94 |
| N° 40 | 134,6 | 24,04 | 55,90 |
| N° 60 | 0 | 0,00 | 55,90 |
| N° 200 | 297,85 | 53,19 | 2,71 |
| Suma | 544,8 | | |
| Residuo (gr) | 113,11 | | |
| Peso suelo seco (gr) | 560 | | |

- Clasificación AASHTO = Grupo A-2-4 (gravas y arenas limosas arcillosas).
- Clasificación USCS = SM (arena limosa).

b) Ensayo cono de arena

Para la determinación de la densidad in situ se realizó el ensayo de cono de arena siguiendo las especificaciones detalladas en la NCh 1516 of 79.

Tabla A3. Datos ensayos cono de arena.
(Fuente Solar 2012).

| | |
|---|---------|
| Peso arena inicial (gr) | 6000 |
| Peso arena final (gr) | 2892 |
| Peso material extraído (gr) | 1609 |
| Peso arena cono (gr) | 1726 |
| Densidad arena estándar (gr/cm ³) | 1,526 |
| Volumen agujero (cm ³) | 905,636 |

De esta forma se puede obtener la densidad in situ húmeda, correspondiente a:

$$\rho_{humeda} = \frac{\text{Peso material extraído}}{\text{Volumen agujero}} = \frac{1609}{905,636} = 1,776 \left(\frac{gr}{cm^3} \right) \times 1000 = 1777 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

Para establecer el valor de la densidad in situ seca, es necesario obtener el porcentaje de humedad (% w) de la muestra:

Tabla A4. Determinación humedad.
(Fuente: Solar 2012).

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Peso cápsula - material húmedo (gr) | 1132,55 |
| Peso cápsula - material seco (gr) | 912,88 |
| Peso agua (gr) | 219,67 |
| % w | 19,40 |

Aplicando la fórmula siguiente se obtiene el valor de la densidad in situ seca:

$$\rho_{seca} = \frac{\rho_{humeda} \times 100}{100 + \%w} = \frac{1777 \times 100}{100 + 19,4} = 1488 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

c) Límites de consistencia.

Se determinaron los límites de consistencia, para caracterizar el comportamiento del suelo fino en estudio, a través de la realización de los procedimientos mencionados en la norma NCh 1517 of 79.

➤ Limite líquido

Tabla A5. Datos ensayos.
(Fuente Solar 2012).

| Cápsula | Golpes (nº) | Peso cápsula (gr) | Peso material húmedo (gr) | Peso material seco (gr) | Peso agua (gr) | % w |
|---------|-------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|-------|
| 70 | 19 | 18,15 | 27,57 | 24,70 | 2,87 | 10,41 |
| 15 | 40 | 23,32 | 35,84 | 32,23 | 3,61 | 10,07 |
| F | 22 | 15,37 | 31,70 | 27,56 | 4,14 | 13,06 |

LL = w % a los 25 golpes = 12,8 %.

Método de ensayo empleado: Mecánico

Tipo de Acanalador empleado: Tipo ASTM

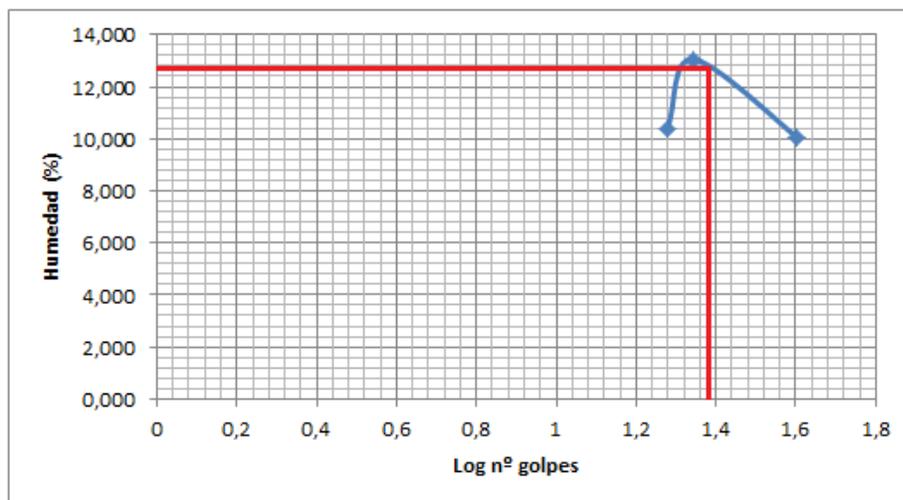


Figura A2: Determinación límite líquido.
(Fuente Solar 2012).

➤ Limite plástico

Tabla A6. Datos ensayo determinación Límite líquido.
(Fuente: Solar 2012).

| Cápsula | Peso (gr) | Peso cápsula + bastones húm. (gr) | Peso cápsula + bastones secos (gr) | Peso agua (gr) | Humedad (%) |
|------------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|
| 14 | 22,52 | 28,34 | 26,87 | 1,47 | 5,19 |
| 12 | 20,00 | 30,66 | 28,88 | 1,78 | 5,81 |
| a-5 | 17,67 | 24,59 | 22,96 | 1,63 | 6,63 |
| | | | | Promedio | 5,87 |

$$L = 5,87\%$$

➤ Índice de plasticidad

$$IP = LL - LP = 12,8 - 5,87 = 6,93$$

ANEXO B REGISTRO DE HUMEDADES.

A continuación se muestra en la tabla B1 la cantidad de humedad programada que se le entrega a cada lisímetro.

**Tabla B1. Programación de Humedades.
(Fuente Elaboración Propia).**

| Lisímetro | Frecuencia de riego |
|------------------|--------------------------------------|
| 1 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 2 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 3 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 4 | Lisímetro patrón sin vegetación |
| 5 - 9 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 10 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 11 - 15 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 16 | HA 100% inicial + 100% a los 4 días |
| 17 - 21 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 22 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 23 - 27 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 28 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 29 - 33 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 34 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 35 - 38 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 39 | HA 100% inicial + 100% a los 10 días |
| 40 - 42 | HA 100% inicial |
| 43 | HA 100% inicial |
| 44 - 46 | HA 100% inicial |
| 47 | HA 100% inicial |
| 48 - 50 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 51 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 52 - 53 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |
| 54 | HA 100% inicial + 100% a los 7 días |

A partir de la base entregada por la programación se registraron los pesos de los lisímetros quedando plasmada en las siguientes tablas.

Tabla B2. Variación de Peso Semana 1.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 17 ene | 17 ene | 18 ene | 19 ene | 20 ene | 21 ene | 22 ene | 23 ene | 24 ene |
|---------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 0 sin riego | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) |
| 1 | 4865 | 4865 | 4850 | 4855 | 4825 | 4830 | 4830 | 4815 | 4815 |
| 2 | 4625 | 4625 | 4595 | 4600 | 4580 | 4570 | 6075 | 5970 | 5955 |
| 3 | 4915 | 4915 | 4880 | 4875 | 4860 | 4850 | 4845 | 4830 | 4830 |
| 4 | 5210 | 5210 | 5190 | 5185 | 5150 | 5135 | 5115 | 5095 | 5095 |
| 5 | 4855 | 5950 | 5855 | 5835 | 5755 | 5755 | 5940 | 5825 | 5805 |
| 6 | 4795 | 5870 | 5805 | 5790 | 5725 | 5695 | 5850 | 5750 | 5730 |
| 7 | 4865 | 5960 | 5875 | 5860 | 5785 | 5760 | 5945 | 5815 | 5770 |
| 8 | 4910 | 6015 | 5955 | 5940 | 5890 | 5865 | 6000 | 5895 | 5890 |
| 9 | 4825 | 5910 | 5835 | 5810 | 5725 | 5720 | 5895 | 5785 | 5760 |
| 10 | 5015 | 6145 | 6065 | 6050 | 5965 | 5955 | 6100 | 5950 | 5890 |
| 11 | 5295 | 6490 | 6415 | 6400 | 6340 | 6315 | 6480 | 6370 | 6350 |
| 12 | 5285 | 6475 | 6400 | 6385 | 6330 | 6305 | 6455 | 6350 | 6340 |
| 13 | 5180 | 6345 | 6290 | 6275 | 6195 | 6180 | 6320 | 6210 | 6205 |
| 14 | 5165 | 6330 | 6255 | 6240 | 6175 | 6150 | 6320 | 6190 | 6175 |
| 15 | 5090 | 6235 | 6155 | 6140 | 6005 | 5985 | 6220 | 6105 | 6075 |
| 16 | 5505 | 6750 | 6590 | 6575 | 6600 | 6585 | 6740 | 6590 | 6580 |
| 17 | 4865 | 5955 | 5880 | 5865 | 5785 | 5775 | 5715 | 5570 | 5545 |
| 18 | 4870 | 5965 | 5830 | 5815 | 5750 | 5725 | 5675 | 5595 | 5580 |
| 19 | 4890 | 5990 | 5910 | 5890 | 5815 | 5815 | 5755 | 5680 | 5670 |
| 20 | 4900 | 6000 | 5925 | 5915 | 5850 | 5825 | 5765 | 5650 | 5635 |
| 21 | 4805 | 5885 | 5810 | 5795 | 5705 | 5695 | 5640 | 5550 | 5530 |
| 22 | 5045 | 6180 | 6115 | 6100 | 6040 | 6020 | 5970 | 5835 | 5810 |
| 23 | 5070 | 6210 | 6130 | 6115 | 6030 | 6020 | 5935 | 5840 | 5820 |
| 24 | 5185 | 6350 | 6215 | 6205 | 6145 | 6125 | 6060 | 5920 | 5895 |
| 25 | 5030 | 6160 | 6005 | 6005 | 5985 | 5985 | 5905 | 5770 | 5765 |
| 26 | 5220 | 6395 | 6305 | 6290 | 6195 | 6190 | 6080 | 5950 | 5940 |
| 27 | 5125 | 6280 | 6135 | 6200 | 6145 | 6125 | 6080 | 5970 | 5930 |
| 28 | 5345 | 6550 | 6460 | 6445 | 6380 | 6380 | 6320 | 6235 | 6225 |

Tabla B3. Variación de Peso Semana 2.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 25 ene | 26 ene | 27 ene | 28 ene | 29 ene | 30 ene | 31 ene |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 8 | Día 9 | Día 10 | Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 |
| | (gr) |
| 1 | 4805 | 4800 | 4790 | 4780 | 4780 | 4775 | 4775 |
| 2 | 5835 | 5715 | 5600 | 5440 | 5385 | 5240 | 5140 |
| 3 | 4825 | 4820 | 4815 | 4810 | 4810 | 4810 | 4810 |
| 4 | 5075 | 5065 | 5050 | 5040 | 5035 | 5025 | 5015 |
| 5 | 5715 | 5625 | 5540 | 5430 | 5380 | 5280 | 5215 |
| 6 | 5620 | 5520 | 5400 | 5265 | 5195 | 5080 | 5015 |
| 7 | 5670 | 5590 | 5480 | 5370 | 5315 | 5230 | 5180 |
| 8 | 5765 | 5645 | 5515 | 5410 | 5345 | 5265 | 5210 |
| 9 | 5660 | 5565 | 5470 | 5335 | 5250 | 5155 | 5090 |
| 10 | 5785 | 5670 | 5585 | 5480 | 5325 | 5350 | 5295 |
| 11 | 6240 | 6135 | 6015 | 5885 | 5810 | 5715 | 5640 |
| 12 | 6225 | 6115 | 5975 | 5865 | 5790 | 5710 | 5645 |
| 13 | 6115 | 6045 | 5920 | 5815 | 5765 | 5675 | 5615 |
| 14 | 6090 | 6030 | 5915 | 5790 | 5715 | 5605 | 5530 |
| 15 | 5970 | 5875 | 5770 | 5645 | 5575 | 5485 | 5410 |
| 16 | 6475 | 6355 | 6260 | 6135 | 6050 | 5950 | 5850 |
| 17 | 5895 | 5800 | 5705 | 5575 | 5405 | 5370 | 5275 |
| 18 | 5900 | 5820 | 5655 | 5530 | 5460 | 5365 | 5300 |
| 19 | 5925 | 5795 | 5675 | 5560 | 5490 | 5405 | 5340 |
| 20 | 5945 | 5835 | 5770 | 5650 | 5575 | 5470 | 5390 |
| 21 | 5820 | 5700 | 5585 | 5465 | 5380 | 5290 | 5215 |
| 22 | 6130 | 6055 | 5950 | 5820 | 5720 | 5600 | 5505 |
| 23 | 6155 | 6030 | 5925 | 5790 | 5680 | 5570 | 5485 |
| 24 | 6290 | 6175 | 6055 | 5910 | 5805 | 5695 | 5605 |
| 25 | 6110 | 6000 | 5895 | 5755 | 5660 | 5550 | 5470 |
| 26 | 6340 | 6235 | 6130 | 6000 | 5890 | 5770 | 5675 |
| 27 | 6225 | 6120 | 6030 | 5885 | 5775 | 5660 | 5565 |
| 28 | 6485 | 6315 | 6230 | 6100 | 6015 | 5910 | 5815 |

Tabla B4. Variación de Peso Semana 3.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 1-Feb | 2-Feb | 3-Feb | 4-Feb | 5-Feb | 6-Feb | 7-Feb |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 15 | Día 16 | Día 17 | Día 18 | Día 19 | Día 20 | Día 21 |
| | (gr) |
| 1 | 4770 | 4770 | 4765 | 4765 | 5215 | 5215 | 5080 |
| 2 | 5095 | 5050 | 5015 | 4985 | 4970 | 4965 | 4870 |
| 3 | 4805 | 4805 | 4800 | 4800 | 4825 | 4820 | 4810 |
| 4 | 5015 | 5010 | 5005 | 5005 | 5010 | 5010 | 5000 |
| 5 | 5180 | 5150 | 5115 | 5090 | 5095 | 5090 | 5020 |
| 6 | 5005 | 4975 | 4950 | 4925 | 4890 | 4895 | 4805 |
| 7 | 5155 | 5125 | 5095 | 5080 | 5075 | 5075 | 5015 |
| 8 | 5185 | 5155 | 5140 | 5125 | 5115 | 5110 | 5040 |
| 9 | 5080 | 5060 | 5045 | 5005 | 4990 | 4995 | 4910 |
| 10 | 5280 | 5260 | 5240 | 5215 | 5210 | 5200 | 5130 |
| 11 | 5625 | 5605 | 5580 | 5540 | 5525 | 5520 | 5400 |
| 12 | 5610 | 5580 | 5550 | 5525 | 5515 | 5515 | 5415 |
| 13 | 5585 | 5550 | 5530 | 5505 | 5505 | 5505 | 5415 |
| 14 | 5595 | 5550 | 5420 | 5490 | 5385 | 5380 | 5275 |
| 15 | 5375 | 5360 | 5330 | 5300 | 5290 | 5275 | 5170 |
| 16 | 5815 | 5785 | 5750 | 5740 | 5735 | 5765 | 5585 |
| 17 | 5245 | 5210 | 5195 | 5165 | 5130 | 5130 | 5030 |
| 18 | 5275 | 5250 | 5215 | 5200 | 5190 | 5210 | 5120 |
| 19 | 5305 | 5280 | 5250 | 5235 | 5220 | 5220 | 5140 |
| 20 | 5360 | 5325 | 5285 | 5265 | 5255 | 5250 | 5155 |
| 21 | 5180 | 5150 | 5120 | 5100 | 5080 | 5085 | 5005 |
| 22 | 5460 | 5415 | 5375 | 5350 | 5335 | 5330 | 5215 |
| 23 | 5445 | 5420 | 5395 | 5345 | 5330 | 5330 | 5195 |
| 24 | 5575 | 5545 | 5500 | 5460 | 5445 | 5440 | 5295 |
| 25 | 5425 | 5390 | 5350 | 5320 | 5305 | 5310 | 5190 |
| 26 | 5620 | 5585 | 5550 | 5530 | 5515 | 5510 | 5375 |
| 27 | 5510 | 5495 | 5460 | 5400 | 5375 | 5380 | 5245 |
| 28 | 5765 | 5715 | 5675 | 5640 | 5620 | 5620 | 5460 |

Tabla B5. Variación de Peso Semana 4.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 8-Feb | 9-Feb | 10-Feb | 11-Feb | 12-Feb | 13-Feb | 14-Feb |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 22 | Día 23 | Día 24 | Día 25 | Día 26 | Día 27 | Día 28 |
| | (gr) |
| 1 | 5050 | 5005 | 4990 | 4955 | 4955 | 4935 | 4930 |
| 2 | 4835 | 4775 | 4760 | 4760 | 4715 | 4695 | 4675 |
| 3 | 4805 | 4800 | 4800 | 4795 | 4795 | 4780 | 4780 |
| 4 | 4995 | 4985 | 4980 | 4970 | 4970 | 4950 | 4950 |
| 5 | 4990 | 4940 | 4915 | 4890 | 4870 | 4845 | 4830 |
| 6 | 4780 | 4730 | 4710 | 4700 | 4680 | 4655 | 4650 |
| 7 | 4990 | 4950 | 4925 | 4900 | 4890 | 4865 | 4855 |
| 8 | 5010 | 4950 | 4930 | 4905 | 4885 | 4860 | 4845 |
| 9 | 4880 | 4820 | 4795 | 4770 | 4750 | 4725 | 4710 |
| 10 | 5105 | 5045 | 5025 | 5000 | 4980 | 4955 | 4940 |
| 11 | 5360 | 5285 | 5260 | 5235 | 5210 | 5180 | 5170 |
| 12 | 5375 | 5295 | 5275 | 5245 | 5220 | 5195 | 5180 |
| 13 | 5380 | 5315 | 5290 | 5265 | 5240 | 5210 | 5190 |
| 14 | 5230 | 5145 | 5115 | 5085 | 5070 | 5045 | 5030 |
| 15 | 5130 | 5060 | 5035 | 5005 | 4990 | 4960 | 4945 |
| 16 | 5510 | 5375 | 5335 | 5300 | 5265 | 5235 | 5210 |
| 17 | 4990 | 4920 | 4890 | 4855 | 4830 | 4805 | 4785 |
| 18 | 5090 | 5025 | 4995 | 4960 | 4940 | 4915 | 4890 |
| 19 | 5105 | 5045 | 5020 | 5000 | 4975 | 4950 | 4930 |
| 20 | 5115 | 5045 | 5020 | 4985 | 4965 | 4940 | 4915 |
| 21 | 4975 | 4910 | 4885 | 4850 | 4830 | 4800 | 4780 |
| 22 | 5170 | 5085 | 5055 | 5030 | 4995 | 4870 | 4850 |
| 23 | 5145 | 5065 | 5035 | 5010 | 4980 | 4955 | 4940 |
| 24 | 5245 | 5155 | 5125 | 5105 | 5075 | 5050 | 5040 |
| 25 | 5140 | 5055 | 5020 | 5095 | 4970 | 4940 | 4925 |
| 26 | 5320 | 5220 | 5190 | 5155 | 5130 | 5105 | 5085 |
| 27 | 5195 | 5105 | 5080 | 5050 | 5025 | 5000 | 4985 |
| 28 | 5390 | 5260 | 5220 | 5175 | 5150 | 5115 | 5090 |

