

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“ENMIENDAS RETENTIVAS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO
DE ACELGA (*Beta vulgaris* var. *cycla*) cv. Fordhook Giant”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

CINDY YOLANDA JOYA HANCCO

LIMA - PERÚ

2019

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis (Art. 24 –
Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“ENMIENDAS RETENTIVAS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE
ACELGA (*Beta vulgaris* L. var. *cycla*) cv. Fordhook Giant”**

Presentada por:

CINDY YOLANDA JOYA HANCCO

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Oscar Oswaldo Loli
Figueroa
PRESIDENTE

Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Melchor Jaulis Cancho
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2019

*“Cuando una persona desea
realmente algo, todo el universo
conspira para ayudar a esa
persona a realizar su sueño”*

Paulo Coelho

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a mi familia por el todo apoyo desde que elegí seguir una carrera profesional hasta la culminación y validación de esta con la obtención del título profesional. A mis padres Luis Joya Paredes y Yolanda Hanco Bazorla por apoyarme, darme fuerzas y por todo su cariño. A mis hermanos Daniel y Luis por su apoyo y todos los buenos momentos.

Agradezco a la empresa COMACSA por financiar este trabajo de investigación y en especial al Doc. Bruno Bertolotti Rivera por la confianza y el apoyo.

A mi asesor el profesor Andres Casas Diaz por ser guía en todo el proceso para la realización de este trabajo.

A mi co-asesor el profesor Felipe De Mendiburu Delgado por su disposición, guiarme y aconsejarme para la realización de este trabajo.

A la profesora Milagros Chang La Rosa por su disposición, apoyarme, guiarme y aconsejarme en la realización de este trabajo.

Al profesor Guillermo Aguirre Jato por su guía y apoyo en la realización de este trabajo.

A mi compañero de camino, por todo su cariño, apoyo, las palabras de aliento, la paciencia en momentos difíciles y demás situaciones que se suceden en el proceso de la realización de un trabajo de tesis.

A mis amigas por las palabras de aliento, los momentos de distracción, la paciencia en los momentos difíciles.

A Rosmery y Daniel compañeros del área I+D+i por todos los buenos momentos del compartir laboral, las palabras de aliento y el apoyo en el procesamiento final de este trabajo.

Gracias infinitas a todas las personas que apoyaron de una u otra forma en la realización de este trabajo.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2. Polímeros retentivos de humedad	3
2.1.1 Generalidades	3
2.1.2 Clasificación	4
2.1.3 Polímeros superabsorbentes (SAP)	5
2.1.4 Fabricación o elaboración	6
2.1.5 Características técnicas del hidrogel	7
2.1.6 Proceso de absorción del agua	7
2.1.7 Degradación	9
2.2 La acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant	10
2.2.1 Situación del cultivo.....	10
2.2.2 Taxonomía.....	11
2.2.3 Descripción botánica	11
2.2.4 Composición.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Ubicación experimental	13
3.2 Materiales.....	13
3.2.1 Material Biológico.....	13
3.2.2 Suelo.....	13
3.2.3 Agua	14
3.2.4 Enmiendas retentivas de humedad	15
3.2.5 Fertilizantes	16
3.2.6 Materiales y equipos de laboratorio	16
3.3 Métodos	16
3.3.1 Preparación del sustrato	16
3.3.2 Fertilización.....	16

3.3.3 Instalación del bioensayo	17
3.3.4 Estandarización de los volúmenes de riego.....	17
3.3.5 Tratamientos.....	17
3.3.6 Diseño estadístico.....	18
3.3.7 Metodología de determinación de variables.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Contenido de clorofila.....	21
4.2 Peso fresco	26
4.3 Peso seco.....	30
4.4 Porcentaje de materia seca	34
4.5 Porcentaje de humedad de suelo	39
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	42
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	43
VIII. ANEXOS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Química estructural de un hidrogel (Gibas y Janik., 2010).	8
Figura 2: Tendencia del contenido de clorofila en respuesta al factor producto en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant.....	22
Figura 3: Tendencia del contenido de clorofila en respuesta a las dosis en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant.	24
Figura 4: Tendencia del contenido de clorofila en respuesta a los volúmenes de riego en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional de la acelga.	12
Tabla 2: Análisis de suelo.....	14
Tabla 3: Análisis de agua de riego.....	15
Tabla 4: Descripción de los factores de estudio	17
Tabla 5: Descripción de los tratamientos a evaluarse.....	17
Tabla 6: Peso fresco total en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	27
Tabla 7. Peso fresco aéreo en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	28
Tabla 8: Peso fresco radicular en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	29
Tabla 9: Peso seco total en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	31
Tabla 10: Peso seco aéreo en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	32
Tabla 11: Peso seco radicular en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	33
Tabla 12: Porcentaje de materia seca total como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	35
Tabla 13: Porcentaje de materia seca aérea como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	37
Tabla 14: Porcentaje de materia seca radicular como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	38
Tabla 15: Porcentaje de humedad de suelo como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.	40

ANEXOS

Anexo 1. Peso fresco como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant	54
Anexo 2. Peso seco como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant	55
Anexo 3. Porcentaje de materia seca como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant	56
Anexo 4. Porcentaje de humedad en suelo como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>) cv. Fordhook Giant.....	57
Anexo 5. Análisis estadístico del peso fresco	58
Anexo 6. Análisis estadístico del peso seco	67
Anexo 7. Análisis estadístico del Porcentaje de Material Seca.....	76
Anexo 8. Análisis estadístico del Porcentaje de Humedad del Suelo	85
Anexo 9. Análisis estadístico del contenido de clorofila en el tiempo.....	88
Anexo 10. Comparativo entre producto y dosis con los diferentes volúmenes de riego	90
Anexo 11. Comparativo entre productos y dosis a un mismo volumen de riego	91
Anexo 12. Enmienda P1 en comparación con los testigos	92
Anexo 13. Enmienda P2 en comparación con los testigos	93
Anexo 14. Comparativo entre productos, dosis y volúmenes de riegos iguales.	94