Tabla B6. Variación de Peso Semana 1.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 17 ene | 17 ene | 18 ene | 19 ene | 20 ene | 21 ene | 22 ene | 23 ene | 24 ene |
|---------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 0 sin riego | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) |
| 29 | 4905 | 6005 | 5945 | 5930 | 5870 | 5840 | 5920 | 5790 | 5765 |
| 30 | 4800 | 5875 | 5815 | 5805 | 5715 | 5705 | 5665 | 5550 | 5520 |
| 31 | 4830 | 5915 | 5855 | 5835 | 5755 | 5745 | 5705 | 5600 | 5595 |
| 32 | 4885 | 5980 | 5915 | 5900 | 5870 | 5845 | 5915 | 5795 | 5735 |
| 33 | 4865 | 5955 | 5885 | 5870 | 5780 | 5770 | 5985 | 5855 | 5795 |
| 34 | 5060 | 6200 | 6135 | 6135 | 6060 | 6050 | 6015 | 5885 | 5825 |
| 35 | 5075 | 6215 | 6130 | 6115 | 6025 | 6020 | 6010 | 5865 | 5820 |
| 36 | 5050 | 6185 | 6100 | 6075 | 6000 | 5985 | 5945 | 5835 | 5820 |
| 37 | 5110 | 6260 | 6190 | 6170 | 6085 | 6075 | 6000 | 5915 | 5905 |
| 38 | 5045 | 6180 | 6125 | 6100 | 6160 | 6135 | 6095 | 5990 | 5990 |
| 39 | 5450 | 6680 | 6625 | 6440 | 6480 | 6450 | 6630 | 6520 | 6500 |
| 40 | 4760 | 5830 | 5765 | 5760 | 5665 | 5665 | 5615 | 5490 | 5485 |
| 41 | 4790 | 5865 | 5805 | 5785 | 5725 | 5705 | 5860 | 5715 | 5700 |
| 42 | 4850 | 5940 | 5800 | 5860 | 5785 | 5770 | 5735 | 5615 | 5585 |
| 43 | 5100 | 6250 | 6190 | 6175 | 6105 | 6085 | 6040 | 5930 | 5925 |
| 44 | 4965 | 6080 | 6010 | 5995 | 5915 | 5905 | 6035 | 5905 | 5870 |
| 45 | 5025 | 6155 | 6075 | 6075 | 6000 | 5985 | 6000 | 5870 | 5860 |
| 46 | 5140 | 6295 | 6215 | 6200 | 6120 | 6110 | 5975 | 5870 | 5860 |
| 47 | 5510 | 6750 | 6650 | 6635 | 6535 | 6500 | 6475 | 6445 | 6715 |
| 48 | 4780 | 5850 | 5760 | 5740 | 5655 | 5635 | 5615 | 5510 | 5795 |
| 49 | 4805 | 5885 | 5825 | 5800 | 5735 | 5720 | 5665 | 5580 | 5565 |
| 50 | 4785 | 5860 | 5810 | 5795 | 5745 | 5725 | 5665 | 5540 | 5530 |
| 51 | 4955 | 6070 | 6005 | 5990 | 5955 | 5930 | 5870 | 5740 | 6015 |
| 52 | 4970 | 6085 | 6015 | 6000 | 5925 | 5920 | 5870 | 5745 | 5725 |
| 53 | 5115 | 6265 | 6150 | 6140 | 6025 | 5950 | 5875 | 6245 | 6190 |
| 54 | 5355 | 6560 | 6455 | 6440 | 6335 | 6295 | 6245 | 6205 | 6525 |

Tabla B7. Variación de Peso Semana 2.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 25 ene | 26 ene | 27 ene | 28 ene | 29 ene | 30 ene | 31 ene |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 8 | Día 9 | Día 10 | Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 |
| | (gr) |
| 29 | 5675 | 5575 | 5480 | 5945 | 5880 | 5755 | 5650 |
| 30 | 5420 | 5325 | 5240 | 5810 | 5725 | 5640 | 5530 |
| 31 | 5485 | 5375 | 5285 | 5825 | 5765 | 5655 | 5515 |
| 32 | 5635 | 5540 | 5435 | 5925 | 5885 | 5755 | 5635 |
| 33 | 5685 | 5570 | 5465 | 5895 | 5845 | 5725 | 5605 |
| 34 | 5715 | 5655 | 5535 | 6125 | 6070 | 5945 | 5810 |
| 35 | 5720 | 5635 | 5550 | 6165 | 6085 | 5985 | 5865 |
| 36 | 5725 | 5640 | 5560 | 6110 | 6055 | 5945 | 5820 |
| 37 | 5790 | 5695 | 5605 | 6205 | 6105 | 6040 | 5920 |
| 38 | 5875 | 5785 | 5670 | 6100 | 6030 | 5945 | 5830 |
| 39 | 6410 | 6320 | 6250 | 6600 | 6525 | 6420 | 6310 |
| 40 | 5435 | 5355 | 5270 | 5190 | 5140 | 5085 | 5040 |
| 41 | 5595 | 5480 | 5390 | 5275 | 5210 | 5125 | 5065 |
| 42 | 5485 | 5390 | 5290 | 5200 | 5135 | 5085 | 5040 |
| 43 | 5825 | 5730 | 5625 | 5550 | 5500 | 5445 | 5395 |
| 44 | 5760 | 5660 | 5560 | 5465 | 5405 | 5345 | 5285 |
| 45 | 5770 | 5675 | 5585 | 5490 | 5435 | 5365 | 5315 |
| 46 | 5760 | 5690 | 5585 | 5500 | 5440 | 5385 | 5335 |
| 47 | 6630 | 6510 | 6455 | 6425 | 6400 | 6375 | 6295 |
| 48 | 5725 | 5680 | 5605 | 5550 | 5495 | 5420 | 5355 |
| 49 | 5830 | 5765 | 5695 | 5625 | 5570 | 5505 | 5435 |
| 50 | 5805 | 5730 | 5680 | 5605 | 5570 | 5525 | 5480 |
| 51 | 5955 | 5905 | 5810 | 5765 | 5700 | 5645 | 5600 |
| 52 | 6045 | 5955 | 5885 | 5805 | 5765 | 5695 | 5650 |
| 53 | 6125 | 6030 | 5925 | 5825 | 5765 | 5695 | 5610 |
| 54 | 6460 | 6325 | 6205 | 6125 | 6090 | 6005 | 5935 |

Tabla B8. Variación de Peso Semana 3.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 1-Feb | 2-Feb | 3-Feb | 4-Feb | 5-Feb | 6-Feb | 7-Feb |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 15 | Día 16 | Día 17 | Día 18 | Día 19 | Día 20 | Día 21 |
| | (gr) |
| 29 | 5605 | 5570 | 5535 | 5495 | 5470 | 5465 | 5285 |
| 30 | 5500 | 5470 | 5440 | 5395 | 5360 | 5355 | 5180 |
| 31 | 5465 | 5410 | 5370 | 5315 | 5295 | 5285 | 5130 |
| 32 | 5590 | 5550 | 5515 | 5450 | 5430 | 5425 | 5250 |
| 33 | 5560 | 5505 | 5465 | 5410 | 5380 | 5375 | 5200 |
| 34 | 5785 | 5755 | 5725 | 5675 | 5655 | 5650 | 5480 |
| 35 | 5835 | 5800 | 5770 | 5690 | 6070 | 6065 | 5835 |
| 36 | 5760 | 5730 | 5695 | 5655 | 5610 | 5605 | 5430 |
| 37 | 5860 | 5810 | 5765 | 5790 | 5760 | 5755 | 5660 |
| 38 | 5780 | 5725 | 5670 | 5645 | 5630 | 5620 | 5440 |
| 39 | 6275 | 6240 | 6210 | 6150 | 6120 | 6110 | 5915 |
| 40 | 5020 | 5000 | 4990 | 4970 | 4960 | 4965 | 4920 |
| 41 | 5045 | 5030 | 5015 | 4975 | 4960 | 4965 | 4880 |
| 42 | 5020 | 5005 | 4985 | 4965 | 4950 | 4950 | 4890 |
| 43 | 5370 | 5350 | 5330 | 5310 | 5305 | 5320 | 5255 |
| 44 | 5265 | 5240 | 5225 | 5190 | 5180 | 5180 | 5085 |
| 45 | 5285 | 5265 | 5240 | 5220 | 5210 | 5215 | 5145 |
| 46 | 5310 | 5290 | 5275 | 5245 | 5240 | 5240 | 5165 |
| 47 | 6250 | 6190 | 6130 | 6055 | 6025 | 5950 | 5870 |
| 48 | 5280 | 5215 | 5165 | 5115 | 5340 | 5335 | 5150 |
| 49 | 5370 | 5320 | 5265 | 5255 | 5440 | 5440 | 5300 |
| 50 | 5420 | 5395 | 5330 | 5325 | 5380 | 5385 | 5245 |
| 51 | 5565 | 5500 | 5470 | 5475 | 5510 | 5505 | 5310 |
| 52 | 5595 | 5560 | 5530 | 5530 | 5550 | 5545 | 5365 |
| 53 | 5550 | 5485 | 5420 | 5355 | 5310 | 5290 | 5235 |
| 54 | 5875 | 5800 | 5745 | 5675 | 5635 | 5605 | 5500 |

Tabla B9. Variación de Peso Semana 4.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 8-Feb | 9-Feb | 10-Feb | 11-Feb | 12-Feb | 13-Feb | 14-Feb |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 22 | Día 23 | Día 24 | Día 25 | Día 26 | Día 27 | Día 28 |
| | (gr) |
| 29 | 5220 | 5085 | 5025 | 4975 | 4920 | 4885 | 4840 |
| 30 | 5120 | 4990 | 4930 | 4880 | 4840 | 4800 | 4770 |
| 31 | 5075 | 4955 | 4900 | 4855 | 4820 | 4780 | 4765 |
| 32 | 5190 | 5075 | 5025 | 4975 | 4940 | 4895 | 4845 |
| 33 | 5140 | 5005 | 4950 | 4900 | 4860 | 4825 | 4795 |
| 34 | 5425 | 5300 | 5240 | 5165 | 5125 | 5085 | 5040 |
| 35 | 5735 | 5510 | 5410 | 5280 | 5175 | 5090 | 4980 |
| 36 | 5370 | 5225 | 5160 | 5100 | 5060 | 5040 | 4995 |
| 37 | 5580 | 5420 | 5350 | 5390 | 5210 | 5160 | 5100 |
| 38 | 5360 | 5185 | 5115 | 5095 | 5075 | 4975 | 4940 |
| 39 | 5825 | 5625 | 5550 | 5495 | 5430 | 5385 | 5360 |
| 40 | 4900 | 4865 | 4845 | 4825 | 4805 | 4780 | 4770 |
| 41 | 4845 | 4785 | 4760 | 4755 | 4720 | 4695 | 4680 |
| 42 | 4865 | 4825 | 4805 | 4790 | 4770 | 4750 | 4735 |
| 43 | 5225 | 5180 | 5160 | 5140 | 5125 | 5100 | 5085 |
| 44 | 5050 | 4975 | 4940 | 4915 | 4890 | 4860 | 4845 |
| 45 | 5115 | 5045 | 5025 | 5095 | 4970 | 4945 | 4925 |
| 46 | 5135 | 5080 | 5060 | 5040 | 5020 | 4995 | 4990 |
| 47 | 5790 | 5725 | 5680 | 5630 | 5595 | 5575 | 5535 |
| 48 | 5085 | 4945 | 4890 | 4800 | 4785 | 4750 | 4720 |
| 49 | 5240 | 5115 | 5080 | 5015 | 4980 | 4945 | 4905 |
| 50 | 5190 | 5085 | 5035 | 4985 | 4935 | 4905 | 4865 |
| 51 | 5235 | 5080 | 5025 | 4995 | 4940 | 4905 | 4875 |
| 52 | 5295 | 5150 | 5090 | 5020 | 4975 | 4930 | 4890 |
| 53 | 5205 | 5185 | 5150 | 5120 | 5090 | 5065 | 5025 |
| 54 | 5430 | 5370 | 5300 | 5255 | 5210 | 5185 | 5125 |

Tabla B10. Variación de Humedad Semana 1.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 17 ene | 17 ene | 18 ene | 19 ene | 20 ene | 21 ene | 22 ene | 23 ene | 24 ene |
|---------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 0 sin riego | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 1 | 7.4 | 7.4 | 7.1 | 7.2 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.4 | 6.4 |
| 2 | 7.4 | 7.4 | 6.8 | 6.9 | 6.4 | 6.2 | 30.3 | 29.0 | 28.8 |
| 3 | 7.4 | 7.4 | 6.7 | 6.6 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.7 | 5.7 |
| 4 | 7.4 | 7.4 | 7.0 | 6.9 | 6.3 | 6.0 | 5.6 | 5.2 | 5.2 |
| 5 | 7.4 | 25.1 | 23.8 | 23.5 | 22.4 | 22.4 | 24.9 | 23.4 | 23.1 |
| 6 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 23.0 | 22.6 | 24.7 | 23.4 | 23.1 |
| 7 | 7.4 | 25.0 | 23.9 | 23.7 | 22.7 | 22.3 | 24.8 | 23.1 | 22.5 |
| 8 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.0 | 23.4 | 23.0 | 24.8 | 23.4 | 23.4 |
| 9 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.7 | 22.5 | 22.4 | 24.8 | 23.3 | 23.0 |
| 10 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.7 | 22.6 | 24.5 | 22.5 | 21.7 |
| 11 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 23.2 | 22.9 | 24.9 | 23.6 | 23.3 |
| 12 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 23.2 | 22.9 | 24.7 | 23.5 | 23.3 |
| 13 | 7.4 | 25.0 | 24.3 | 24.1 | 23.1 | 22.9 | 24.7 | 23.3 | 23.2 |
| 14 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 23.1 | 22.8 | 24.9 | 23.3 | 23.1 |
| 15 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.0 | 21.8 | 24.8 | 23.3 | 23.0 |
| 16 | 7.4 | 25.0 | 23.1 | 23.0 | 23.3 | 23.1 | 24.9 | 23.1 | 23.0 |
| 17 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.7 | 22.5 | 21.7 | 19.6 | 19.2 |
| 18 | 7.4 | 25.0 | 23.2 | 23.0 | 22.1 | 21.8 | 21.0 | 19.9 | 19.6 |
| 19 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.7 | 22.7 | 22.7 | 21.8 | 20.8 | 20.6 |
| 20 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.9 | 23.0 | 22.7 | 21.8 | 20.2 | 19.9 |
| 21 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.6 | 22.4 | 21.6 | 20.3 | 20.0 |
| 22 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.0 | 23.2 | 22.9 | 22.3 | 20.4 | 20.0 |
| 23 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.7 | 22.5 | 21.4 | 20.1 | 19.8 |
| 24 | 7.4 | 25.0 | 23.3 | 23.2 | 22.4 | 22.1 | 21.3 | 19.3 | 19.0 |
| 25 | 7.4 | 25.0 | 23.0 | 23.0 | 22.7 | 22.7 | 21.6 | 19.7 | 19.7 |
| 26 | 7.4 | 25.0 | 23.9 | 23.7 | 22.5 | 22.4 | 21.0 | 19.2 | 19.0 |
| 27 | 7.4 | 25.0 | 23.2 | 24.0 | 23.3 | 23.1 | 22.5 | 21.0 | 20.4 |
| 28 | 7.4 | 25.0 | 23.9 | 23.7 | 22.9 | 22.9 | 22.2 | 21.1 | 20.9 |

Tabla B11. Variación de Humedad Semana 2.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 25 ene | 26 ene | 27 ene | 28 ene | 29 ene | 30 ene | 31 ene |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 8 | Día 9 | Día 10 | Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 1 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.7 | 5.6 | 5.6 |
| 2 | 27.3 | 25.7 | 24.2 | 21.8 | 21.0 | 18.7 | 17.1 |
| 3 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 |
| 4 | 4.8 | 4.6 | 4.3 | 4.1 | 4.0 | 3.8 | 3.6 |
| 5 | 21.9 | 20.6 | 19.3 | 17.6 | 16.8 | 15.2 | 14.1 |
| 6 | 21.5 | 20.0 | 18.2 | 16.0 | 14.8 | 12.8 | 11.6 |
| 7 | 21.1 | 19.9 | 18.2 | 16.5 | 15.6 | 14.1 | 13.3 |
| 8 | 21.7 | 19.9 | 18.0 | 16.3 | 15.2 | 13.9 | 13.0 |
| 9 | 21.6 | 20.2 | 18.8 | 16.6 | 15.2 | 13.6 | 12.4 |
| 10 | 20.2 | 18.5 | 17.2 | 15.6 | 13.0 | 13.4 | 12.5 |
| 11 | 21.9 | 20.5 | 18.9 | 17.0 | 15.9 | 14.5 | 13.3 |
| 12 | 21.9 | 20.4 | 18.5 | 16.9 | 15.8 | 14.6 | 13.5 |
| 13 | 22.1 | 21.1 | 19.4 | 17.9 | 17.2 | 15.8 | 14.9 |
| 14 | 22.0 | 21.2 | 19.6 | 17.8 | 16.7 | 15.0 | 13.8 |
| 15 | 21.5 | 20.2 | 18.7 | 16.9 | 15.8 | 14.3 | 13.1 |
| 16 | 21.7 | 20.2 | 19.0 | 17.2 | 16.0 | 14.6 | 13.1 |
| 17 | 24.2 | 22.9 | 21.6 | 19.7 | 17.0 | 16.5 | 14.9 |
| 18 | 24.2 | 23.1 | 20.8 | 18.9 | 17.8 | 16.3 | 15.2 |
| 19 | 24.2 | 22.4 | 20.7 | 19.0 | 17.9 | 16.6 | 15.5 |
| 20 | 24.3 | 22.8 | 21.9 | 20.2 | 19.1 | 17.4 | 16.2 |
| 21 | 24.2 | 22.5 | 20.8 | 19.0 | 17.7 | 16.2 | 15.0 |
| 22 | 24.4 | 23.4 | 22.0 | 20.2 | 18.7 | 16.9 | 15.4 |
| 23 | 24.3 | 22.7 | 21.3 | 19.3 | 17.7 | 16.0 | 14.7 |
| 24 | 24.2 | 22.8 | 21.2 | 19.2 | 17.7 | 16.0 | 14.6 |
| 25 | 24.4 | 22.9 | 21.5 | 19.5 | 18.1 | 16.4 | 15.1 |
| 26 | 24.3 | 23.0 | 21.6 | 19.9 | 18.3 | 16.6 | 15.1 |
| 27 | 24.3 | 23.0 | 21.8 | 19.8 | 18.2 | 16.5 | 15.0 |
| 28 | 24.2 | 22.1 | 21.0 | 19.3 | 18.1 | 16.6 | 15.2 |

Tabla B12. Variación de Humedad Semana 3.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 1-Feb | 2-Feb | 3-Feb | 4-Feb | 5-Feb | 6-Feb | 7-Feb |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 15 | Día 16 | Día 17 | Día 18 | Día 19 | Día 20 | Día 21 |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 1 | 5.5 | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 13.9 | 13.9 | 11.5 |
| 2 | 16.3 | 15.5 | 14.9 | 14.4 | 14.1 | 14.0 | 12.3 |
| 3 | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 5.6 | 5.5 | 5.3 |
| 4 | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 3.5 | 3.3 |
| 5 | 13.5 | 12.9 | 12.3 | 11.9 | 11.9 | 11.9 | 10.6 |
| 6 | 11.5 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.3 | 9.4 | 7.6 |
| 7 | 12.8 | 12.3 | 11.8 | 11.5 | 11.4 | 11.4 | 10.3 |
| 8 | 12.5 | 12.0 | 11.7 | 11.5 | 11.3 | 11.2 | 9.9 |
| 9 | 12.2 | 11.9 | 11.6 | 10.9 | 10.6 | 10.7 | 9.1 |
| 10 | 12.2 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 11.0 | 10.8 | 9.6 |
| 11 | 13.0 | 12.7 | 12.3 | 11.7 | 11.4 | 11.3 | 9.3 |
| 12 | 13.0 | 12.5 | 12.0 | 11.6 | 11.4 | 11.4 | 9.7 |
| 13 | 14.4 | 13.8 | 13.5 | 13.1 | 13.1 | 13.1 | 11.6 |
| 14 | 14.8 | 14.1 | 11.9 | 13.1 | 11.3 | 11.3 | 9.4 |
| 15 | 12.5 | 12.3 | 11.7 | 11.2 | 11.0 | 10.8 | 8.9 |
| 16 | 12.5 | 12.1 | 11.5 | 11.3 | 11.3 | 11.7 | 8.8 |
| 17 | 14.4 | 13.8 | 13.5 | 13.0 | 12.4 | 12.4 | 10.6 |
| 18 | 14.8 | 14.4 | 13.8 | 13.5 | 13.4 | 13.7 | 12.1 |
| 19 | 14.9 | 14.5 | 14.0 | 13.8 | 13.5 | 13.5 | 12.1 |
| 20 | 15.7 | 15.1 | 14.4 | 14.1 | 13.9 | 13.8 | 12.2 |
| 21 | 14.4 | 13.9 | 13.3 | 13.0 | 12.6 | 12.7 | 11.3 |
| 22 | 14.7 | 14.0 | 13.3 | 12.9 | 12.6 | 12.6 | 10.5 |
| 23 | 14.0 | 13.6 | 13.2 | 12.4 | 12.1 | 12.1 | 9.7 |
| 24 | 14.1 | 13.6 | 12.9 | 12.3 | 12.0 | 11.9 | 9.4 |
| 25 | 14.4 | 13.8 | 13.2 | 12.7 | 12.4 | 12.5 | 10.4 |
| 26 | 14.2 | 13.7 | 13.1 | 12.8 | 12.5 | 12.5 | 10.2 |
| 27 | 14.1 | 13.9 | 13.3 | 12.3 | 11.9 | 12.0 | 9.6 |
| 28 | 14.4 | 13.6 | 13.0 | 12.4 | 12.1 | 12.1 | 9.4 |

Tabla B13. Variación de Humedad Semana 4.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 8-Feb | 9-Feb | 10-Feb | 11-Feb | 12-Feb | 13-Feb | 14-Feb | Promedio |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | Día 22 | Día 23 | Día 24 | Día 25 | Día 26 | Día 27 | Día 28 | |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | |
| 1 | 10.9 | 10.1 | 9.8 | 9.2 | 9.2 | 8.8 | 8.7 | 7.7 |
| 2 | 11.6 | 10.4 | 10.1 | 10.1 | 9.2 | 8.8 | 8.4 | 15.5 |
| 3 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 5.5 |
| 4 | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 4.2 |
| 5 | 10.0 | 9.1 | 8.6 | 8.1 | 7.7 | 7.2 | 6.9 | 15.7 |
| 6 | 7.1 | 6.1 | 5.7 | 5.4 | 5.0 | 4.5 | 4.4 | 14.2 |
| 7 | 9.8 | 9.1 | 8.6 | 8.1 | 7.9 | 7.4 | 7.2 | 15.4 |
| 8 | 9.3 | 8.2 | 7.8 | 7.3 | 6.9 | 6.4 | 6.1 | 15.2 |
| 9 | 8.5 | 7.3 | 6.8 | 6.3 | 5.9 | 5.3 | 5.0 | 14.8 |
| 10 | 9.1 | 8.0 | 7.6 | 7.1 | 6.7 | 6.2 | 5.9 | 14.7 |
| 11 | 8.6 | 7.2 | 6.8 | 6.3 | 5.8 | 5.3 | 5.1 | 15.2 |
| 12 | 9.0 | 7.6 | 7.2 | 6.7 | 6.2 | 5.7 | 5.4 | 15.2 |
| 13 | 11.0 | 9.8 | 9.4 | 9.0 | 8.5 | 8.0 | 7.6 | 16.4 |
| 14 | 8.6 | 7.0 | 6.5 | 5.9 | 5.6 | 5.1 | 4.8 | 15.4 |
| 15 | 8.2 | 6.8 | 6.3 | 5.8 | 5.5 | 4.9 | 4.6 | 14.8 |
| 16 | 7.5 | 5.1 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 2.4 | 1.9 | 14.4 |
| 17 | 9.8 | 8.5 | 7.9 | 7.2 | 6.7 | 6.2 | 5.8 | 15.8 |
| 18 | 11.6 | 10.4 | 9.8 | 9.2 | 8.8 | 8.3 | 7.8 | 16.3 |
| 19 | 11.5 | 10.4 | 9.9 | 9.5 | 9.1 | 8.6 | 8.2 | 16.6 |
| 20 | 11.5 | 10.2 | 9.7 | 9.0 | 8.7 | 8.2 | 7.7 | 16.8 |
| 21 | 10.7 | 9.5 | 9.0 | 8.3 | 7.9 | 7.3 | 6.9 | 16.1 |
| 22 | 9.7 | 8.2 | 7.6 | 7.1 | 6.4 | 3.9 | 5.5 | 15.9 |
| 23 | 8.8 | 7.3 | 6.7 | 6.2 | 5.7 | 5.2 | 4.9 | 15.4 |
| 24 | 8.5 | 6.8 | 6.3 | 5.9 | 5.3 | 4.8 | 4.6 | 15.2 |
| 25 | 9.5 | 7.9 | 7.2 | 8.6 | 6.2 | 5.6 | 5.3 | 15.7 |
| 26 | 9.2 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 5.7 | 5.2 | 4.8 | 15.5 |
| 27 | 8.7 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.7 | 15.6 |
| 28 | 8.2 | 5.8 | 5.1 | 4.2 | 3.7 | 3.1 | 2.6 | 15.1 |

Tabla B14. Variación de Humedad Semana 1.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 17 ene | 17 ene | 18 ene | 19 ene | 20 ene | 21 ene | 22 ene | 23 ene | 24 ene |
|---------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 0 sin riego | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 29 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.0 | 23.2 | 22.8 | 23.9 | 22.1 | 21.7 |
| 30 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.0 | 22.8 | 22.7 | 22.1 | 20.4 | 20.0 |
| 31 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 23.9 | 22.8 | 22.7 | 22.1 | 20.6 | 20.6 |
| 32 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 23.5 | 23.2 | 24.1 | 22.5 | 21.6 |
| 33 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.6 | 22.5 | 25.4 | 23.6 | 22.8 |
| 34 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.2 | 23.2 | 23.1 | 22.6 | 20.9 | 20.0 |
| 35 | 7.4 | 25.0 | 23.9 | 23.7 | 22.5 | 22.5 | 22.3 | 20.3 | 19.7 |
| 36 | 7.4 | 25.0 | 23.9 | 23.6 | 22.6 | 22.4 | 21.9 | 20.3 | 20.1 |
| 37 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 22.8 | 22.6 | 21.6 | 20.5 | 20.3 |
| 38 | 7.4 | 25.0 | 24.3 | 24.0 | 24.8 | 24.4 | 23.9 | 22.5 | 22.5 |
| 39 | 7.4 | 25.0 | 24.4 | 22.1 | 22.6 | 22.2 | 24.4 | 23.1 | 22.9 |
| 40 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.1 | 22.8 | 22.8 | 22.0 | 20.2 | 20.1 |
| 41 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 23.9 | 23.1 | 22.8 | 24.9 | 23.0 | 22.7 |
| 42 | 7.4 | 25.0 | 23.1 | 24.0 | 22.9 | 22.7 | 22.2 | 20.5 | 20.1 |
| 43 | 7.4 | 25.0 | 24.3 | 24.1 | 23.2 | 22.9 | 22.3 | 20.8 | 20.8 |
| 44 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 22.8 | 22.7 | 24.4 | 22.7 | 22.2 |
| 45 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 24.0 | 23.0 | 22.8 | 23.0 | 21.2 | 21.1 |
| 46 | 7.4 | 25.0 | 24.0 | 23.8 | 22.8 | 22.6 | 20.8 | 19.3 | 19.2 |
| 47 | 7.4 | 25.0 | 23.8 | 23.6 | 22.4 | 22.0 | 21.7 | 21.3 | 24.6 |
| 48 | 7.4 | 25.0 | 23.8 | 23.5 | 22.3 | 22.0 | 21.7 | 20.2 | 24.2 |
| 49 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 23.9 | 23.0 | 22.8 | 22.0 | 20.8 | 20.5 |
| 50 | 7.4 | 25.0 | 24.3 | 24.1 | 23.5 | 23.2 | 22.3 | 20.5 | 20.4 |
| 51 | 7.4 | 25.0 | 24.2 | 24.0 | 23.5 | 23.2 | 22.4 | 20.5 | 24.3 |
| 52 | 7.4 | 25.0 | 24.1 | 23.9 | 22.9 | 22.8 | 22.1 | 20.4 | 20.1 |
| 53 | 7.4 | 25.0 | 23.5 | 23.4 | 21.9 | 20.9 | 19.8 | 24.7 | 24.0 |
| 54 | 7.4 | 25.0 | 23.7 | 23.5 | 22.2 | 21.7 | 21.1 | 20.5 | 24.6 |

Tabla B15. Variación de Humedad Semana 2.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 25 ene | 26 ene | 27 ene | 28 ene | 29 ene | 30 ene | 31 ene |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 8 | Día 9 | Día 10 | Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 29 | 20.4 | 19.0 | 17.5 | 24.2 | 23.3 | 21.6 | 20.1 |
| 30 | 18.4 | 16.9 | 15.5 | 24.1 | 22.9 | 21.7 | 20.1 |
| 31 | 18.9 | 17.2 | 15.7 | 23.8 | 23.0 | 21.4 | 19.4 |
| 32 | 20.2 | 18.8 | 17.1 | 24.3 | 23.7 | 21.9 | 20.2 |
| 33 | 21.3 | 19.6 | 18.0 | 24.2 | 23.5 | 21.8 | 20.1 |
| 34 | 18.4 | 17.5 | 15.7 | 24.1 | 23.4 | 21.7 | 19.8 |
| 35 | 18.2 | 17.0 | 15.6 | 24.3 | 23.3 | 22.0 | 20.3 |
| 36 | 18.7 | 17.5 | 16.2 | 24.0 | 23.3 | 21.9 | 20.1 |
| 37 | 18.7 | 17.3 | 15.9 | 24.3 | 23.0 | 22.2 | 20.5 |
| 38 | 21.0 | 19.7 | 18.0 | 24.0 | 23.1 | 21.9 | 20.3 |
| 39 | 21.7 | 20.6 | 19.7 | 24.1 | 23.2 | 21.9 | 20.5 |
| 40 | 19.4 | 18.1 | 16.7 | 15.4 | 14.5 | 13.6 | 12.8 |
| 41 | 21.2 | 19.5 | 18.1 | 16.3 | 15.2 | 13.7 | 12.6 |
| 42 | 18.5 | 17.1 | 15.4 | 13.9 | 12.8 | 11.9 | 11.0 |
| 43 | 19.4 | 18.0 | 16.4 | 15.2 | 14.4 | 13.5 | 12.7 |
| 44 | 20.7 | 19.2 | 17.7 | 16.2 | 15.2 | 14.3 | 13.2 |
| 45 | 19.8 | 18.4 | 17.0 | 15.6 | 14.7 | 13.5 | 12.7 |
| 46 | 17.7 | 16.7 | 15.1 | 13.7 | 12.7 | 11.8 | 10.9 |
| 47 | 23.6 | 22.1 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.4 | 19.3 |
| 48 | 23.3 | 22.6 | 21.6 | 20.8 | 19.9 | 18.8 | 17.7 |
| 49 | 24.3 | 23.4 | 22.4 | 21.4 | 20.6 | 19.6 | 18.6 |
| 50 | 24.3 | 23.3 | 22.6 | 21.5 | 21.0 | 20.3 | 19.6 |
| 51 | 23.5 | 22.8 | 21.5 | 20.9 | 20.0 | 19.2 | 18.5 |
| 52 | 24.5 | 23.3 | 22.3 | 21.2 | 20.7 | 19.6 | 19.0 |
| 53 | 23.2 | 22.0 | 20.5 | 19.1 | 18.2 | 17.2 | 15.9 |
| 54 | 23.8 | 22.1 | 20.5 | 19.5 | 19.0 | 17.8 | 16.8 |

Tabla B16. Variación de Humedad Semana 3.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 1-Feb | 2-Feb | 3-Feb | 4-Feb | 5-Feb | 6-Feb | 7-Feb |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Día 15 | Día 16 | Día 17 | Día 18 | Día 19 | Día 20 | Día 21 |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 29 | 19.4 | 18.9 | 18.4 | 17.7 | 17.3 | 17.3 | 14.3 |
| 30 | 19.7 | 19.2 | 18.7 | 18.0 | 17.5 | 17.4 | 14.5 |
| 31 | 18.6 | 17.7 | 17.1 | 16.2 | 15.9 | 15.7 | 13.0 |
| 32 | 19.5 | 18.9 | 18.4 | 17.4 | 17.1 | 17.0 | 14.1 |
| 33 | 19.4 | 18.6 | 18.0 | 17.1 | 16.6 | 16.5 | 13.6 |
| 34 | 19.4 | 19.0 | 18.6 | 17.8 | 17.5 | 17.4 | 14.8 |
| 35 | 19.9 | 19.4 | 19.0 | 17.8 | 23.1 | 23.1 | 19.9 |
| 36 | 19.2 | 18.8 | 18.3 | 17.7 | 17.0 | 16.9 | 14.1 |
| 37 | 19.7 | 19.0 | 18.3 | 18.7 | 18.2 | 18.2 | 16.7 |
| 38 | 19.6 | 18.8 | 18.0 | 17.6 | 17.4 | 17.2 | 14.4 |
| 39 | 20.0 | 19.5 | 19.1 | 18.3 | 17.9 | 17.8 | 14.9 |
| 40 | 12.4 | 12.0 | 11.9 | 11.5 | 11.3 | 11.4 | 10.5 |
| 41 | 12.3 | 12.0 | 11.7 | 11.0 | 10.7 | 10.8 | 9.2 |
| 42 | 10.7 | 10.4 | 10.0 | 9.6 | 9.4 | 9.4 | 8.2 |
| 43 | 12.2 | 11.9 | 11.6 | 11.2 | 11.1 | 11.4 | 10.2 |
| 44 | 12.9 | 12.5 | 12.2 | 11.6 | 11.4 | 11.4 | 9.7 |
| 45 | 12.1 | 11.8 | 11.4 | 11.0 | 10.8 | 10.9 | 9.7 |
| 46 | 10.5 | 10.1 | 9.9 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 7.9 |
| 47 | 18.7 | 17.9 | 17.1 | 16.0 | 15.6 | 14.5 | 13.3 |
| 48 | 16.5 | 15.4 | 14.6 | 13.7 | 17.5 | 17.4 | 14.3 |
| 49 | 17.5 | 16.7 | 15.8 | 15.7 | 18.6 | 18.6 | 16.4 |
| 50 | 18.7 | 18.3 | 17.3 | 17.2 | 18.1 | 18.1 | 15.9 |
| 51 | 17.9 | 16.9 | 16.5 | 16.5 | 17.1 | 17.0 | 13.8 |
| 52 | 18.1 | 17.6 | 17.1 | 17.1 | 17.5 | 17.4 | 14.5 |
| 53 | 14.9 | 13.9 | 12.8 | 11.7 | 10.9 | 10.6 | 9.6 |
| 54 | 15.9 | 14.8 | 13.9 | 12.8 | 12.2 | 11.7 | 9.9 |

Tabla B17. Variación de Humedad Semana 4.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Muestra | 8-Feb | 9-Feb | 10-Feb | 11-Feb | 12-Feb | 13-Feb | 14-Feb | Promedio |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | Día 22 | Día 23 | Día 24 | Día 25 | Día 26 | Día 27 | Día 28 | |
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | |
| 29 | 13.2 | 10.8 | 9.7 | 8.8 | 7.7 | 7.0 | 6.1 | 17.9 |
| 30 | 13.4 | 11.1 | 10.0 | 9.0 | 8.2 | 7.4 | 6.8 | 17.6 |
| 31 | 12.1 | 9.8 | 8.8 | 7.9 | 7.2 | 6.4 | 6.1 | 17.0 |
| 32 | 13.1 | 11.0 | 10.1 | 9.1 | 8.5 | 7.6 | 6.6 | 18.0 |
| 33 | 12.6 | 10.1 | 9.1 | 8.1 | 7.3 | 6.6 | 6.0 | 17.9 |
| 34 | 13.9 | 11.8 | 10.7 | 9.4 | 8.6 | 7.9 | 7.0 | 17.8 |
| 35 | 18.5 | 15.0 | 13.4 | 11.1 | 9.3 | 7.7 | 5.6 | 18.7 |
| 36 | 13.1 | 10.6 | 9.5 | 8.3 | 7.6 | 7.2 | 6.3 | 17.5 |
| 37 | 15.5 | 12.9 | 11.7 | 12.4 | 9.3 | 8.3 | 7.2 | 18.2 |
| 38 | 13.1 | 10.0 | 8.7 | 8.3 | 8.0 | 6.0 | 5.3 | 18.0 |
| 39 | 13.6 | 10.4 | 9.1 | 8.2 | 7.0 | 6.2 | 5.8 | 18.1 |
| 40 | 10.2 | 9.5 | 9.1 | 8.7 | 8.3 | 7.8 | 7.6 | 15.0 |
| 41 | 8.5 | 7.3 | 6.8 | 6.7 | 6.0 | 5.4 | 5.1 | 14.8 |
| 42 | 7.7 | 6.9 | 6.5 | 6.2 | 5.8 | 5.4 | 5.0 | 13.5 |
| 43 | 9.7 | 8.9 | 8.5 | 8.2 | 7.9 | 7.4 | 7.1 | 14.8 |
| 44 | 9.0 | 7.6 | 6.9 | 6.4 | 5.9 | 5.3 | 5.0 | 14.9 |
| 45 | 9.1 | 7.8 | 7.4 | 8.7 | 6.3 | 5.8 | 5.4 | 14.6 |
| 46 | 7.3 | 6.3 | 5.9 | 5.5 | 5.1 | 4.6 | 4.5 | 13.2 |
| 47 | 12.0 | 11.0 | 10.3 | 9.5 | 8.9 | 8.5 | 7.8 | 17.7 |
| 48 | 13.2 | 10.6 | 9.6 | 7.8 | 7.5 | 6.8 | 6.2 | 17.2 |
| 49 | 15.4 | 13.3 | 12.6 | 11.4 | 10.8 | 10.1 | 9.4 | 18.5 |
| 50 | 14.9 | 13.1 | 12.2 | 11.3 | 10.3 | 9.8 | 9.0 | 18.6 |
| 51 | 12.6 | 9.8 | 8.7 | 8.2 | 7.1 | 6.4 | 5.8 | 17.5 |
| 52 | 13.3 | 10.8 | 9.7 | 8.4 | 7.5 | 6.6 | 5.8 | 17.7 |
| 53 | 9.1 | 8.7 | 8.1 | 7.5 | 6.9 | 6.4 | 5.7 | 15.7 |
| 54 | 8.7 | 7.7 | 6.4 | 5.6 | 4.7 | 4.2 | 3.1 | 15.6 |

ANEXO C COBERTURA VEGETAL.

C1 Registro fotográfico.

La secuencia de fotografías registradas para cada lisímetro se muestra a continuación.

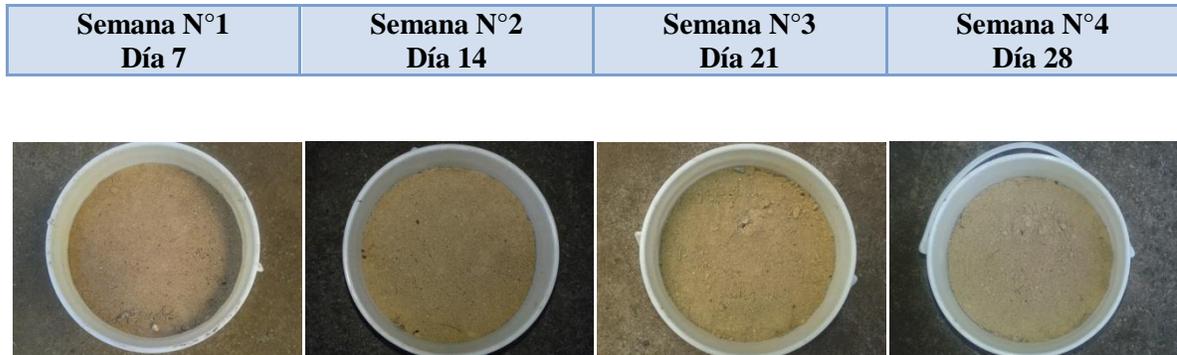


Figura C1. Evolución lisímetro 1.
(Fuente Elaboración Propia).

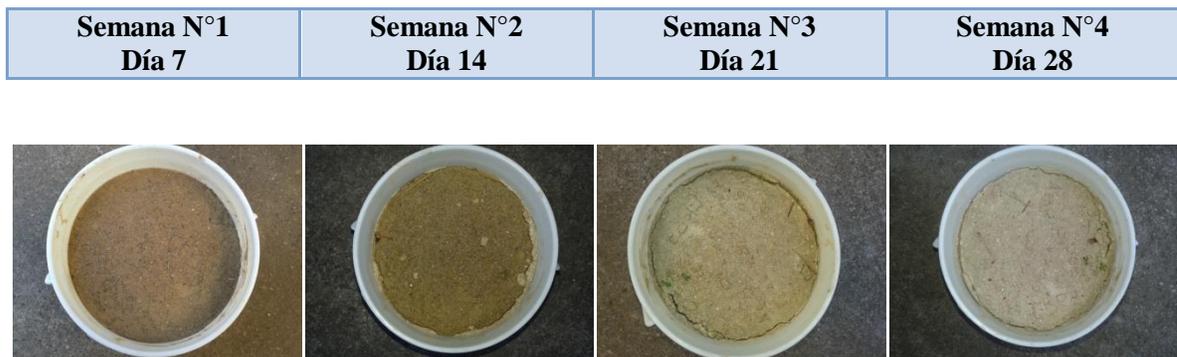


Figura C2. Evolución Lisímetro 2.
(Fuente Elaboración Propia).