RESUMEN

Las tendencias emergentes indican un papel cada vez mayor respecto a la gestión de agua, específicamente en aumentar la capacidad de retención de agua del suelo. Por tal, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de dos enmiendas retentivas de humedad (P1 y P2) en arena, a tres dosis (baja, media y alta) y tres láminas de riego (adecuada, moderada, deficitaria) en acelga y ver su influencia en el contenido de clorofila, porcentaje de humedad gravimétrica, peso fresco, peso seco, porcentaje de materia seca, estas tres últimas fueron subdivididas en partes: aérea, radicular y total. Se condujo bajo condiciones de invernadero, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de 21 tratamientos con 4 repeticiones. Los resultados del análisis estadístico mostraron que las enmiendas resultan beneficiosas para las variables: humedad gravimétrica destacando P2 con 0.36%, los pesos frescos con preponderancia de P2 con 11.65%, los pesos secos son superiores con P2 en 5.30%, todas estas variables en comparación con los testigos. Para el caso del contenido de clorofila y porcentaje de materia seca estas presentaron mayores valores para los testigos seguidas de P1, sin embargo, esto no generaría mayores beneficios de comercialización del producto, debido al poco ajuste de los testigos con los parámetros de calidad del mercado. En cuanto a la dosis que mostro superioridad para la mayoría de variables evaluadas fue la media en el caso de P1 y alta para P2. Finalmente para el factor volumen resulto más apropiado para mejoría de las variables respuesta el volumen adecuado en el caso de P1 y para P2 el moderado. Por todo lo antes expuesto se recomienda el uso de enmiendas retentivas de humedad ya que estas influyen notablemente en la mejora del producto, aun existiendo un déficit hídrico para la producción del cultivo, por lo cual estarían mitigando las condiciones de estrés hídrico.

Palabras clave: acelga, arena, clorofila, enmiendas retentivas de humedad, materia seca.

ABSTRACT

Emerging trends indicate a growing role regarding water management, specifically in increasing the water retention capacity of the soil. Therefore, the objective of this study was to evaluate the use of two moisture retentive amendments (P1 and P2) in sand, three doses (low, medium and high) and three irrigation sheets (adequate, moderate, deficit) in chard and see its influence on the content of chlorophyll, percentage of gravimetric humidity, fresh weight, dry weight, percentage of dry matter, these last three were subdivided into parts: aerial, radicular and total. The experiment was conducted under the conditions of greenhouse, a completely randomized design (DCA) of 21 treatments with 4 repetitions was used. The results of the statistical analysis showed the amendments are beneficial for the variables: gravimetric humidity highlighting P2 with 0.36%, fresh weights with preponderance of P2 with 11.65%, dry weights are higher with P2 in 5.30%, all these variables in comparison with the control. In the case of chlorophyll content and percentage of dry matter, these showed higher values for the control followed by P1, however, this would not generate greater benefits of commercialization of the product, due to the low adjustment of the controls with the parameters of market quality. Regarding the dose that showed superiority for most variables evaluated, it was the average in the case of P1 and high in P2. Finally, for volume factor, it was more appropriate for the improvement of the response variables, was the adequate volume in of P1 and the case of P2 was the moderate volume. For all the foregoing, the use of retentive moisture amendments is recommended since they significantly influence the improvement of the product, even if there is a water deficit for the production of the crop, for which reason water stress conditions would be mitigated.

Key words: chard, sand, chlorophyll, moisture retentive amendments, dry matter.

I. INTRODUCCIÓN

Según Vargas, (2009) hace referencia a Tyndall Center (2003) el cual reporta que Perú se encuentra entre los diez países más vulnerables a los cambios climáticos. Uno de los principales problemas es la inadecuada gestión del recurso hídrico, más puntualmente refiriéndonos al agua de riego, punto crítico en la producción de cultivos y con gran injerencia en la seguridad alimentaria.

El Perú es de tradición agrícola y ésta se presenta en mayor porcentaje a lo largo del litoral costero, en otras palabras, en zonas áridas donde la precipitación pluvial con su escasa y errática distribución encrudece las consecuencias del cambio climático.

Mencionando como ejemplo la cercana crisis que vivió el país en el 2017 por el fenómeno del Niño Costero, el cual incidió en problemas de disponibilidad del recurso hídrico más gravemente en la región costa norte, donde cabe mencionar se localizan las grandes empresas del sector agrícola. Además también se vieron afectadas las regiones de la sierra y la Amazonia donde se presentaron regímenes de lluvias anormales lo que impacto sobre los cultivos bajo secano típicos, de estas regiones.

Por ello debemos afrontar las problemáticas futuras de escasez del recurso hídrico con tecnologías variadas que abarquen todos los ámbitos dentro del sector. Un aporte para la mitigación de esta problemática cada vez más cruda, viene a ser el empleo de enmiendas retentivas de humedad para el suelo, que almacenarían agua y mantendrían la disponibilidad de la misma para los cultivos durante épocas de escasez (Ekebafé *et al.*, 2011).

Por tal motivo es necesario seguir desarrollando investigaciones que prueben la efectividad y respuesta en el crecimiento de los cultivos, por parte de las enmiendas retentivas que se encuentran en nuestro mercado. Además, se busca fomentar en un futuro la implementación y uso de enmiendas retentivas de humedad, ya que estas no solo conservan y mantienen disponibles el agua, sino que también son reserva de

nutrientes provenientes de la fertilización y con ello también regularían el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas. (Wu *et al.*, 2000; Bakass *et al.*, 2002).

Por lo cual se espera que las empresas agrícolas tomen en cuenta estos productos, para con ello proporcionar soluciones a los retos de la agricultura actual, que son maximizar la productividad de la tierra y el agua sin amenazar el medio ambiente y los recursos naturales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento del cultivo de acelga empleando enmiendas retentivas de humedad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la eficiencia de las enmiendas retentivas de humedad sobre la humedad gravimétrica final y contenido de clorofila.
- Evaluar la capacidad de las enmiendas retentivas de humedad sobre las variables peso fresco aéreo, peso fresco radicular y peso fresco total del cultivo de acelga.
- Analizar el efecto de las enmiendas retentivas de humedad sobre las variables peso seco aéreo, peso seco radicular, peso seco total del cultivo de acelga.
- Interpretar la influencia de las enmiendas retentivas de humedad sobre el porcentaje de materia seca aérea, materia seca radicular y materia seca total del cultivo de acelga.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Polímeros retentivos de humedad

2.1.1 Generalidades

Los polímeros retentivos de humedad formadores de hidrogeles se han encontrado en la naturaleza desde el origen mismo de la vida en la Tierra, en las biopelículas de las primeras células bacterianas como componentes de la matriz extracelular hidratada. Existe una gran diversidad de polímeros naturales formadores de hidrogel. En la naturaleza tenemos proteínas tales como colágeno, gelatina y polisacáridos tales como almidón, alginato y agarosa. (Ullah *et al.*, 2015). En este sentido los hidrogeles han tenido un papel fundamental en el desarrollo y creación de procesos productivos y adquisición de conocimientos en la historia de la humanidad (Guilherme *et al.*, 2015).

Los hidrogeles han recibido una atención considerable en los últimos 50 años, debido a su promesa excepcional en una amplia gama de aplicaciones tales como procesos productivos industriales (Bastani *et al.*, 2013; Buchholz y Graham, 1998), en fabricación de soluciones farmacéuticas (Kashyap *et al.*, 2005; Peppas *et al.*, 2000), procesos de desionización (Brannon-Peppas y Harland, 1991); usos biomédicos (Li *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2013; Rizzello *et al.*, 2013; Ulery *et al.*, 2011), purificación (Marchetti & Clussler, 1989), inmovilización de enzimas (Overstreet *et al.*, 2013; Park & Park, 1996), diagnósticos médicos (Plunkett & Moorem 2004), biosensores (Krsko *et al.*, 2009), agricultura (Sartore *et al.*, 2013; Akhter *et al.*, 2004; Wang y Gregg, 1989) entre otros.

La sucesión generacional de hidrogeles en base a sus fuentes originales son: sintéticos, semisintéticos, biopoliméricos, y más recientemente, los compuestos de hidrogel superabsorbente (SHC) y los nanocompuestos de hidrogel superabsorbente (SHNC) estos últimos se encuentran aún en patentes (Guilherme *et al.*, 2015).

Referente a las últimas generaciones cabe mencionar que los compuestos inorgánicos naturales de aluminosilicato, en particular las arcillas, se usan a menudo en la

preparación de SHNCs o SHCs debido a su disponibilidad, bajo costo y su naturaleza hidrofílica (Kabiri *et al.*, 2011; Zohuriaan-Mehr, 2006; Wu *et al.*, 2000).

Actualmente, los polímeros sintéticos han reemplazado los hidrogeles de polímeros naturales debido a su pureza, alta capacidad de absorción, estructura bien definida, funcionalidad bien definida, degradación y estabilidad en diferentes rangos de pH, temperatura, presión y enzimas (Ullah *et al.*, 2015). Sin embargo, al ser poco biodegradables y las preocupaciones sobre el medio ambiente han estimulado el uso de polímeros naturales sobre todo de polisacáridos (Mekonnen *et al.*, 2013; Rinaudo, 2006; Heinze *et al.*, 2006). Por ello hoy en día la combinación de polímeros naturales y sintéticos se expande y sus clasificaciones también se extienden.

2.1.2 Clasificación

La clasificación de los hidrogeles dependen del origen, las fuentes, el método de preparación, la naturaleza del hinchamiento, la naturaleza observada de la reticulación, sus propiedades físicas, las cargas iónicas y la velocidad de biodegradación (Qiu y Park, 2001). Inicialmente Woodhouse y Johnson (1991) clasifican los polímeros en tres categorías según sus fuentes:

- polímeros de injerto de almidón-poliacrilonitrilo (copolímeros de almidón)
- copolímeros de alcohol vinílico-ácido acrílico (alcoholes de polivinilo)
- copolímeros de acrilato de sodio o potasio - ácido acrílico (poliacrilato reticulado)

La mayoría de los hidrogeles comercializados para la agricultura provienen del tercer grupo (copolímeros del ácido acrílico y potasio), ya que han demostrado que permanecen activos durante mucho más tiempo. Son biodegradables y no tóxicos.