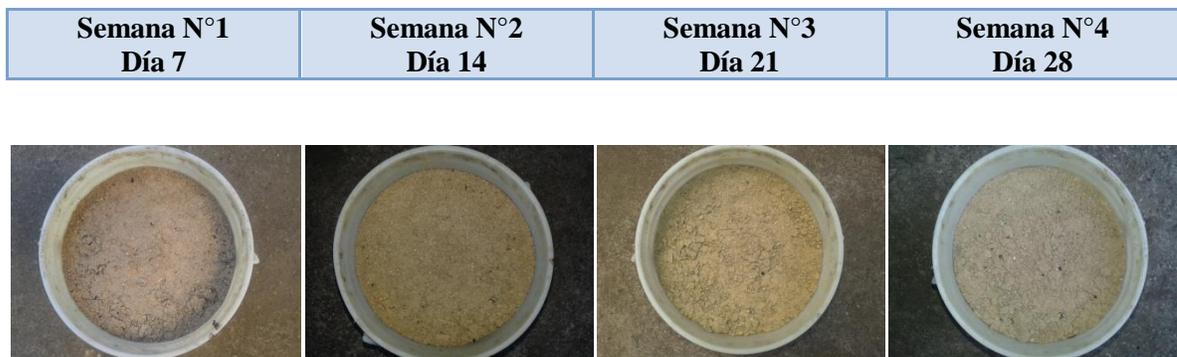


Figura C3. Evolución Lisímetro 3.
(Fuente Elaboración Propia).

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|



Figura C4. Evolución Lisímetro 4.
(Fuente Elaboración Propia).

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

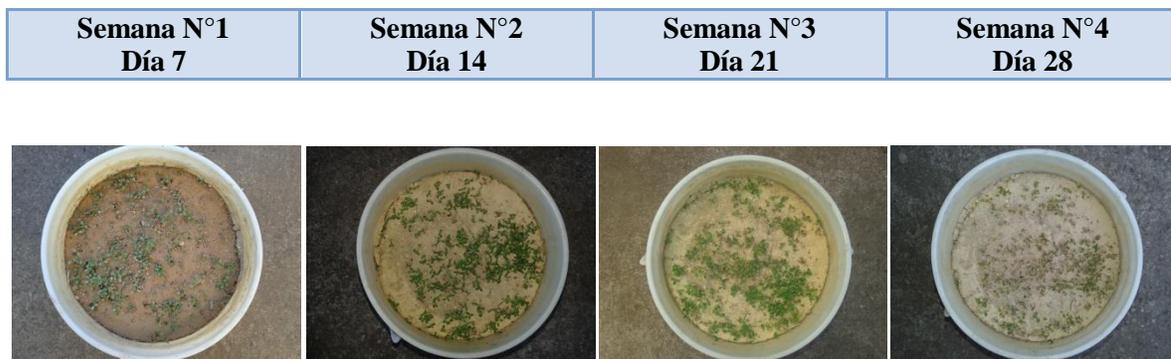


Figura C5. Evolución Lisímetro 5.
(Fuente Elaboración Propia)

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|



Figura C6. Evolución Lisímetro 6.
(Fuente Elaboración Propia)



FiguraC7. Evolución Lisímetro 7.
(Fuente Elaboración Propia)

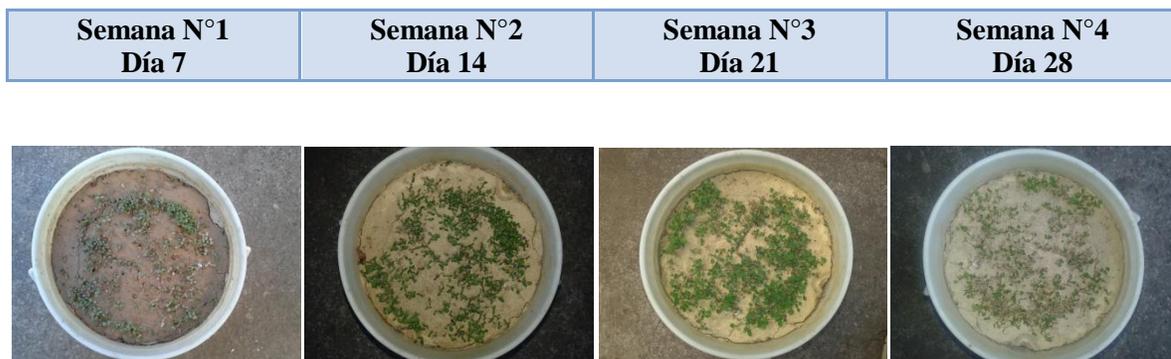
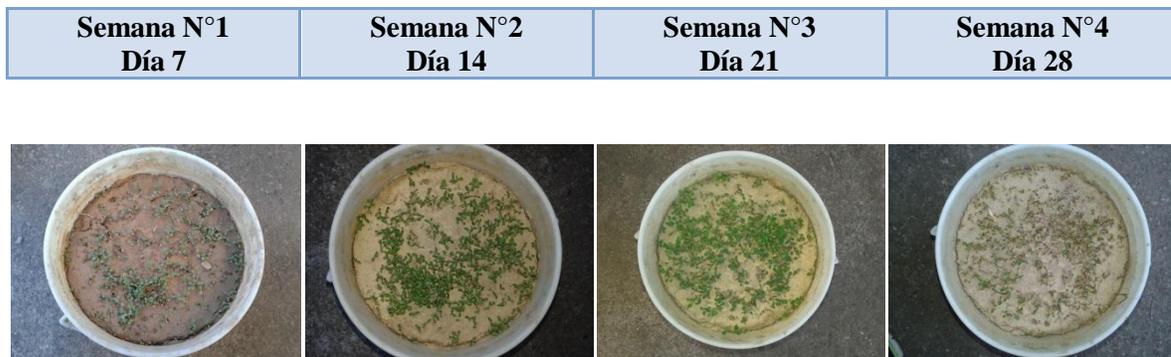


Figura C8. Evolución Lisímetro 8.
(Fuente Elaboración Propia).



FiguraC9. Evolución Lisímetro 9.
(Fuente Elaboración Propia)

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|



Figura C10. Evolución Lisímetro 10.
(Fuente Elaboración Propia)

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|



FiguraC11. Evolución Lisímetro 11.
(Fuente Elaboración Propia)

| Semana N°2 Día 7 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|



FiguraC12. Evolución Lisímetro 12.
(Fuente Elaboración Propia).

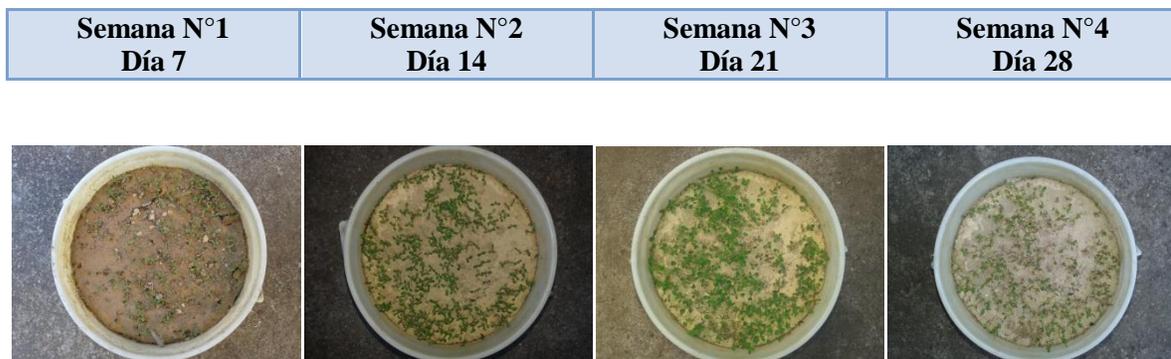


Figura C13. Evolución Lisímetro 13.
(Fuente Elaboración Propia).

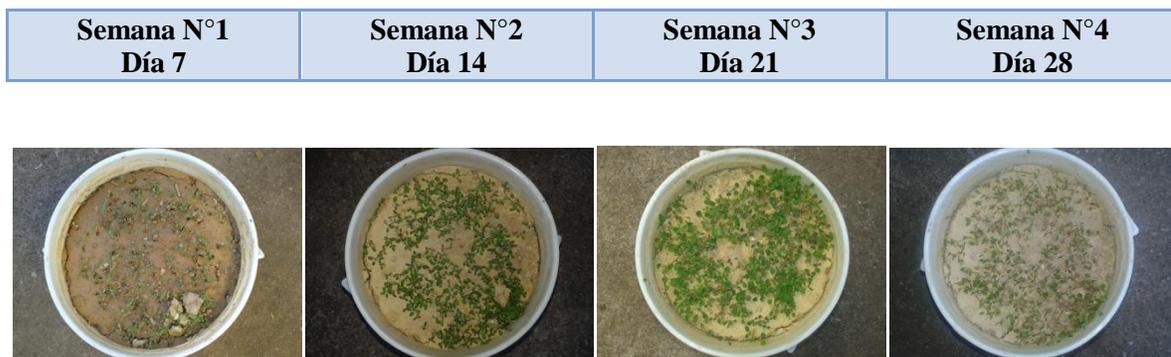


Figura C14. Evolución Lisímetro 14.
(Fuente Elaboración Propia).

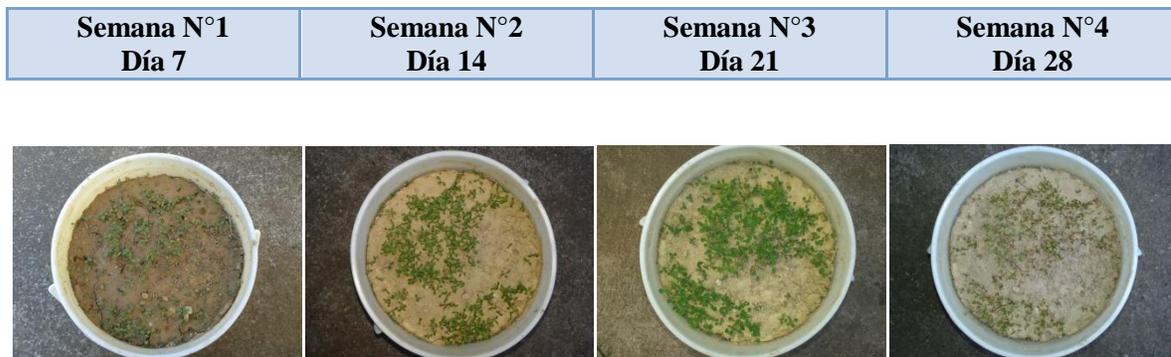


Figura C15. Evolución Lisímetro 15.
(Fuente Elaboración Propia).

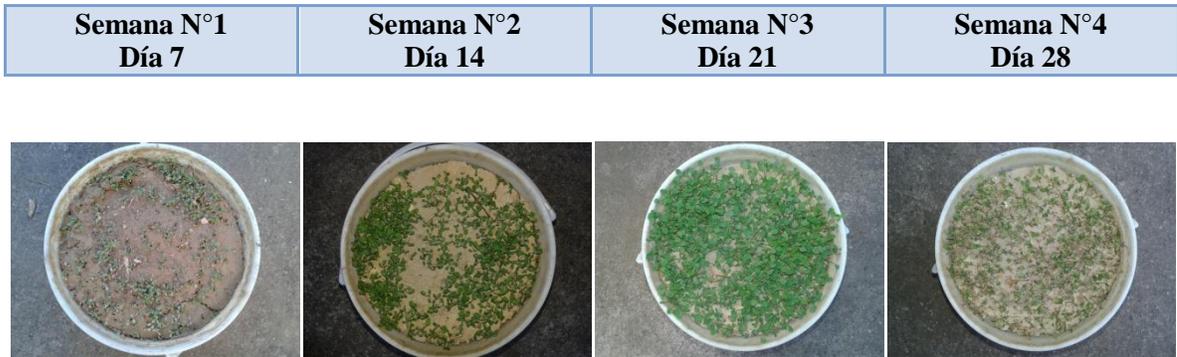


Figura C16. Evolución Lisímetro 16.
(Fuente Elaboración Propia).

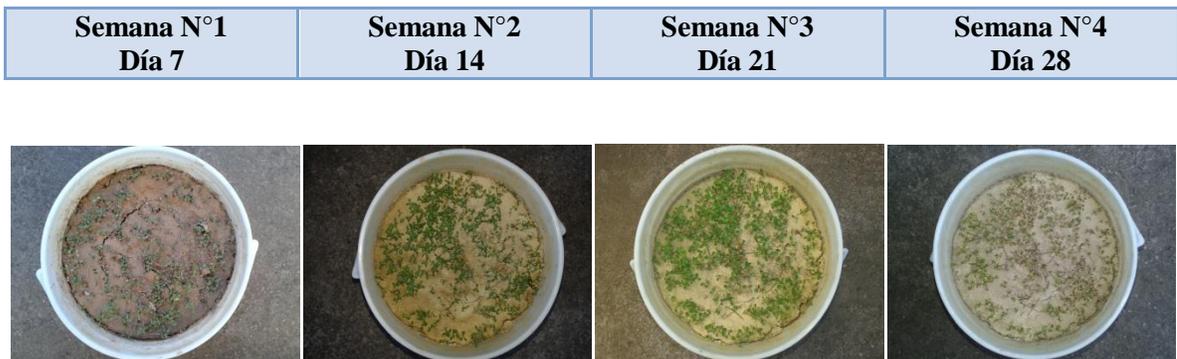


Figura C17. Evolución Lisímetro 17.
(Fuente Elaboración Propia).

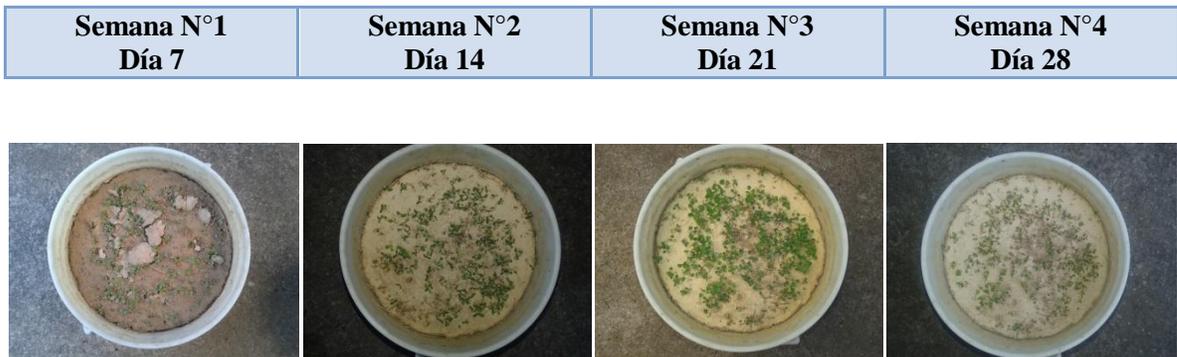


Figura C18. Evolución Lisímetro 18.
(Fuente Elaboración Propia).

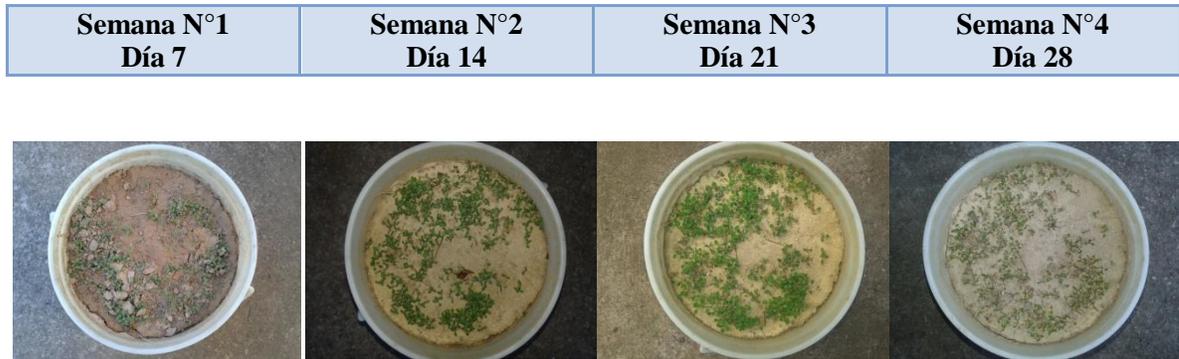


Figura C19. Evolución Lisímetro 19.
(Fuente Elaboración Propia).

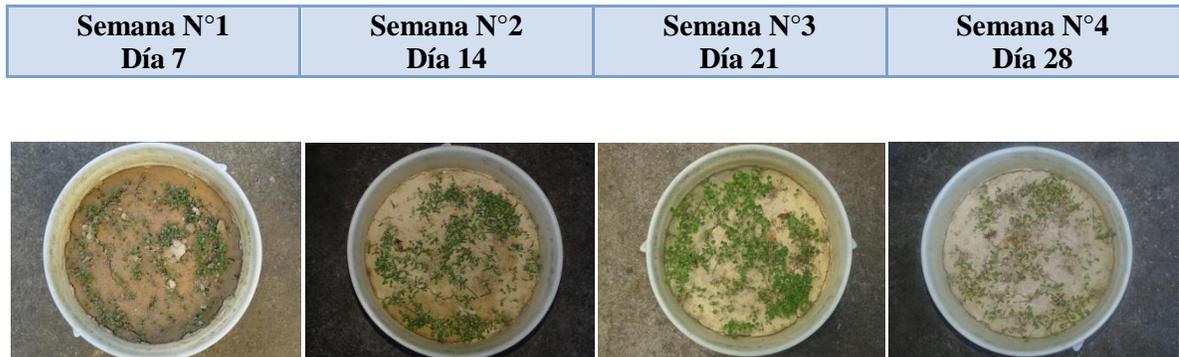


Figura C20. Evolución Lisímetro 20.
(Fuente Elaboración Propia).

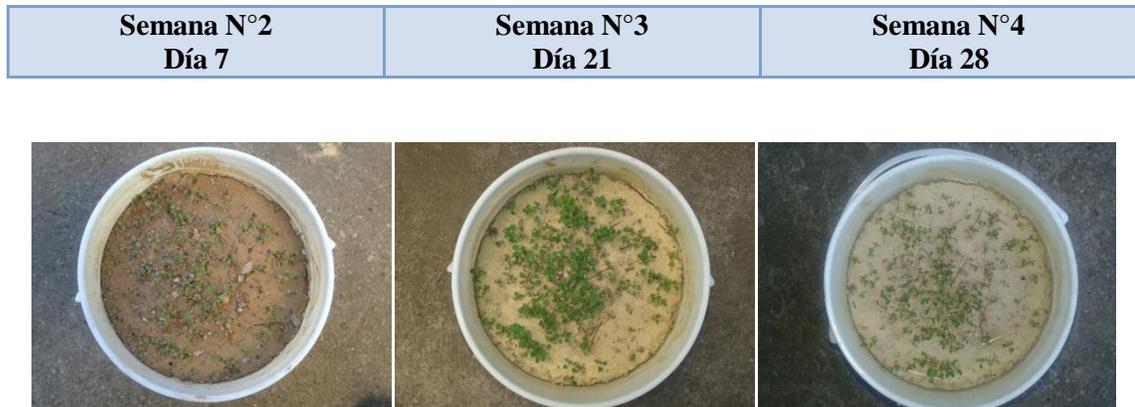


Figura C21. Evolución Lisímetro 21.
(Fuente Elaboración Propia).

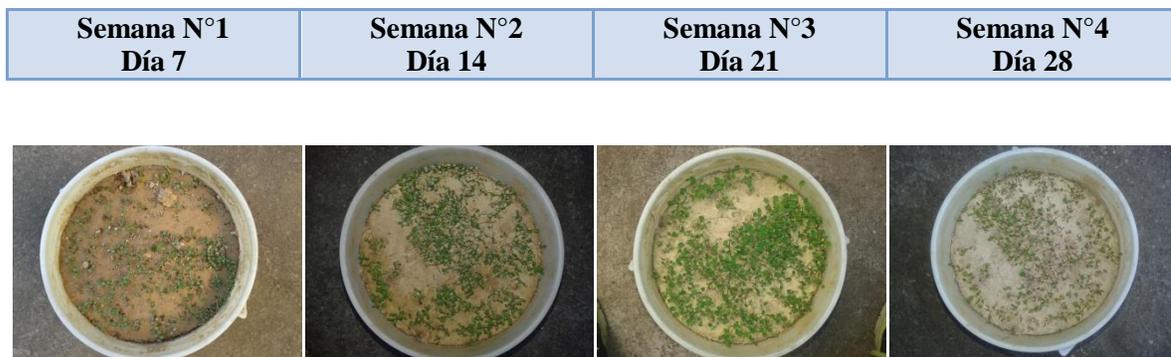


Figura C22. Evolución Lisímetro 22.
(Fuente Elaboración Propia).