A) Clasificación según composición polimérica:

- homopolímeros, se refieren a una red de polímeros derivada de una sola especie de monómero, que es una unidad estructural básica que comprende cualquier red de polímeros (Iizawa *et al.*, 2007)
- copolímeros, comprenden dos o más especies de monómeros diferentes con al menos un componente hidrófilo, dispuestos en una configuración aleatoria, de bloques o alterna a lo largo de la cadena de la red de polímeros (Yang *et al.*, 2002)

- red interpenetrada de polímeros (IPN), están hechos de dos componentes de polímeros sintéticos y / o naturales entrecruzados independientes, contenidos en forma de red. En el hidrogel semi-IPN, un componente es un polímero reticulado y el otro componente es un polímero no reticulado (Maolin *et al*, 2000; Hacker y Mikos, 2011)

B) Clasificación según la configuración:

- amorfo (no cristalino)
- semicristalino: Una mezcla compleja de fases amorfas y cristalinas
- cristalino

C) Clasificación basada en el tipo de entrecruzamiento:

- redes químicamente reticuladas tienen uniones permanentes
- redes físicas tienen uniones transitorias que surgen de enredos de cadenas de polímeros o interacciones físicas tales como interacciones iónicas, enlaces de hidrógeno o interacciones hidrófobas

D) Clasificación según apariencia física:

- la apariencia de los hidrogeles como matriz, película o microesfera depende de la técnica de polimerización involucrada en el proceso de preparación

E) Clasificación según carga eléctrica de red:

Los hidrogeles se pueden clasificar en cuatro grupos en función de la presencia o ausencia de carga eléctrica ubicada en las cadenas reticuladas:

- no iónico (neutro)
- iónico (aniónico o catiónico)
- electrólito anfótero (anfótero) que contiene grupos ácidos y básicos
- zwitteriónico (polibetainas) que contiene grupos tanto aniónicos como catiónicos en cada unidad estructural de repetición

2.1.3 Polímeros superabsorbentes (SAP)

Los polímeros superabsorbentes (SAP) son una clase innovadora de productos de hidrogel (Rodrigues *et al.*, 2014; Guilherme *et al.*, 2015). Estos son una categoría respetuosa con el medio ambiente, son materiales que se expanden rápidamente a un

gran tamaño sin importar su tamaño original con propiedades notables. Estos materiales tienden a absorber mucha agua o fluidos acuosos en un período relativamente corto (Ullah *et al.*, 2015). Los polímeros superabsorbentes son redes hidrofílicas reticuladas con capacidad de absorción y retención de grandes cantidades de agua o soluciones acuosas (Kabiri *et al.*, 2011).

2.1.4 Fabricación o elaboración

Los hidrogeles se pueden sintetizar de varias maneras químicas "clásicas". Estos incluyen procedimientos de un solo paso como la polimerización y la reticulación paralela de monómeros multifuncionales, así como procedimientos de múltiples pasos que involucran la síntesis de moléculas de polímeros que tienen grupos reactivos y su posterior reticulación, posiblemente también haciendo reaccionar polímeros con agentes de reticulación adecuados. El ingeniero de polímeros puede diseñar y sintetizar redes de polímeros con control a escala molecular sobre la estructura, como la densidad de reticulación, y con propiedades personalizadas, como la biodegradación, la resistencia mecánica, la respuesta química y biológica a los estímulos (Burkert *et al.*, 2007).

Omidian *et al.*, (2007) presentan el siguiente procedimiento general, independientemente del tipo de material utilizado, en el proceso de preparación de los SAP descritos por los pasos:

Paso 1: el monómero se disuelve primero con cierta cantidad de agua para alcanzar una concentración de monómero deseada, la dilución con agua facilita su polimerización en masa ya que normalmente se asocia con una violenta reacción exotérmica que da como resultado una estructura heterogénea con baja capacidad de absorción de agua, el monómero se mezcla con agua a temperatura ambiente bajo una mezcla suave. Para producir superabsorbentes iónicos, los monómeros, como el ácido acrílico, pueden neutralizarse hasta cierto punto, normalmente hasta el 75% en moles.

Paso 2: Adición de un reticulador.

Paso 3: Dado que la neutralización puede ir acompañada de la liberación repentina de cantidades significativas de calor, se puede emplear un reactor de doble superficie equipado con camisas o bobinas de enfriamiento externas o internas.

Paso 4: Formación de poros, esta propiedad normalmente se puede lograr generando burbujas de gas. Para producir espuma durante la polimerización, se agrega un adyuvante espumante como el ácido acético glacial a la solución de monómero.

Pasos 5-6: Para la polimerización promovida, normalmente se utilizan iniciadores térmicos y rédox, como el persulfato de amonio o el persulfato de potasio. El oxidante y el reductor se agregan a la solución de monómero con una mezcla suave.

Paso 7: Las burbujas de gas se generan por adición de agente espumante dependiente del ácido, como el bicarbonato de sodio.

2.1.5 Características técnicas del hidrogel

Las características funcionales de un material de hidrogel ideal se pueden enumerar de la siguiente manera (Zohuriaan-Mehr, 2006):

- la mayor capacidad de absorción (hinchazón máximo de equilibrio) en solución salina
- velocidad de absorción deseada (tamaño de partícula preferido y porosidad) según el requisito de la aplicación
- la máxima absorbencia bajo carga (AUL)
- el menor contenido soluble y monómero residual
- el precio más bajo
- la mayor durabilidad y estabilidad en el entorno del hinchamiento y durante el almacenamiento
- la mayor biodegradabilidad, sin formación de especies tóxicas tras la degradación
- neutralidad del pH después de la hinchazón en agua
- incoloro, inodoro y absolutamente no tóxico
- fotoestabilidad

2.1.6 Proceso de absorción del agua

La hinchazón de los hidrogeles es un proceso complejo que comprende varios pasos. En el primer paso, los grupos hidrofílicos polares de la matriz de hidrogel se hidratan con agua, que aparece en forma de agua asociada primaria. En el segundo paso, el agua también interactúa con los grupos hidrófobos expuestos, que aparecen en forma de agua asociada secundaria. El agua asociada primaria y el agua asociada secundaria forman el

agua asociada total. En el tercer paso, la fuerza motriz osmótica de la red hacia una dilución infinita es resistida por los enlaces cruzados físicos o químicos (Fig. 1), por lo que se absorbe agua adicional. El agua absorbida en la hinchazón de equilibrio se denomina masa de agua o agua libre, que llena los espacios entre la red o las cadenas y el centro de los poros más grandes (Gibas y Janik., 2010).