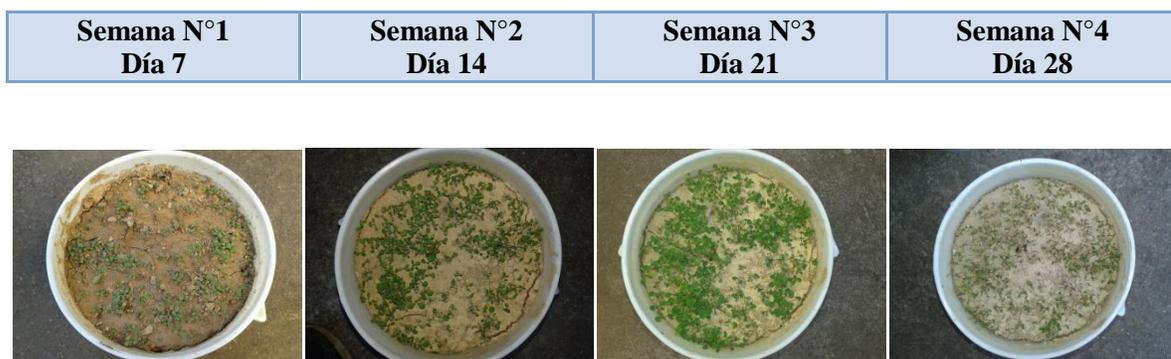


Figura C23. Evolución Lisímetro 23.
(Fuente Elaboración Propia).

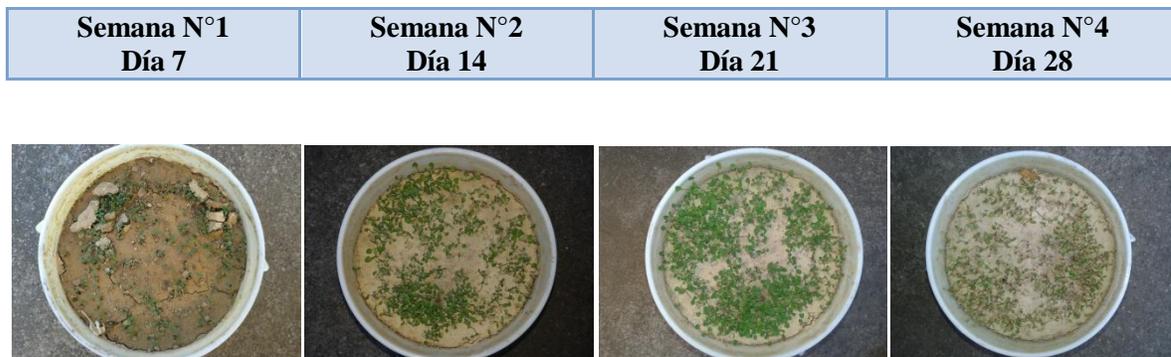


Figura C24. Evolución Lisímetro 24.
(Fuente Elaboración Propia).

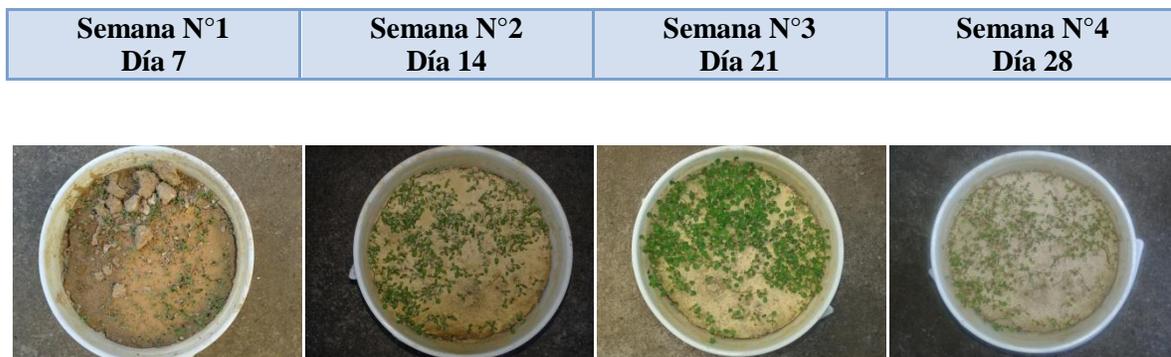


Figura C25. Evolución Lisímetro 25.
(Fuente Elaboración Propia).

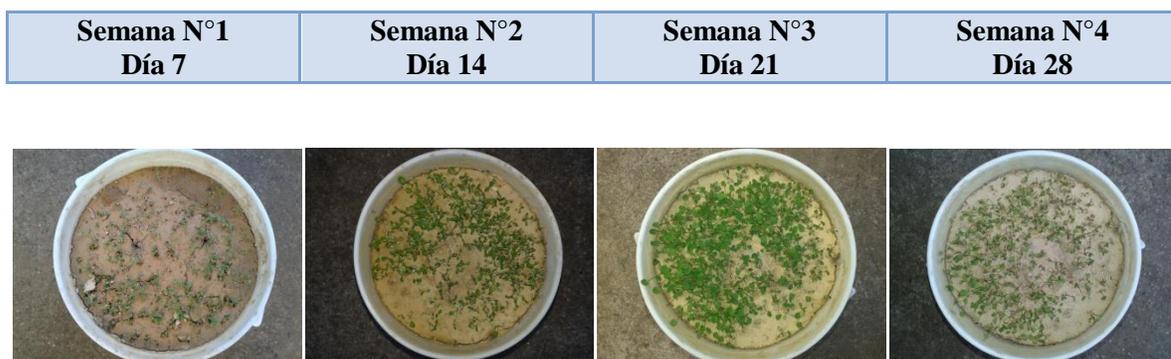


Figura C26. Evolución Lisímetro 26.
(Fuente Elaboración Propia).

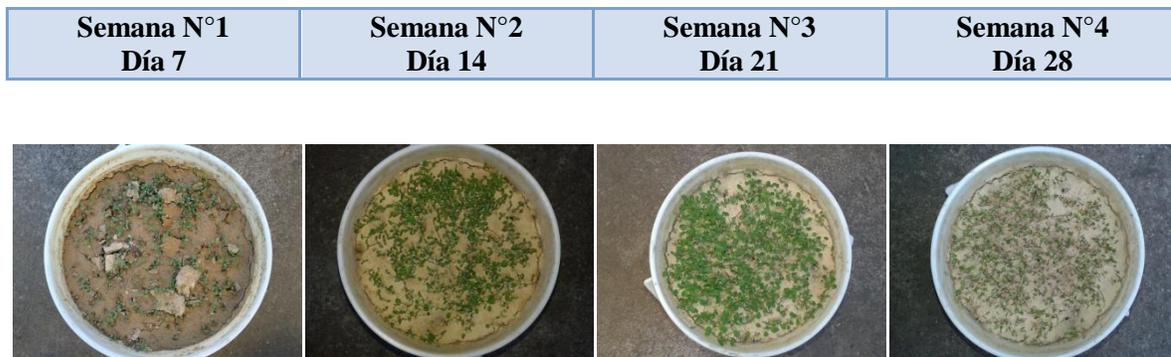


Figura C27. Evolución Lisímetro 27.
(Fuente Elaboración Propia).

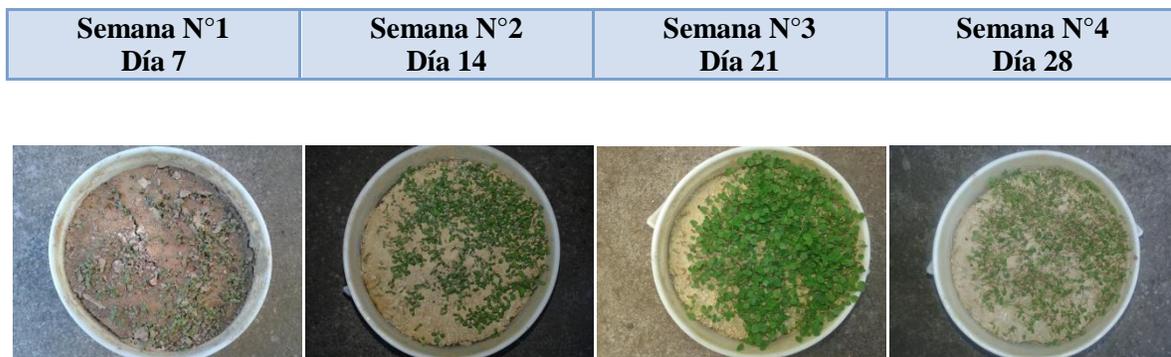


Figura C28. Evolución Lisímetro 28.
(Fuente Elaboración Propia).

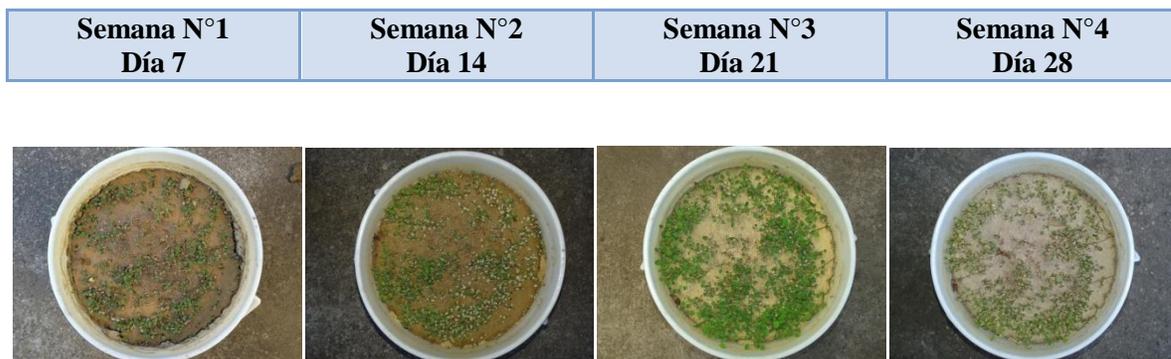


Figura C29. Evolución Lisímetro 29.
(Fuente Elaboración Propia).

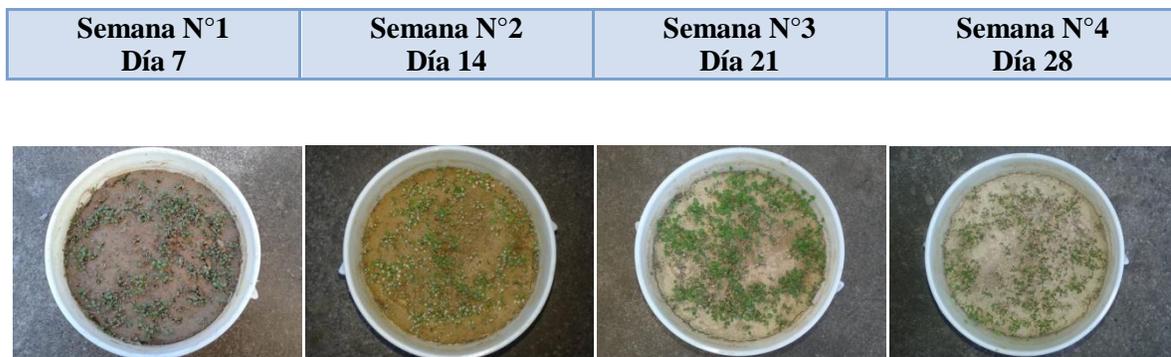


Figura C30. Evolución Lisímetro 30.
(Fuente Elaboración Propia).

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|



Figura C31. Evolución Lisímetro 31.
(Fuente Elaboración Propia).

| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|



Figura C32. Evolución Lisímetro 32.
(Fuente Elaboración Propia).

| Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|----------------------|----------------------|----------------------|
|----------------------|----------------------|----------------------|



Figura C33. Evolución Lisímetro 33.
(Fuente Elaboración Propia).

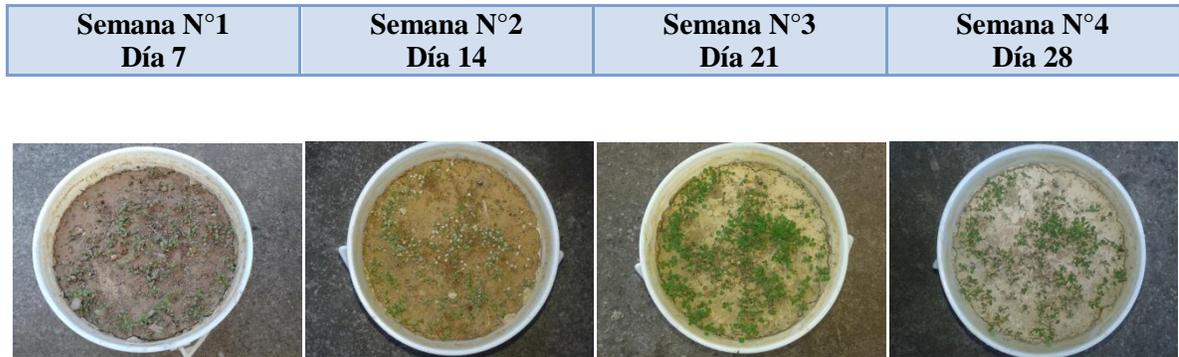


Figura C34. Evolución Lisímetro 34.
(Fuente Elaboración Propia).

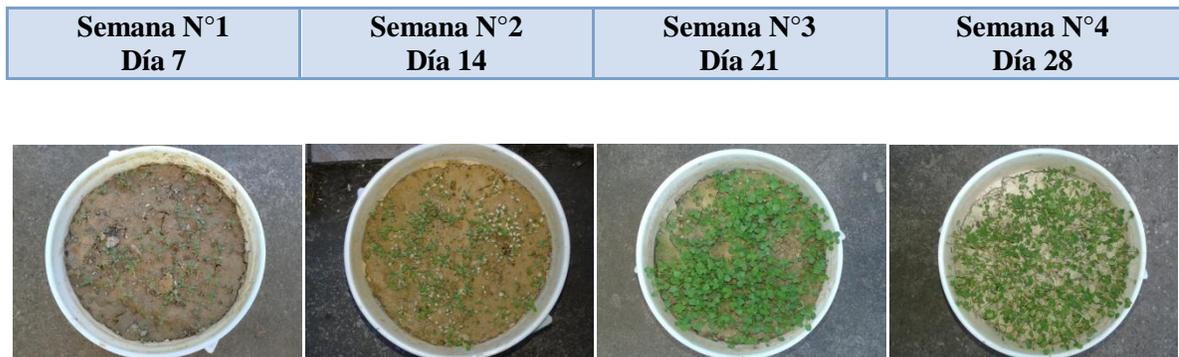


Figura C35. Evolución Lisímetro 35.
(Fuente Elaboración Propia).

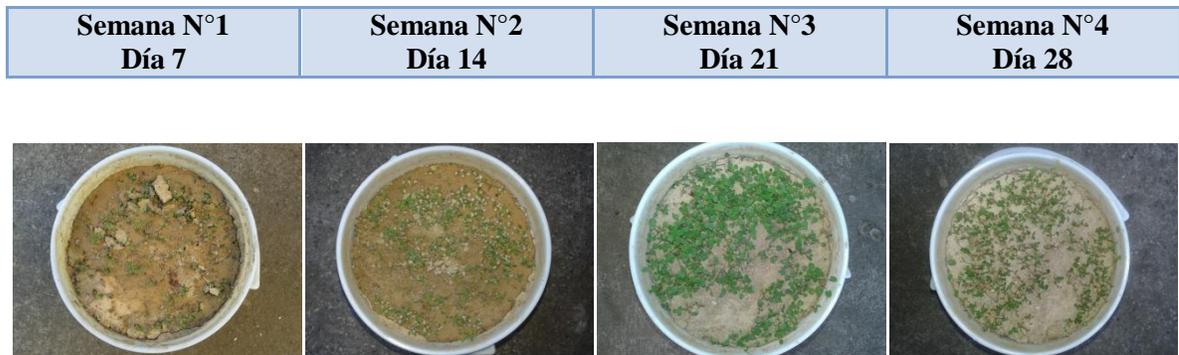


Figura C36. Evolución Lisímetro 36.
(Fuente Elaboración Propia).

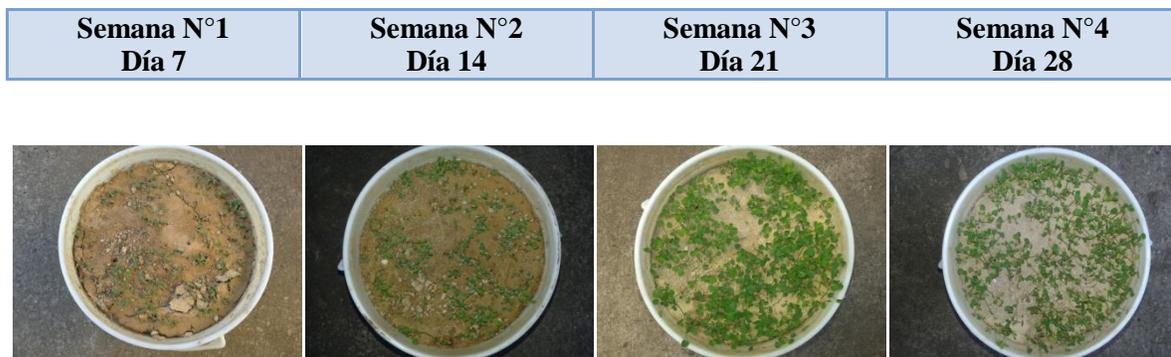


Figura C37. Evolución Lisímetro 37.
(Fuente Elaboración Propia).

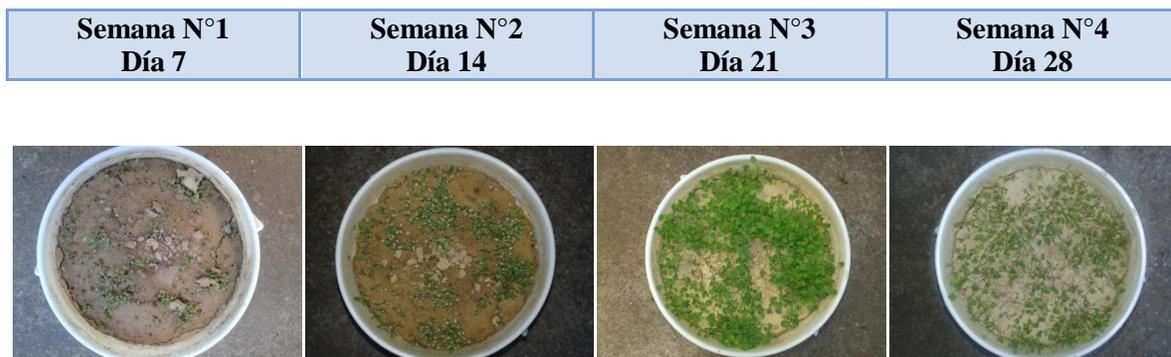


Figura C38. Evolución Lisímetro 38.
(Fuente Elaboración Propia).

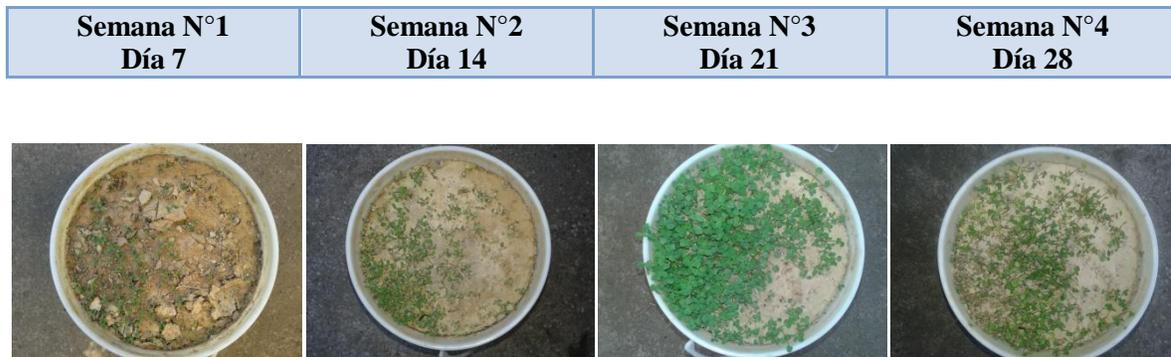


Figura C39. Evolución Lisímetro 39.
(Fuente Elaboración Propia).

| | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Semana N°2 Día 7 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|



**Figura C40. Evolución Lisímetro 40.
(Fuente Elaboración Propia).**

| | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|



**Figura C41. Evolución Lisímetro 41.
(Fuente Elaboración Propia).**

| | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Semana N°1 Día 7 | Semana N°2 Día 14 | Semana N°3 Día 21 | Semana N°4 Día 28 |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|



**Figura C42. Evolución Lisímetro 42.
(Fuente Elaboración Propia).**

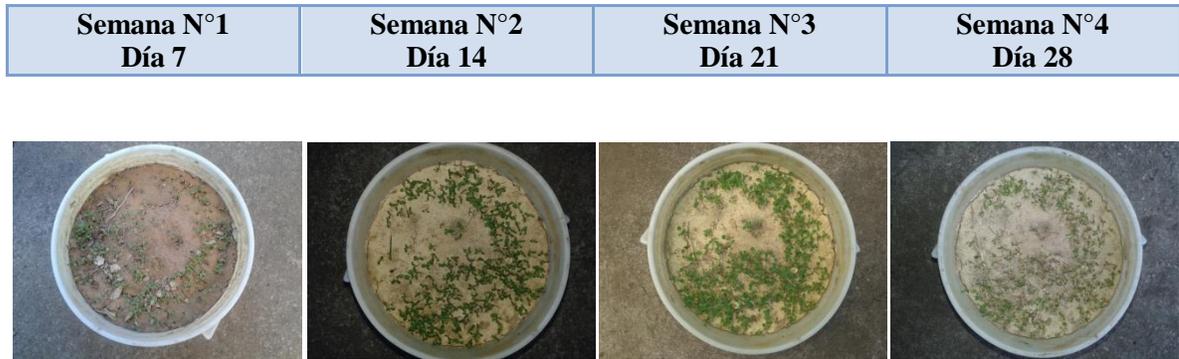


Figura C43. Evolución Lisímetro 43.
(Fuente Elaboración Propia).

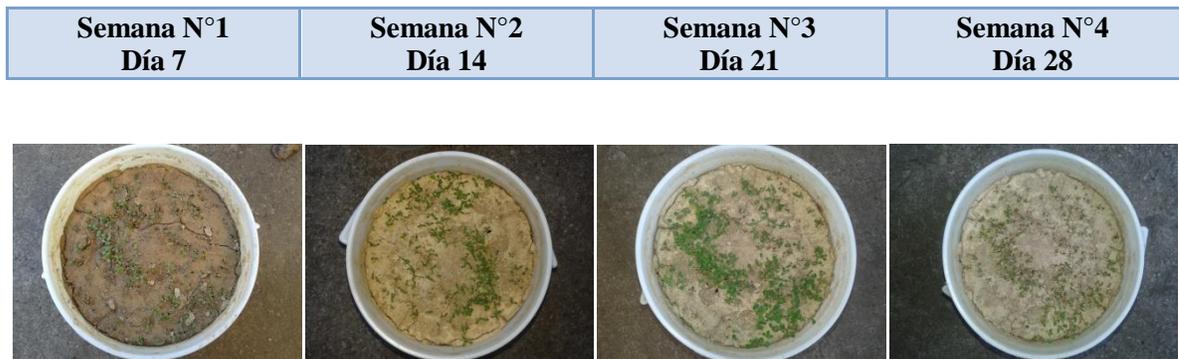


Figura C44. Evolución Lisímetro 44.
(Fuente Elaboración Propia).



Figura C45. Evolución Lisímetro 45.
(Fuente Elaboración Propia).

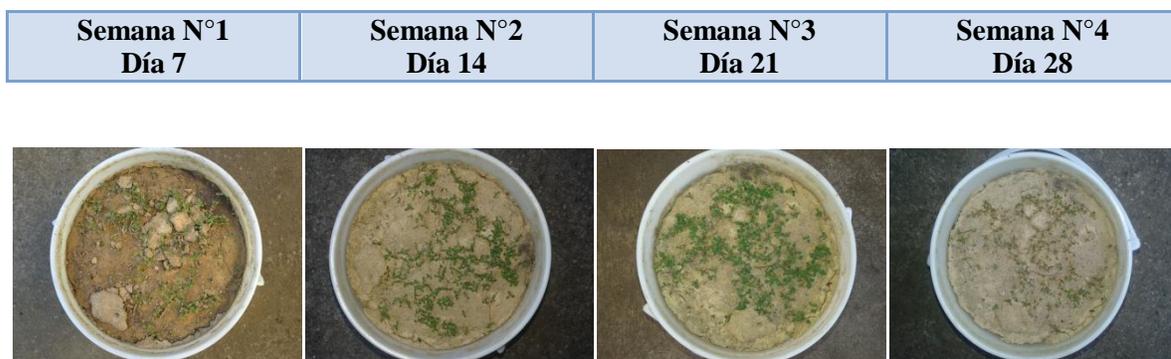


Figura C46. Evolución Lisímetro 46.
(Fuente Elaboración Propia).



Figura C47. Evolución Lisímetro 47.
(Fuente Elaboración Propia).

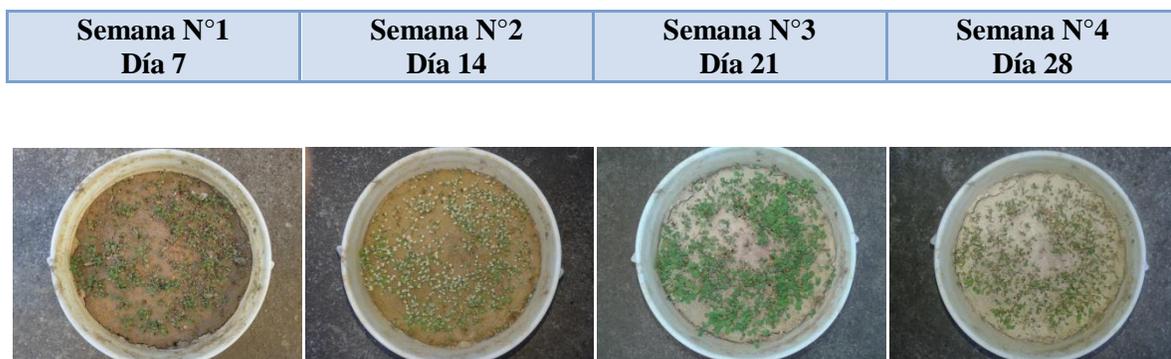


Figura C48. Evolución Lisímetro 48.
(Fuente Elaboración Propia).

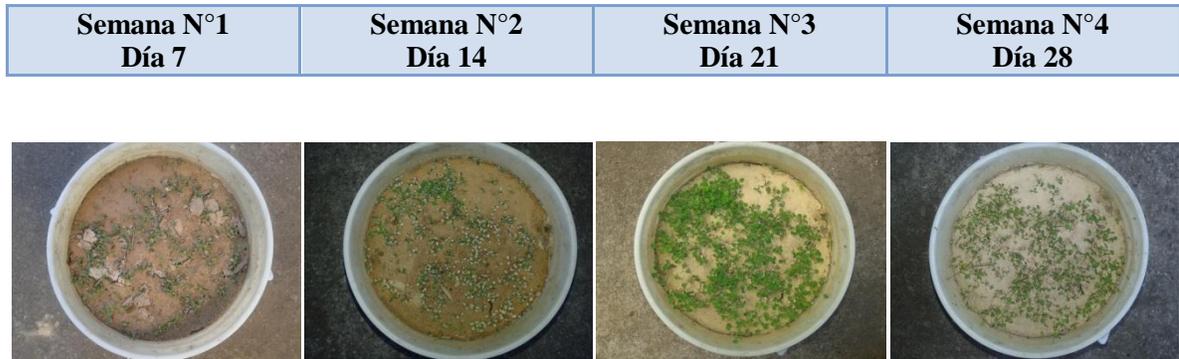


Figura C49. Evolución Lisímetro 49.
(Fuente Elaboración Propia).

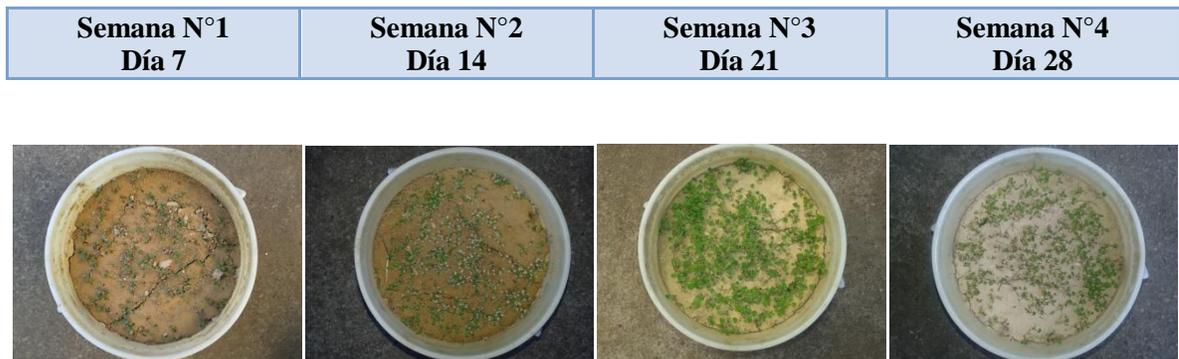


Figura C50. Evolución Lisímetro 50.
(Fuente Elaboración Propia).

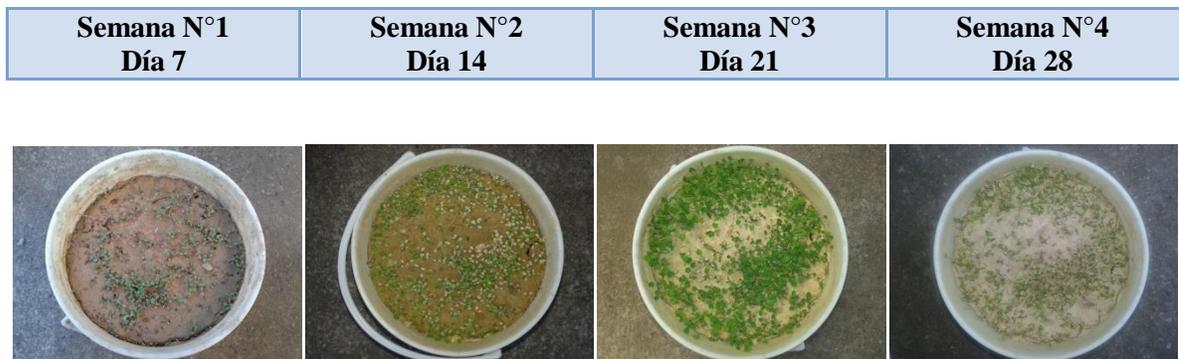


Figura C51. Evolución Lisímetro 51.
(Fuente Elaboración Propia).

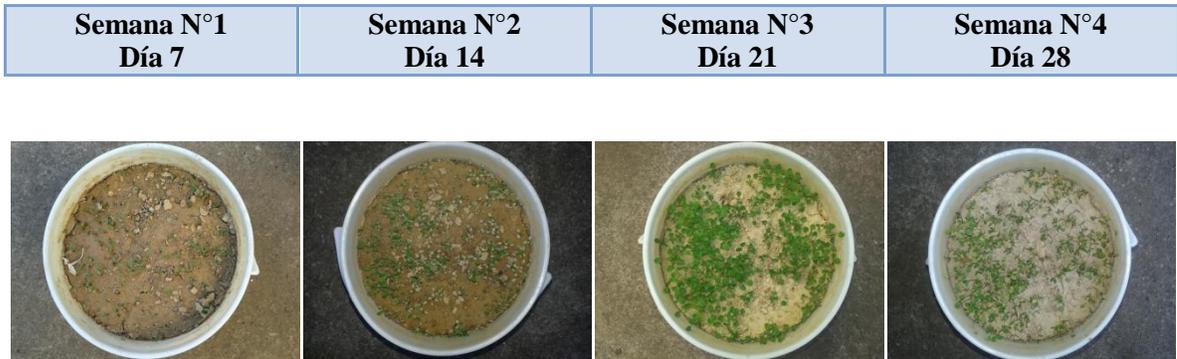


Figura C52. Evolución Lisímetro 52.
(Fuente Elaboración Propia).



Figura C53. Evolución Lisímetro 53.
(Fuente Elaboración Propia).



Figura C54. Evolución Lisímetro 54.
(Fuente Elaboración Propia).

C2 Porcentajes de cobertura.

Después de ser analizada cada fotografía se determinaron los porcentajes de cobertura los cuales se presentan a continuación.

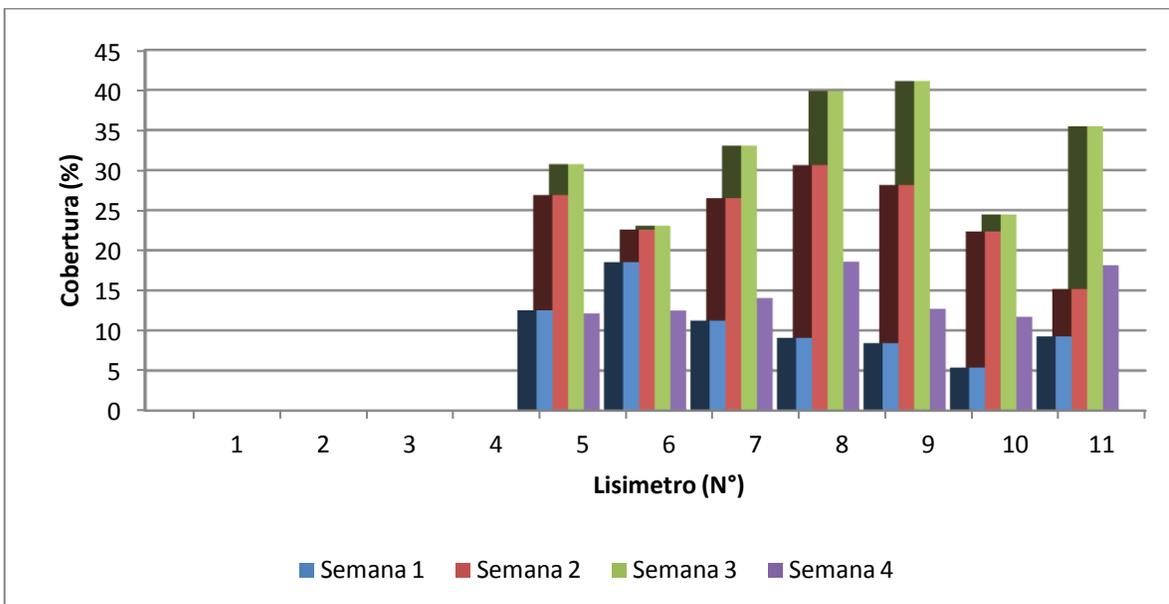


Figura C55. Porcentaje de coberturas semanales.
(Fuente Elaboración Propia).

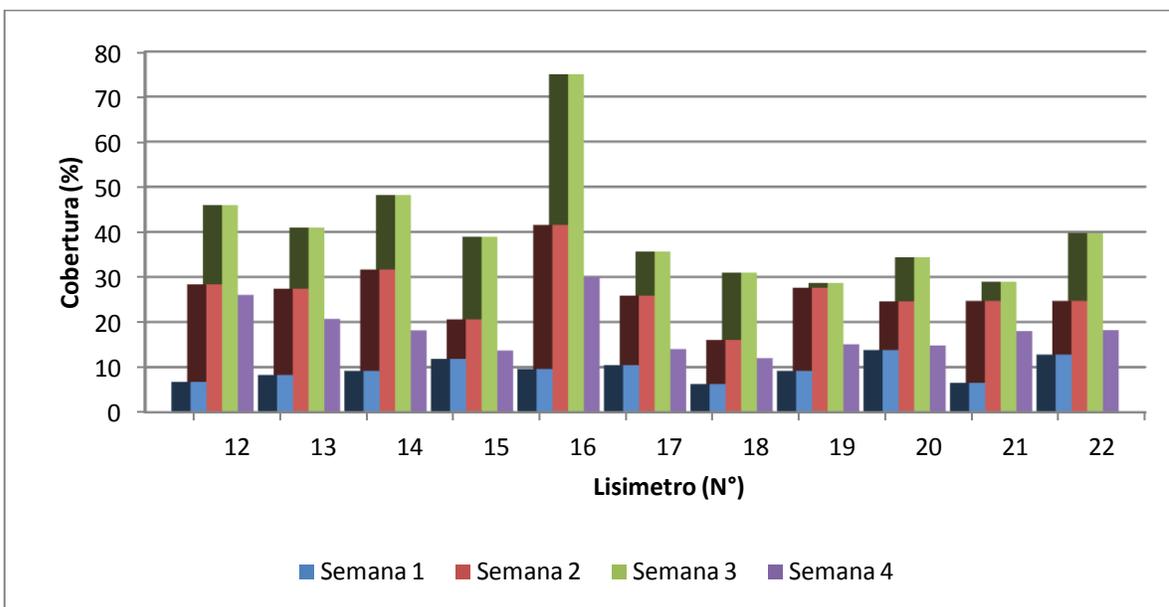


Figura C56. Porcentaje de coberturas semanales.
(Fuente Elaboración Propia).

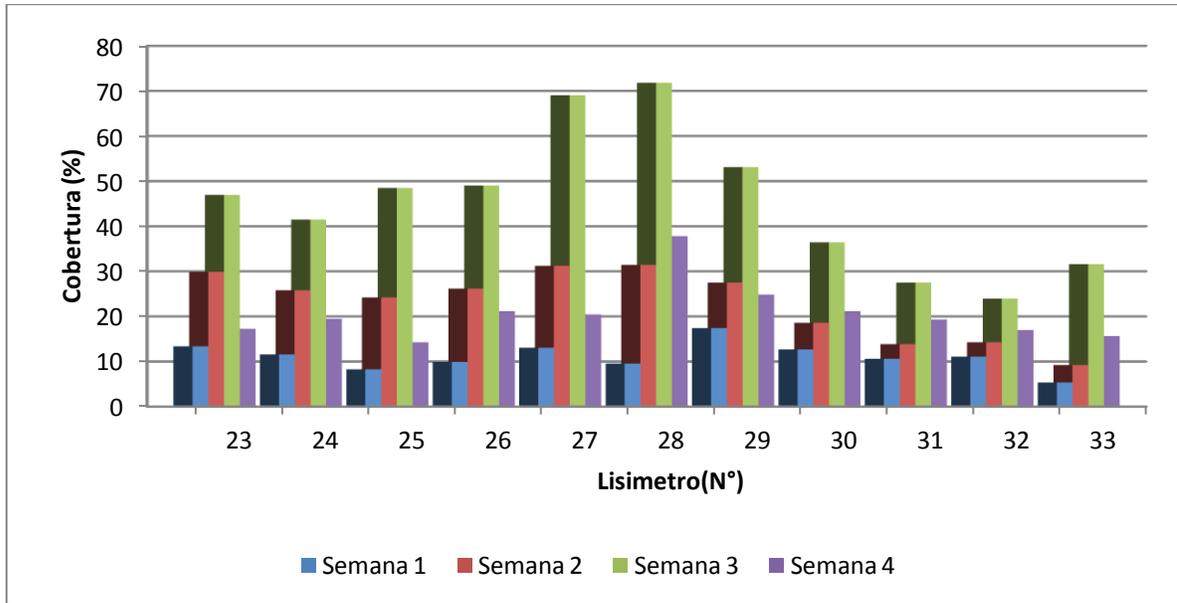


Figura C57. Porcentaje de coberturas semanales.
(Fuente Elaboración Propia).