Si bien se han diseñado hidrogeles conocidos como hidrogeles sensibles al ambiente o hidrogeles inteligentes (Ullah *et al.*, 2015), capaces de cambiar su capacidad de absorción, permeabilidad, estructura de red y resistencia mecánica ante estímulos específicos como luz, presión, campos eléctricos, campos magnéticos o estrés mecánico (Kashyap *et al.*, 2005; Gil & Hudson., 2004; Kang & Bae., 2003; Peppas *et al.*, 2000), en términos generales la cantidad de agua absorbida por un hidrogel depende principalmente de la temperatura, pH y la interacción específica entre las moléculas de agua y las cadenas de polímeros (Ganji *et al.*, 2010; Routh *et al.*, 2010, Fernandez-Nieves *et al.*, 2000, Brannon-Peppas y Peppas, 1991), en donde el aumento de la temperatura incrementa la tasa de penetración de agua a la matriz del hidrogel (Bahar *et al.*, 1987) y a su vez genera más agua asociada y menos agua libre por interacción con iones de la matriz (Ganji *et al.*, 2010). Se ha visto por ejemplo que en el caso del poly (2-dimetil amino) etil metacrilato-co-butil metacrilato el pH influye en la transmisión de calor del polímero modificando su velocidad y capacidad de absorción de agua hacia la matriz (Emileh *et al.*, 2007).

La porción sólida del hidrogel es una red de cadenas de polímeros entrecruzadas, una red 3D similar a una malla (Singh *et al.*, 2010), como se muestra en la Fig. 1, con los espacios llenos de un fluido, normalmente agua. Las mallas retienen el fluido e imparten

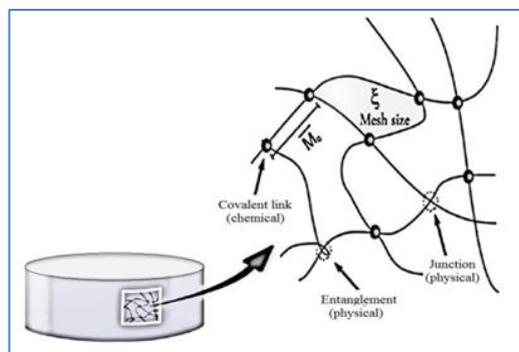


Figura 1: Química estructural de un hidrogel

Fuente: Gibas y Janik., 2010

una fuerza elástica que puede completarse con la expansión y contracción del hidrogel, y por lo tanto son responsables de la solidez del hidrogel (Ullah *et al.*, 2015).

La capacidad de los hidrogeles para absorber el agua surge de los grupos funcionales hidrófilos unidos a la columna vertebral polimérica, mientras que su resistencia a la disolución surge de los enlaces cruzados entre las cadenas de la red (Ahmed, 2015).

En la agricultura debe señalarse que los polímeros no reducen la cantidad de agua utilizada por las plantas. La capacidad de retención de agua depende de la textura del suelo, el tipo de hidrogel y el tamaño de partícula (polvo o gránulos), la salinidad de la solución del suelo y la presencia de iones. La capacidad de retención de agua disminuye significativamente en los sitios donde la fuente de agua de riego contiene altos niveles de sales disueltas o en presencia de sales de fertilizantes (Emileh *et al.*, 2007; Ganji *et al.*, 2010; Wang y Gregg, 1989).

La cantidad de agua retenida también se ve afectada adversamente por químicos o iones (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+}) presentes en el agua (Ganji *et al.*, 2010). Se ha sugerido que estos cationes divalentes desarrollan interacciones fuertes con los geles de polímero y son capaces de desplazar moléculas de agua atrapadas dentro del polímero, Aunque los cationes monovalentes (Na^+) también pueden reemplazar las moléculas de agua, el efecto no es tan pronunciado como con las contrapartes divalentes (James y Richards, 1986).

2.1.7 Degradación

En la actualidad, la biodegradabilidad del material es un foco importante de la investigación en este campo debido a la atención renovada hacia las cuestiones de protección del medio ambiente. La vida media es en general del orden de 5 a 7 años, y dependiendo de su composición se degradan en amonio, dióxido de carbono y agua (Lentz, 2003).

Los materiales más utilizados como SAP son neutrales e inertes. Son moderadamente biodegradados en el suelo por los medios iónicos y microbianos se convierten finalmente en agua, dióxido de carbono y compuestos orgánicos (Zohuriaan-Mehr y Kabiri, 2008).

Los materiales de SAP no pueden volver a sus monómeros de partida, es decir, son químicamente irreversibles a los materiales de iniciación tóxicos. Aquí, como tantos

otros polímeros, los monómeros tóxicos de partida se convierten químicamente en un producto totalmente no tóxico mediante una reacción de polimerización (Buchholz y Graham, 1998).

Por lo tanto, los SAP no contaminan el suelo y el medio ambiente. No exhiben toxicidad sistémica (LD50 oral para una tasa de ~ 5000 mg / kg). Además, su seguridad en el suelo ha sido aprobada por el Ministerio de Agricultura de Francia (APV no 8410030) (Zohuriaan-Mehr y Kabiri, 2008).

2.2 La acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*) cv. Fordhook Giant

La acelga es un cultivo que estaba bien establecido en la época clásica. No hay restos arqueológicos de tiempos preclásicos, pero parece que se originó en el Mediterráneo u Oriente Medio, ya que es la zona de distribución de sus parientes silvestres (Zohary *et al*, 2012).

Doney, (1995) precisa aún más citando a los ríos Tigris y Éufrates como la zona de origen más probable. Posteriormente se expandió hacia la India por el este, al Mediterráneo por el oeste y hacia las costas atlánticas de Europa por el norte. Su distribución es amplia, pero principalmente se encuentra en zonas áridas y semiáridas templadas y subtropicales (Woodland, 1991).

2.2.1 Situación del cultivo

En el Perú al cierre del año 2017 se registraron 477 ha de superficie sembrada a nivel nacional, que significó una producción de 6968 t, siendo el mayor productor la región de Lima metropolitana con 3714 t seguida del departamento de Arequipa con 1597 t (SIEA, 2017).

2.2.2 Taxonomía

Reino: Plantae
División: Tracheophyta
Subdivision: Spermatophytina
Clase: Magnoliopsida
Superorden: Caryophyllanae
Orden: caryophyllales
Familia: Amaranthaceae
Género: Beta
Especie: Beta vulgaris L. <i>var. cicla</i>

Fuente: Integrated Taxonomic information System (ITIS).2011.

2.2.3 Descripción botánica

El cultivar Fordhook Giant, se caracteriza por ser una acelga considerada blanca por el color de los peciolo, es una planta alta, vigorosa, de hojas anchas encrespadas de color verde, peciolo blancos muy anchos y gruesos.

2.2.4 Composición

Es una planta rica en potasio y sodio, con altos contenidos en vitamina A (Tabla 1). Se le considera la tercera hortaliza en aportación nutricional (Krarup y Moreira, 1998).

Tabla 1: Composición nutricional de la acelga.

Nutriente	Valor
Agua	92,66 g
Energía	19,00 Kcal
Proteínas	1,80 g
Lípidos	0,2 g
Carbohidratos	3,74 g
Ceniza	1,60 g
Calcio	51,00 mg
Hierro	1,80 mg
Magnesio	81,00 mg
Fosforo	46,00 mg
Potasio	379,00 mg
Sodio	213,00 mg
Zinc	0,36 mg
Cobre	0,18 mg
Ácido ascórbico	30,00 mg
Tiamina	0,04 mg
Riboflavina	0,09 mg
Niacina	0,40 mg
Vitamina B6	0,10 mg
Vitamina A	3300,00 IU

Fuente: USDA, 1999

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación experimental

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Cía. Minera agregados calcáreos S.A. (COMACSA) localizada en la Av. Universitaria Norte Nro. 5140, distrito de Los Olivos - Lotización Industrial Infantas (Mz. K, Lote N° 3, Lado A-Uno), departamento y provincia de Lima.

3.2 Materiales

3.2.1 Material Biológico

Semillas de acelga Fordhook Giant, este cultivar se caracteriza por su vigoroso crecimiento y su robustez. Es de hojas anchas, gruesas rizadas con tallo blanco y de color verde oscuro; el tiempo de maduración se encuentra entre 60 a 70 días. Se eligió esta especie como cultivo indicador debido a su rusticidad, buena adaptación a las variaciones del clima y además posee un crecimiento rápido.

3.2.2 Suelo

Se empleó suelo de textura arenosa, el cual posee como características: pH moderadamente alcalino, conductividad eléctrica baja, capacidad de intercambio catiónico baja, materia orgánica baja. Por lo antes mencionado el suelo tiene poca retentividad de agua (véase la Tabla 2).

Tabla 2: Análisis de suelo

Análisis de caracterización del suelo		
pH (1:1)	7.96	
C.E. (1:1)	0.23	dS/m
CaCO ₃	0.2	%
M.O.	0.08	%
P	2	ppm
K	71	ppm
ANALISIS MECANICO		
Arena	95	%
Limo	5	%
Arcilla	0	%
Clase textural	Arena	
Cationes cambiables		
Ca ⁺²	4.16	meq/100g
Mg ⁺²	0.53	meq/100g
K ⁺	0.18	meq/100g
Na ⁺	0.07	meq/100g
Al ⁺³ +H ⁺	0	meq/100g
Suma de cationes	4.94	
Suma de bases	4.94	
% Sat. de Bases	100	

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes, UNALM.

3.2.3 Agua

Se utilizó agua de pozo cuya clasificación es C2-S1 esto significaría que es agua apta para riegos; no obstante la concentración de sales es moderada, además presenta poco riesgo a la sodificación y poco peligro de carbonato de sodio residual, por lo cual no existen restricciones para su uso respecto al suelo y/o cultivo (véase la Tabla 3).

Tabla 3: Análisis de agua de riego

Análisis estándar de agua		
pH	7.8	
C.E	0.47	dS/m
Calcio	3.3	meq/L
Magnesio	0.62	meq/L
Potasio	0.04	meq/L
Sodio	0.7	meq/L
SUMA DE CATIONES		4.66
Nitratos	0	meq/L
Carbonatos	0	meq/L
Bicarbonatos	1.28	meq/L
Sulfatos	2.14	meq/L
Cloruros	1.3	meq/L
SUMA DE ANIONES		4.72
Sodio	15.01	%
RAS	0.5	
Boro	0.11	ppm
Clasificación	C2-S1	

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes, UNALM.