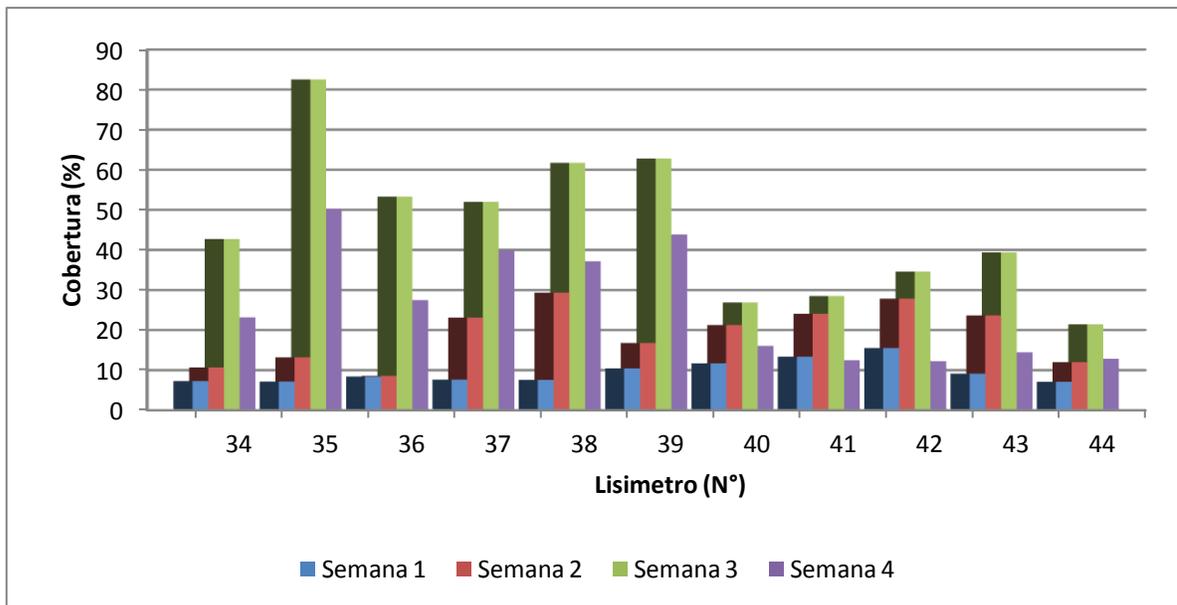


Figura C58. Porcentaje de coberturas semanales.
(Fuente Elaboración Propia).

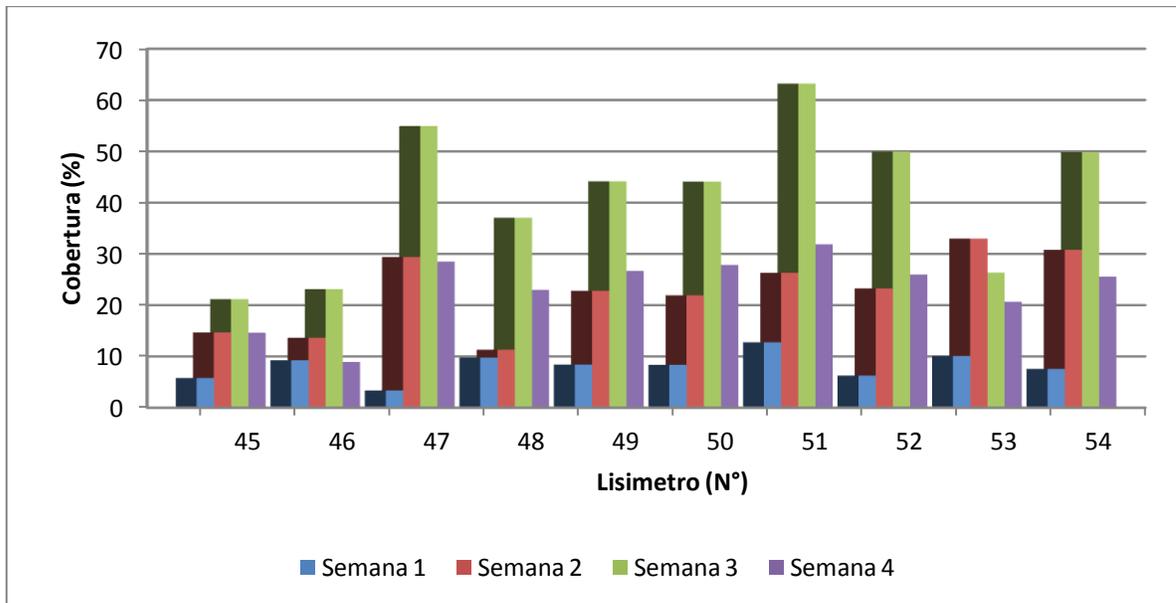


Figura C59. Porcentaje de coberturas semanales.
(Fuente Elaboración Propia).

ANEXO D ANALISIS ESTADISTICO.

Para los análisis de regresión lineal, correlación de Spearman y prueba de Wilcoxon se procedió a eliminar los primeros cuatro lisímetros que no presenta recubrimiento vegetal. Esto nos ayudara a ajustar más la curva, ya que estos lisímetros no fueron sembrados como los demás lo que nos daría una variación significativa en el ajuste de la curva. La tabla D1 nos muestra las variables que están involucradas en todos los análisis.

Tabla D1. Variables de la Experiencia.
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Lisímetro | Dosificación (ton/ha) | Max Cubierta Vegetal (%) | Max Crecimiento Planta (mm) | Humedad Promedio (%) | Volumen Total (ml) |
|-------------------------|----------------------------------|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 0 | 0.00 | 0.0 | 7.7 | 15.9 |
| 2 | 5 | 0.00 | 0.0 | 15.5 | 52.3 |
| 3 | 15 | 0.00 | 0.0 | 5.5 | 0.9 |
| 4 | 50 | 0.00 | 0.0 | 4.2 | 0.2 |
| 5 | 0 | 30.70 | 16.6 | 15.7 | 44.5 |
| 6 | 0 | 23.00 | 17.6 | 14.2 | 42.8 |
| 7 | 0 | 33.05 | 13.0 | 15.4 | 44.4 |
| 8 | 0 | 39.84 | 21.6 | 15.2 | 43.0 |
| 9 | 0 | 41.11 | 17.6 | 14.8 | 43.9 |
| 10 | 5 | 24.46 | 14.4 | 14.7 | 45.1 |
| 11 | 15 | 35.45 | 21.6 | 15.2 | 47.1 |
| 12 | 15 | 45.96 | 24.6 | 15.2 | 46.5 |
| 13 | 15 | 40.95 | 22.4 | 16.4 | 45.2 |
| 14 | 15 | 48.15 | 26.2 | 15.4 | 51.0 |
| 15 | 15 | 38.91 | 20.0 | 14.8 | 47.8 |
| 16 | 50 | 74.93 | 26.2 | 14.4 | 50.4 |
| 17 | 0 | 35.64 | 23.0 | 15.8 | 49.9 |
| 18 | 0 | 30.97 | 18.2 | 16.3 | 49.7 |
| 19 | 0 | 28.67 | 18.6 | 16.6 | 47.0 |
| 20 | 0 | 34.38 | 23.6 | 16.8 | 48.9 |
| 21 | 0 | 28.93 | 22.0 | 16.1 | 47.7 |
| 22 | 5 | 39.70 | 24.6 | 15.9 | 50.4 |
| 23 | 15 | 46.94 | 22.2 | 15.4 | 51.1 |
| 24 | 15 | 41.47 | 22.8 | 15.2 | 54.1 |
| 25 | 15 | 48.51 | 28.6 | 15.7 | 53.9 |
| 26 | 15 | 49.02 | 25.6 | 15.5 | 54.6 |
| 27 | 15 | 69.03 | 23.4 | 15.6 | 52.7 |
| 28 | 50 | 71.79 | 38.2 | 15.1 | 50.8 |

Tabla D1. Variables de la Experiencia (Continuación).
(Fuente Elaboración Propia).

| N° Lisímetro | Dosificación (ton/ha) | Max Cubierta Vegetal (%) | Max Crecimiento Planta (mm) | Humedad Promedio (%) | Volumen Total (ml) |
|-------------------------|----------------------------------|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 29 | 0 | 53.10 | 21.4 | 17.9 | 57.0 |
| 30 | 0 | 36.42 | 21.6 | 17.6 | 57.0 |
| 31 | 0 | 27.48 | 17.0 | 17.0 | 56.3 |
| 32 | 0 | 23.95 | 19.4 | 18.0 | 57.4 |
| 33 | 0 | 31.60 | 18.2 | 17.9 | 60.1 |
| 34 | 5 | 42.70 | 18.8 | 17.8 | 60.0 |
| 35 | 15 | 82.52 | 39.6 | 18.7 | 74.0 |
| 36 | 15 | 53.27 | 23.0 | 17.5 | 58.4 |
| 37 | 15 | 52.00 | 35.6 | 18.2 | 62.9 |
| 38 | 15 | 61.71 | 30.2 | 18.0 | 56.3 |
| 39 | 50 | 62.77 | 36.8 | 18.1 | 62.4 |
| 40 | 0 | 26.85 | 16.4 | 15.0 | 37.3 |
| 41 | 0 | 28.51 | 19.6 | 14.8 | 42.8 |
| 42 | 0 | 34.57 | 17.2 | 13.5 | 39.9 |
| 43 | 5 | 39.36 | 18.8 | 14.8 | 39.9 |
| 44 | 15 | 21.42 | 19.4 | 14.9 | 43.2 |
| 45 | 15 | 21.18 | 21.8 | 14.6 | 42.3 |
| 46 | 15 | 23.12 | 13.75 | 13.2 | 40.0 |
| 47 | 50 | 54.92 | 39.6 | 17.7 | 52.3 |
| 48 | 0 | 37.04 | 24.2 | 17.2 | 54.8 |
| 49 | 0 | 44.14 | 24.4 | 18.5 | 53.0 |
| 50 | 0 | 44.09 | 24.4 | 18.6 | 48.9 |
| 51 | 5 | 63.20 | 29.2 | 17.5 | 49.6 |
| 52 | 15 | 49.93 | 31.0 | 17.7 | 50.4 |
| 53 | 15 | 32.97 | 29.0 | 15.7 | 52.7 |
| 54 | 50 | 49.84 | 31.2 | 15.6 | 52.9 |

D1 Regresión Lineal.

El análisis de regresión lineal se realizó a través de gráficos en Excel, obteniendo correlaciones aceptables, la que da indicios para alguna toma de decisiones. Solo se obtuvieron tendencias y en algunos casos se hizo necesario identificar los lisímetros con sus respectivas dosificaciones de biosólidos.

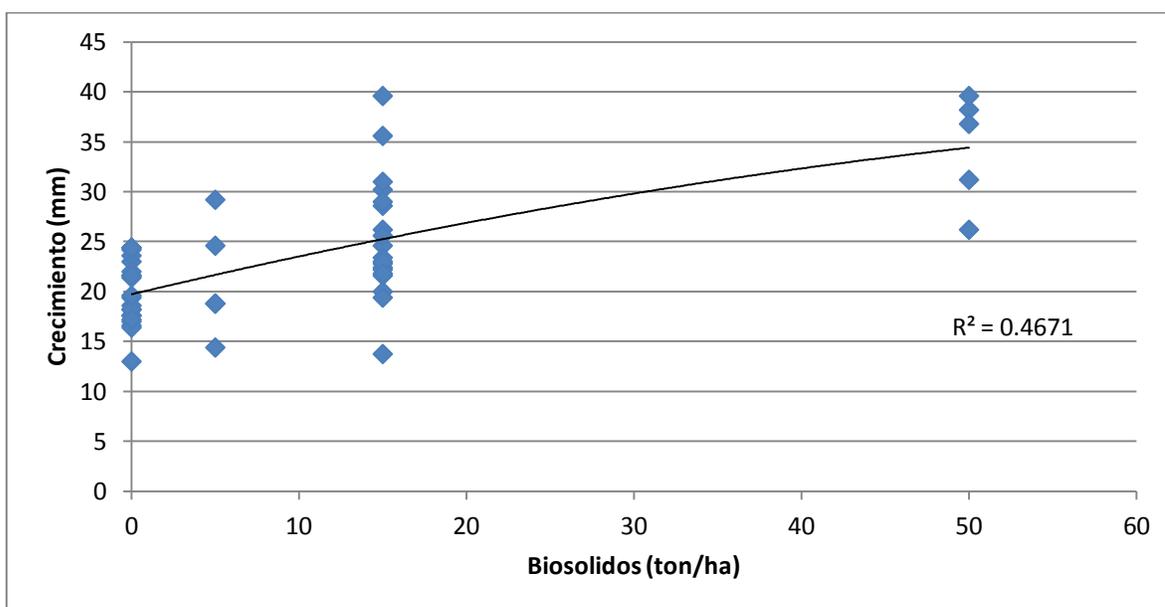


Figura D1. Crecimiento v/s Biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).

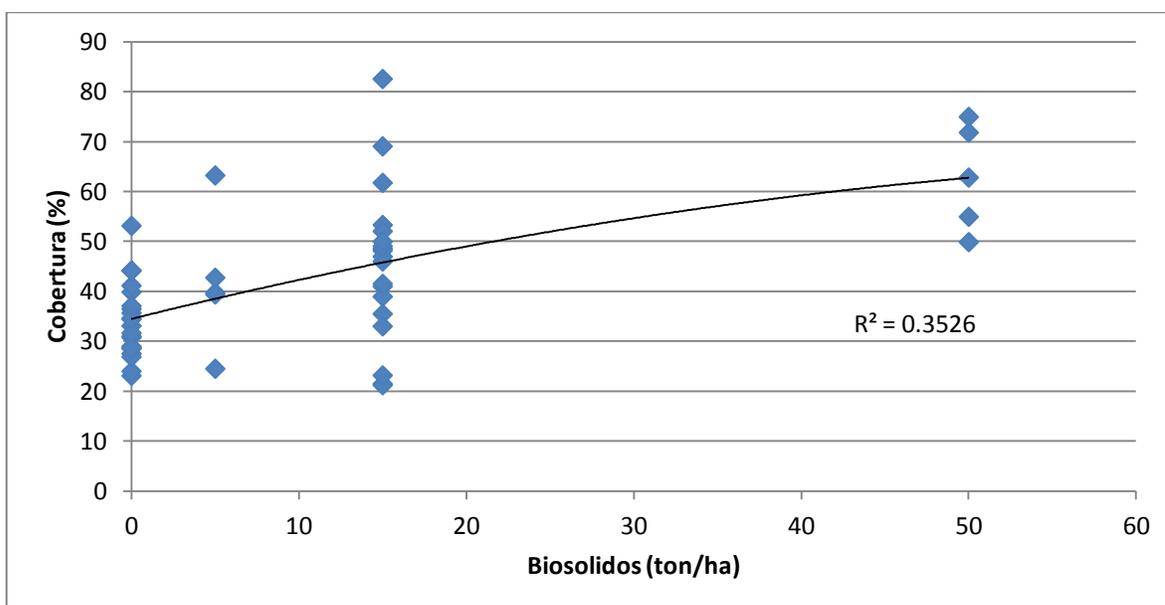


Figura D2. Cobertura v/s Biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).

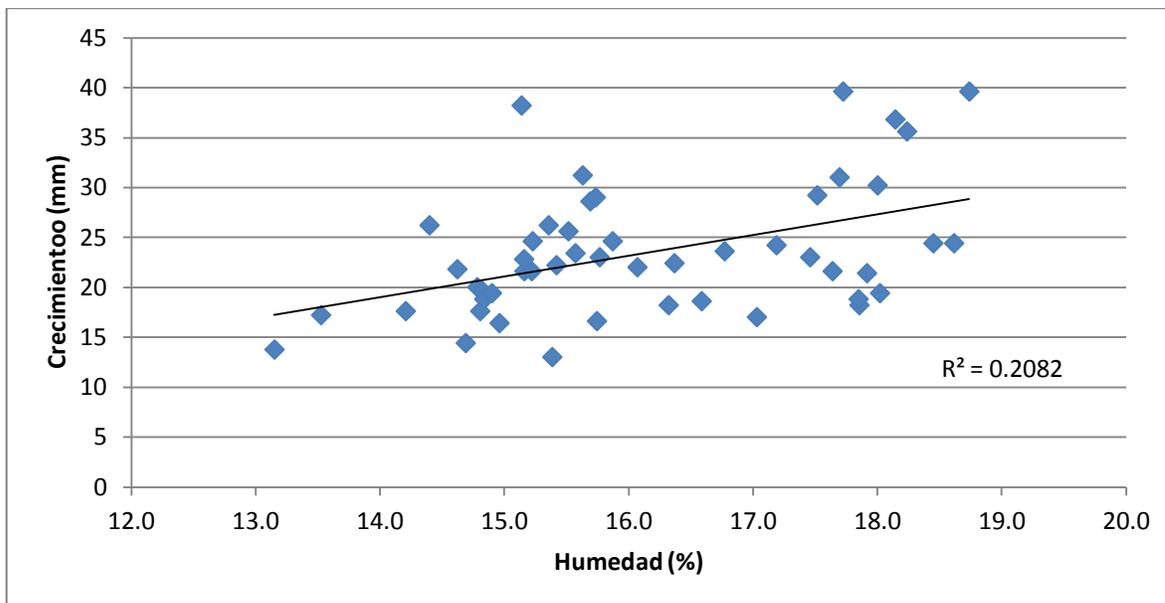


Figura D3. Crecimiento v/s Humedad.
(Fuente Elaboración Propia).

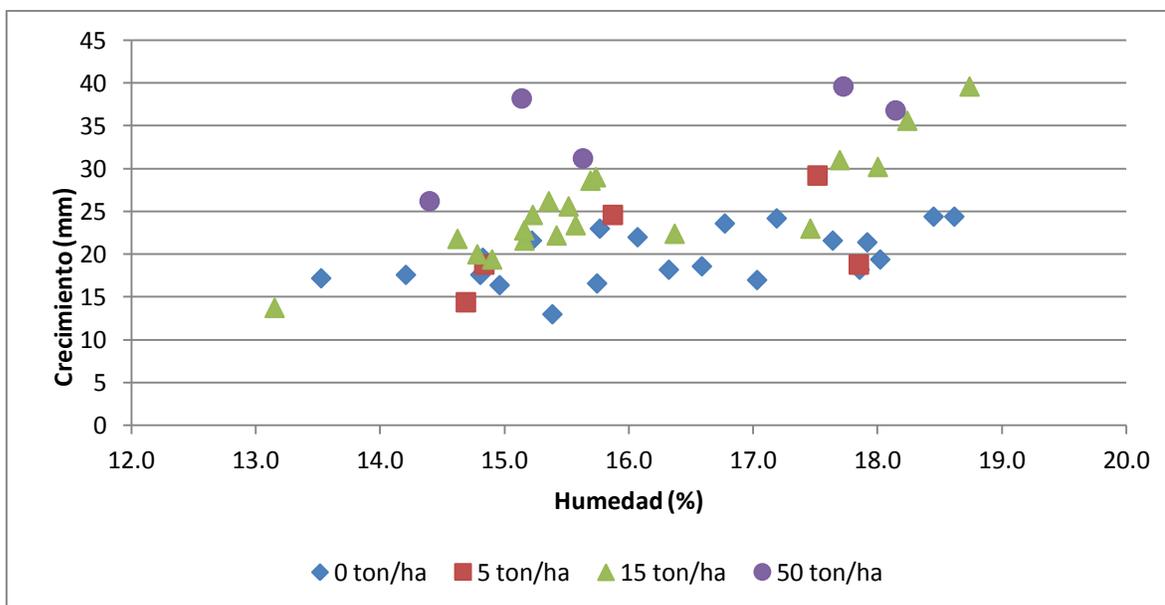


Figura D4. Crecimiento v/s Humedad con sus respectivas dosificaciones de biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).

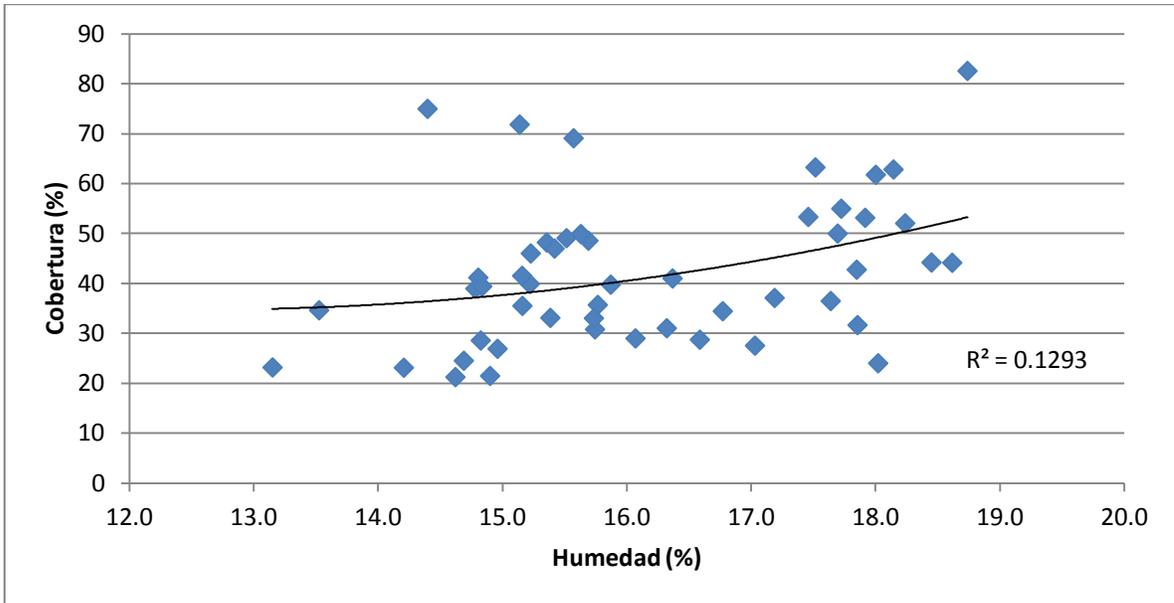


Figura D5. Cobertura v/s Humedad.
(Fuente Elaboración Propia).

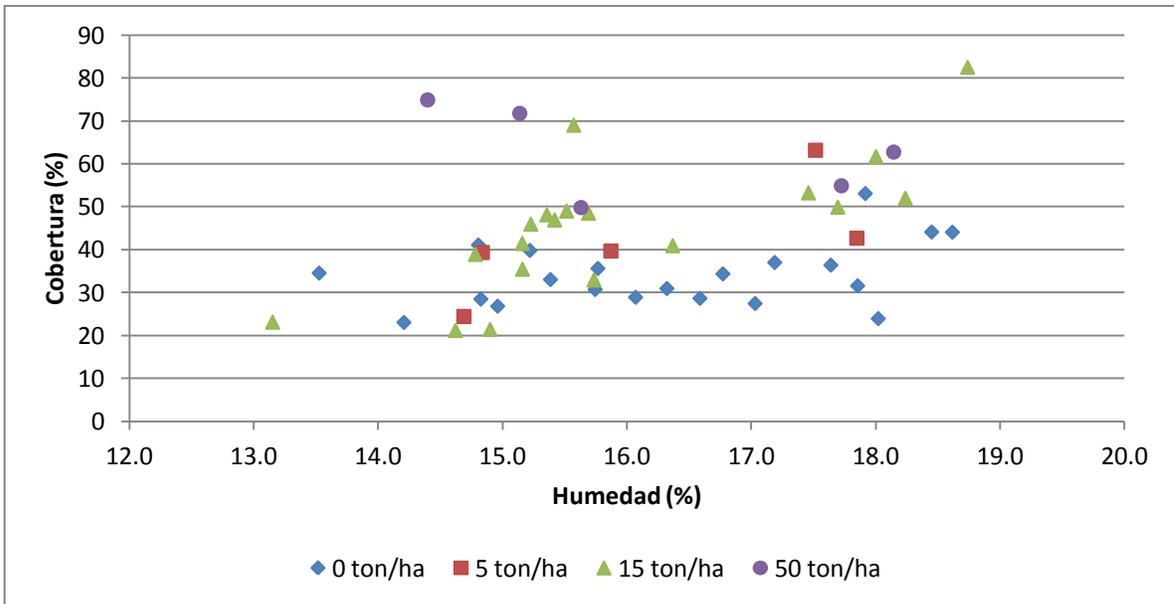
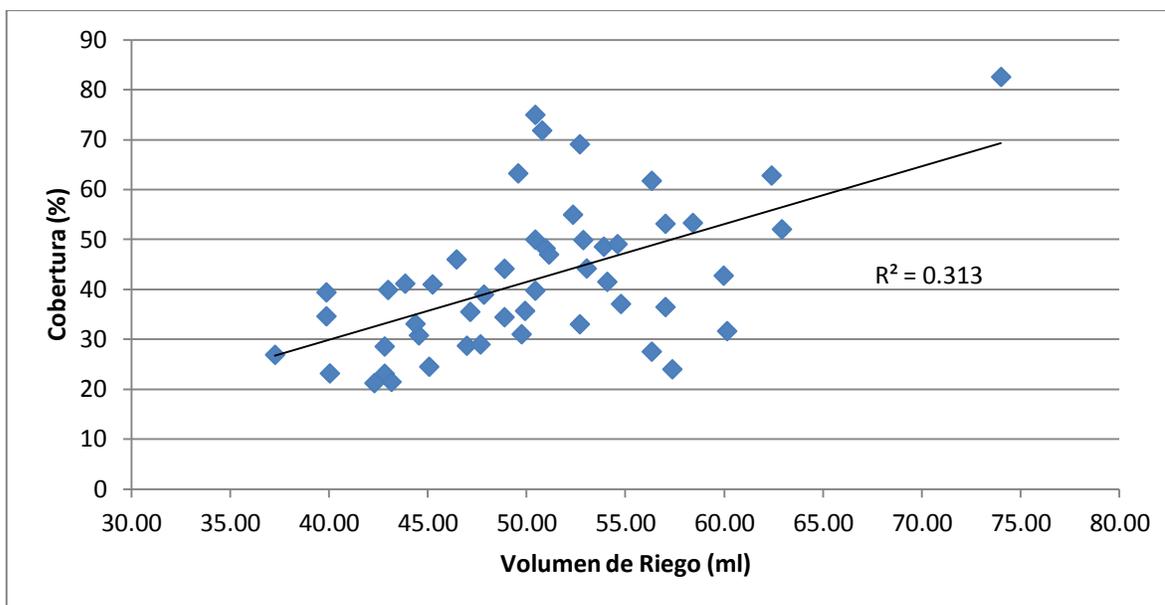
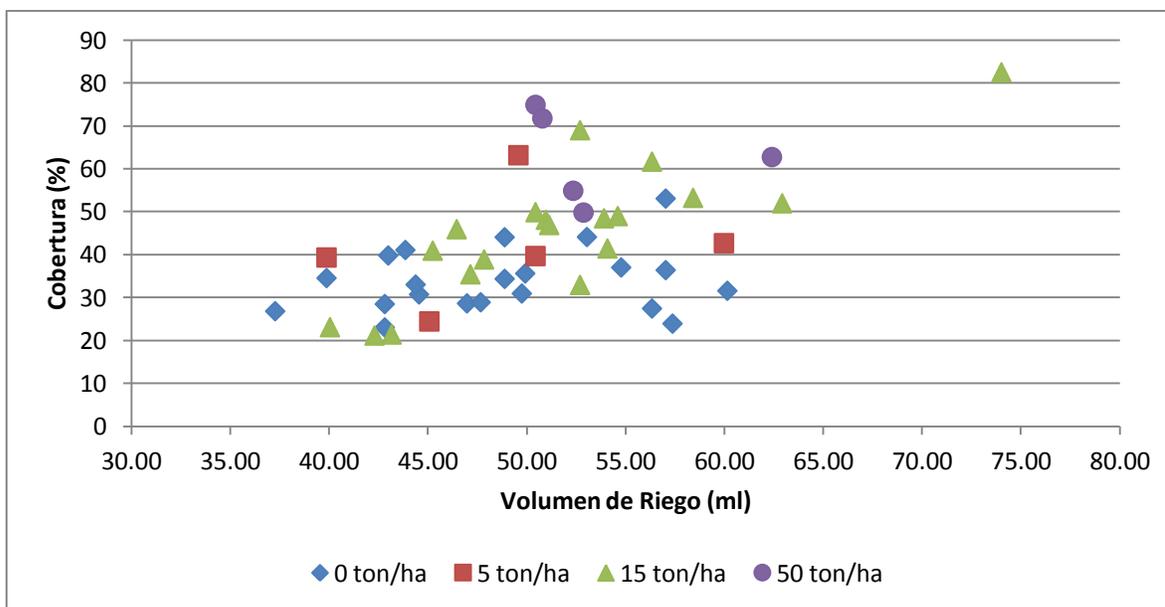


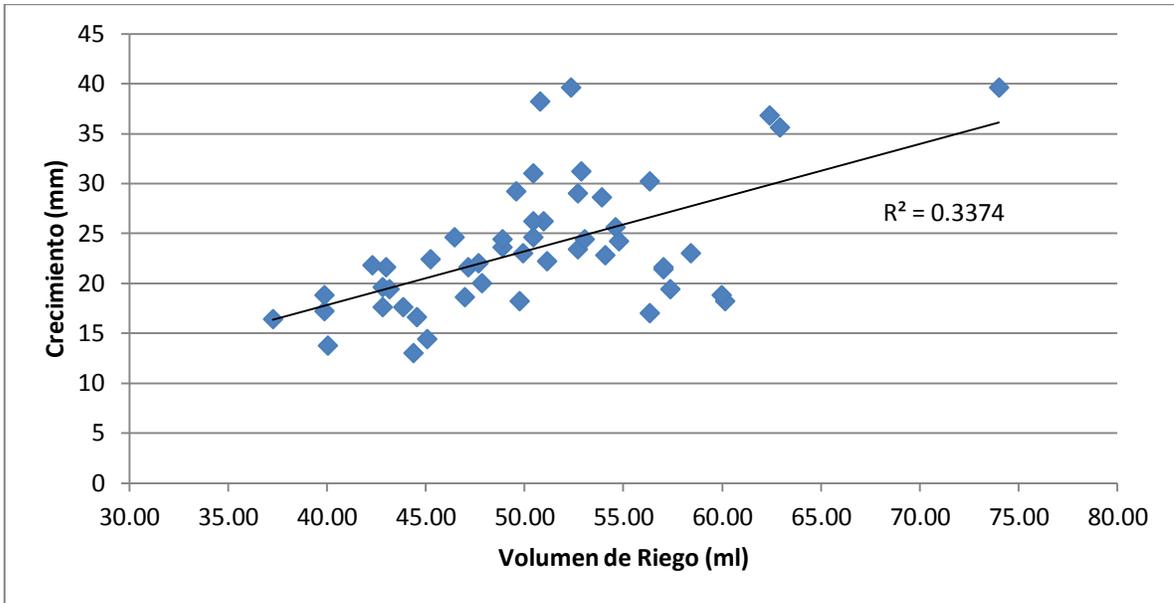
Figura D6. Cobertura v/s Humedad con sus respectivas dosificaciones de biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).



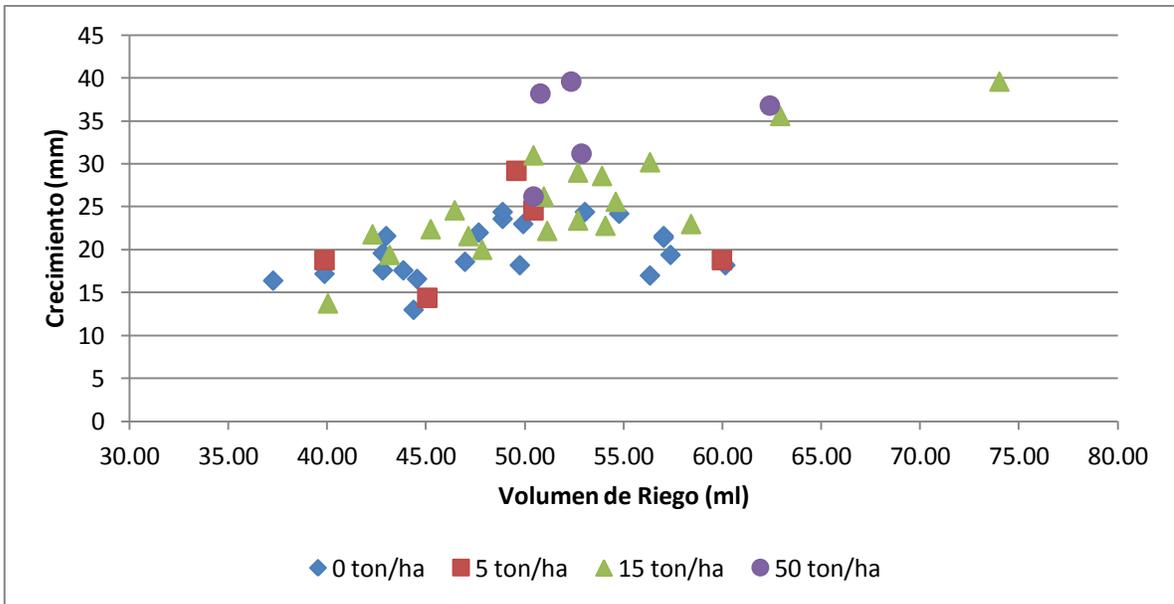
**Figura D7. Cobertura v/s Volumen de riego.
(Fuente Elaboración Propia).**



**Figura D8. Cobertura v/s Volumen de Riego con sus respectivas dosificaciones de biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).**



**Figura D9. Crecimiento v/s Volumen de riego.
(Fuente Elaboración Propia).**



**Figura D10. Crecimiento v/s Volumen de Riego con sus respectivas dosificaciones de biosólidos.
(Fuente Elaboración Propia).**

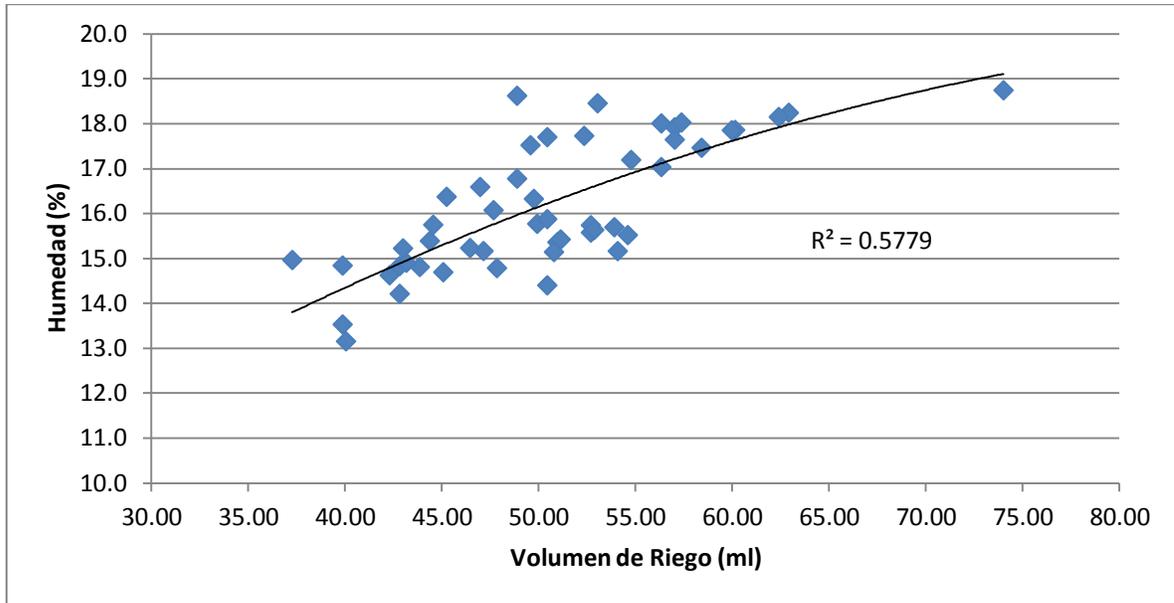


Figura D11. Humedad v/s Volumen de riego.
(Fuente Elaboración Propia).

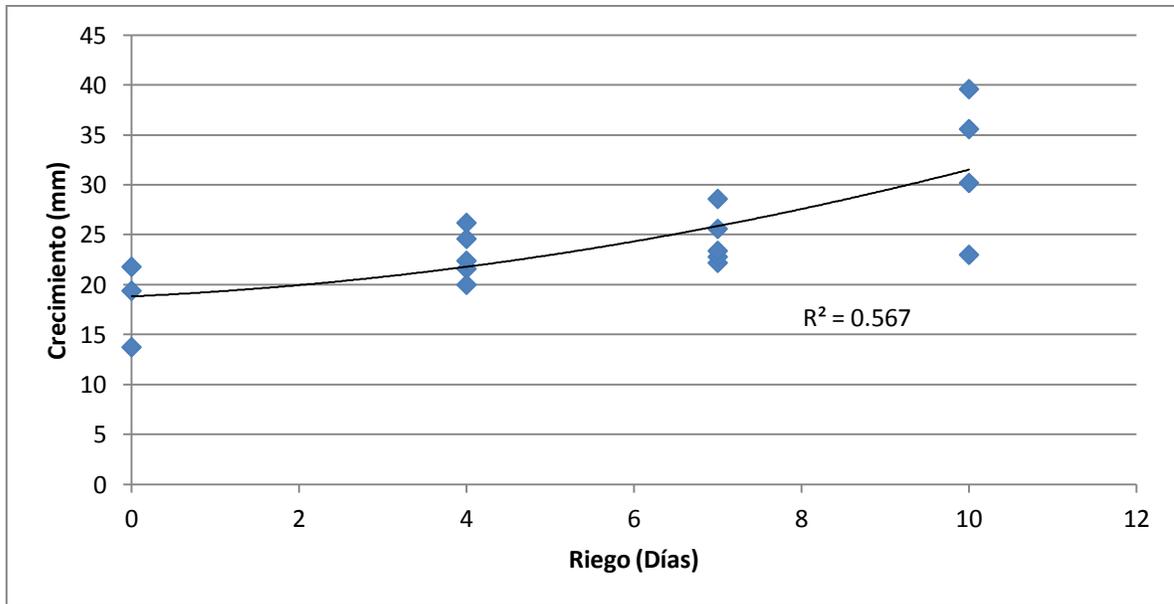


Figura D12. Crecimiento v/s Día de Riego para lisímetros con 15 (ton/ha).
(Fuente Elaboración Propia).

D2 Correlación de Spearman.

A continuación se muestra los resultados obtenidos a través de la correlación de Spearman, siendo objetivo de análisis los datos de la tabla D8.

Coeficientes de correlación

Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades

| | Dosificacion (ton/ha) | Cubierta Vegetal (%) | Crecimiento Vegetal (mm) | Humedad (%) | Volumen de Riego (ml) |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| Dosificacion (ton/ha) | 1.00 | 9.7E-04 | 1.2E-04 | 0.33 | 0.24 |
| Cubierta Vegetal (%) | 0.44 | 1.00 | 0.00 | 3.0E-04 | 4.6E-06 |
| Crecimiento Vegetal (mm) | 0.50 | 0.82 | 1.00 | 7.5E-05 | 9.4E-06 |
| Humedad (%) | -0.14 | 0.47 | 0.51 | 1.00 | 3.2E-12 |
| Volumen de Riego (ml) | 0.16 | 0.58 | 0.56 | 0.78 | 1.00 |

Figura D13. Correlación de Spearman.
(Fuente Elaboración Propia).

D3 Prueba no paramétrica de Wilcoxon.

El método de Wilcoxon fue utilizado para visualizar el aporte de la humedad para diferentes lisímetros, este método compara dos muestras asociadas, en esto caso las humedades de dos lisímetros que tienen la misma tasa y frecuencia de riego, pero con 0 y 15 (ton/ha) de biosólidos.

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por Bootstrap

| Obs(1) | Obs(2) | N | Var(R+) | media(dif) | DE(dif) | Bt | p(2 colas) |
|-------------|--------------|----|---------|------------|---------|----|------------|
| Lisimetro 7 | Lisimetro 13 | 29 | 2136.25 | -0.99 | 0.57 | | <0.0001 |

Figura D14. Comparación lisímetros 7 y 13.
(Fuente Elaboración Propia).

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por Bootstrap

| Obs(1) | Obs(2) | N | Var(R+) | media(dif) | DE(dif) | Bt | p(2 colas) |
|--------------|--------------|----|---------|------------|---------|----|------------|
| Lisimetro 17 | Lisimetro 25 | 29 | 2130.63 | 0.09 | 0.50 | | 0.3696 |

Figura D15. Comparación lisímetros 17 y 25.
(Fuente Elaboración Propia).

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por Bootstrap

| Obs(1) | Obs(2) | N | Var(R+) | media(dif) | DE(dif) | Bt | p(2 colas) |
|--------------|--------------|----|---------|------------|---------|----|------------|
| Lisimetro 30 | Lisimetro 36 | 29 | 2130.88 | 0.19 | 0.36 | | 0.0972 |

Figura D16. Comparación lisímetros 30 y 36.
(Fuente Elaboración Propia).

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por Bootstrap

| Obs(1) | Obs(2) | N | Var(R+) | media(dif) | DE(dif) | Bt | p(2 colas) |
|--------------|--------------|----|---------|------------|---------|----|------------|
| Lisimetro 44 | Lisimetro 41 | 29 | 2129.00 | 0.08 | 0.40 | | 0.4976 |

Figura D17. Comparación lisímetros 44 y 41.
(Fuente Elaboración Propia).