3.2.4 Enmiendas retentivas de humedad

A. Enmienda 1 (P1)

Es un producto que tiene como función principal la retención y conservación de humedad del suelo, cuenta con componentes dentro de los cuales se pueden mencionar al polímero de poliacrilato de potasio, arcillas y materia orgánica. Además de aditivos que ayudan a potenciar las propiedades y funcionalidades de los demás componentes.

Promueve la agregación de las partículas del suelo, incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo, disminuye la pérdida de nutrientes, aporta micronutrientes y macronutrientes.

B. Enmienda 2 (P2)

Es un producto que tiene como función principal la retención y conservación de humedad del suelo que tiene como componente al polímero de poliacrilato de potasio. Además promueve la agregación de las partículas del suelo y disminuye la pérdida de nutrientes.

3.2.5 Fertilizantes

Nitrato de amonio, Fosfato monoamónico, Sulfato de potasio, Nitrato de calcio, Sulfato de magnesio, Quelato de hierro, Sulfato de cobre, Sulfato de zinc, Sulfato de manganeso, Ac. Bórico, Azufre, Molibdato de amonio.

3.2.6 Materiales y equipos de laboratorio

- Termómetro de suelo
- SPAD – 502 Plus Olympus (medidor de clorofila)
- estufa
- balanza analítica
- balanza de humedad (Worned Lab WN100MW-T)
- balanza digital
- 84 Macetas de plástico (3 kg de capacidad)
- libreta de campo
- Cámara fotográfica
- plumones indelebles
- probeta de vidrio
- vasos precipitados de plástico
- Bolsas de papel kraft
- Pinzas de metal
- Placas Petri
- Tubo de plástico muestreadora

3.3 Métodos

3.3.1 Preparación del sustrato

El sustrato consistió de arena de río, la cual se mezcló con la dosis respectiva de las enmiendas retentivas de humedad según los tratamientos.

3.3.2 Fertilización

Un vez terminada la preparación del sustrato se procedió a incorporar las fuentes nutricionales, algunas en su totalidad y otras fraccionadas en base al desarrollo y requerimiento de las plantas, estas se detallan a continuación: N (200 mg/kg), P (300 mg/kg), K (200 mg/kg), Mg (30 mg/kg), S (64 mg/kg), Fe (1.254 mg/kg), Cu (0.022 mg/kg), Zn (0.149 mg/kg), Mn (0.299 mg/kg), B (0.373 mg/kg), Mo (0.037 mg/kg), Ca

(166 mg/kg), para todos los tratamientos por igual y se colocaron en sus respectivas macetas. Esta fertilización se basó en la recomendación de Maboko y Du Plooy, (2013) a la cual se le realizó unas modificaciones puntuales en las concentraciones de NPK.

3.3.3 Instalación del bioensayo

Previo humedecimiento a capacidad de campo de cada unidad experimental se procedió a sembrar 6 semillas de acelga por maceta; para asegurar la germinación de por lo menos una, a una profundidad de 1cm. El deshije se llevó a cabo cuando las plántulas presentaron dos hojas verdaderas.

3.3.4 Estandarización de los volúmenes de riego

Para estandarizar los regímenes hídricos para los riegos se empleó el método gravimétrico. Se procedió a colocar cada mezcla de sustrato a utilizarse en una maceta y se pesó, luego se aplicó un volumen de agua hasta que se evidencie un escurrimiento del agua en la parte inferior, este se dejó que escurra totalmente por 48 h, luego se llevó a estufa por 24 h (105 °C). Posteriormente se pesó y con ello se halló el porcentaje de humedad del suelo para cada tratamiento. La diferencia en peso seco y peso húmedo dio el 100% agua, y a partir del peso del suelo a capacidad de campo se procedió a obtener el porcentaje del volumen estándar para el riego.

3.3.5 Tratamientos

La combinación de los niveles de los diferentes factores que se evaluaron da un total de 18 tratamientos más tres testigos, los cuales se detallan en las tablas 4 y 5.

Tabla 4: Descripción de los factores de estudio

Factores	Denominación	Nivel	Código	Valor
Factor A	Producto	Enmienda 1	P1	-
		Enmienda 2	P2	-
Factor B	Dosis de enmienda	Bajo	N1	8 g
		Medio	N2	13 g
		Alto	N3	18 g
Factor C	Volumen de riego	Adecuado	L1	30 %CC
		Moderado	L2	15 %CC
		Deficitario	L3	7.5 %CC

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 5: Descripción de los tratamientos a evaluarse

Tratamientos		Interpretación		
Nº	Código	Producto	Dosis (g)	volumen de riego (mL)
1	TL1	Testigo	0	144
2	TL2	Testigo	0	72
3	TL3	Testigo	0	36
4	P1N1L1	P1	8	148
5	P1N1L2	P1	8	74
6	P1N1L3	P1	8	38
7	P1N2L1	P1	13	150
8	P1N2L2	P1	13	76
9	P1N2L3	P1	13	38
10	P1N3L1	P1	18	154
11	P1N3L2	P1	18	78
12	P1N3L3	P1	18	38
13	P2N1L1	P2	8	372
14	P2N1L2	P2	8	186
15	P2N1L3	P2	8	94
16	P2N2L1	P2	13	468
17	P2N2L2	P2	13	234
18	P2N2L3	P2	13	118
19	P2N3L1	P2	18	540
20	P2N3L2	P2	18	270
21	P2N3L3	P2	18	135

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.6 Diseño estadístico

El ensayo se instaló a nivel de invernadero utilizando un diseño completamente al azar (DCA) de 18 tratamientos más 3 testigos con 4 repeticiones (véase las tabla 4 y 5). La unidad experimental está conformada por una maceta en la cual se permitió el desarrollo de una planta de acelga. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico R (R Core Team, 2019; Mendiburu, 2019). Se efectuó el análisis de varianza (ANOVA trifactorial, ANOVA simple), prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) y prueba de contrastes ortogonales.

3.3.7 Metodología de determinación de variables

A) Parámetros fisiológicos

- Contenido de clorofila

El contenido de clorofila se midió con el equipo portátil SPAD – 502 Plus Olympus, se evaluó en una de las hojas del segundo par verdadero, las cuales habían sido previamente seleccionadas e identificadas con plumón indeleble en la zona inferior del término de la hojas e inicio del tallo, en el área media de la lámina foliar evitando las nervaduras. Esta medida se registró con una frecuencia interdiaria y a una misma hora, evitando la exposición directa a la luz solar para evitar el error en la lectura del instrumento.

Cabe mencionar la relevancia y veracidad del método no destructivo empleado para la determinación del contenido de clorofila con uso del SPAD 502 – PLUS, citando un estudio realizado comparándolo con el colorímetro Tristolingio también de Minolta, se halló que las lecturas del spad in situ y el contenido de clorofila extraíble en pimiento dulce se encontraban altamente correlacionados para todos los tipos de clorofila (Madeira *et al.*, 2003).

B) Parámetros biométricos

- Peso fresco (total, parte aérea y radicular)

Esta medida se realizó inmediatamente después de que se extrajo la planta, luego se procedió a lavar las raíces y separar la parte aérea de la parte radicular con ayuda de una tijera y luego se realizó el pesaje de las partes de manera individual. Posteriormente se colocaron en sobres de papel kraft.

-Peso seco (total, parte aérea y radicular)

Esta medida se realizó al posterior secado de la plantas en estufa a 70 °C por un periodo de 48 h, al cabo del cual se procedió a pesarlas.

- Porcentaje de materia seca (total, parte aérea y radicular)

Para determinar el contenido de materia seca se realizó la diferencia entre los pesos fresco y seco, dividiendo la diferencia entre el peso seco.

C) Parámetros físicos del suelo

-Porcentaje de humedad del suelo al final de la cosecha.

Esta medida se realizó extrayendo una porción del sustrato con ayuda de un tubo muestreador que extrajo un volumen estándar de todo el perfil vertical de la maceta, posteriormente se mezcló uniforme, se puso 10 g en el plato de la balanza y se colocó en la balanza de humedad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contenido de clorofila

Thomas y Howarth (2000) nos dicen que para relacionar los procesos fisiológicos con la producción, los primeros deben integrarse en el tiempo. Por tal en la figura 2 se resume el efecto del uso de enmiendas retentivas de humedad sobre el contenido de clorofila a lo largo del ensayo. Se observa la tendencia ligeramente superior del promedio de los testigos seguidos del producto P1, el comportamiento de los testigos probablemente esté relacionado con una de las respuestas más conservadoras al estrés hídrico en los cultivos, la cual se evidencia por una reducción del crecimiento de las hojas (Arji y Arzani., 2004; Rolando *et al.*, 2015; Kusaba *et al.*, 2013), esto a su vez podría deberse a la alteración de la presión osmótica de la célula, lo que reduciría la división celular o el tamaño de las células; teniendo como consecuencia un cambio en la concentración o contenido de clorofila, dando un aspecto de verdor (Stay – Green) y demás daños en las estructuras en donde se realiza la fotosíntesis. Con respecto a la predominancia de P1 esto se debería a que posee un componente con potencial de incrementar la capacidad de intercambio catiónico, además se le suma la capacidad de almacenamiento de agua del producto, por tanto se encontrarían disponibles elementos como el magnesio y el nitrógeno, los cuales se mueven en suelo por flujo de masas, siendo estos primordiales para la síntesis de clorofila. Se ha visto que en el caso del tabaco la disponibilidad de iones de magnesio y quelantes afectan directamente en el contenido de clorofila (Papenbrock *et al.*, 2000).

Posteriormente se observa una tendencia más marcada a la baja por parte de los tratamientos con P2, esto quizás se deba a que la granulometría de la enmienda es considerada gruesa y por ende al sufrir hinchamiento estaría generando un mayor porcentaje de macroporos, elevando y repercutiendo en la sobresaturación del oxígeno del suelo, influyendo este de manera negativa en el proceso fotosintético (Zheng *et al.*, 2007; Zude-Sasse *et al.*, 2001).

Además se reportó para el cultivo de arroz que existe una correlación entre el valor del SPAD-502PLUS y el índice de nutrición de nitrógeno (NNI) variaba con la posición de la hoja, la etapa de desarrollo y la variedad. Concluyendo que la hoja inferior sería la más sensible al nivel de nitrógeno (N), por lo cual esta sería la más adecuada como muestra representativa para el diagnóstico del estado de N (Yang *et al.*, 2014b). Esto lo podríamos extrapolar al cultivo de acelga y también relacionar este índice con la adecuada nutrición nitrogenada del cultivo pues este es precursor de la clorofila y otras proteínas.

Del mismo modo (Tongo *et al.*, 2014) obtuvo un comportamiento parecido en los testigos, los cuales inicialmente incrementaron el contenido de clorofila, pero finalmente se redujeron drásticamente.

Sin embargo este resultado dista un poco con lo obtenido en un estudio en el cual la adición de un polímero hidrófilo en chile “Anaheim” (*Capsicum annuum* L.) cultivado en invernadero evidenció que hubo un incremento en el contenido de clorofila (1.2%) en comparación al testigo (López *et al.*, 2013).

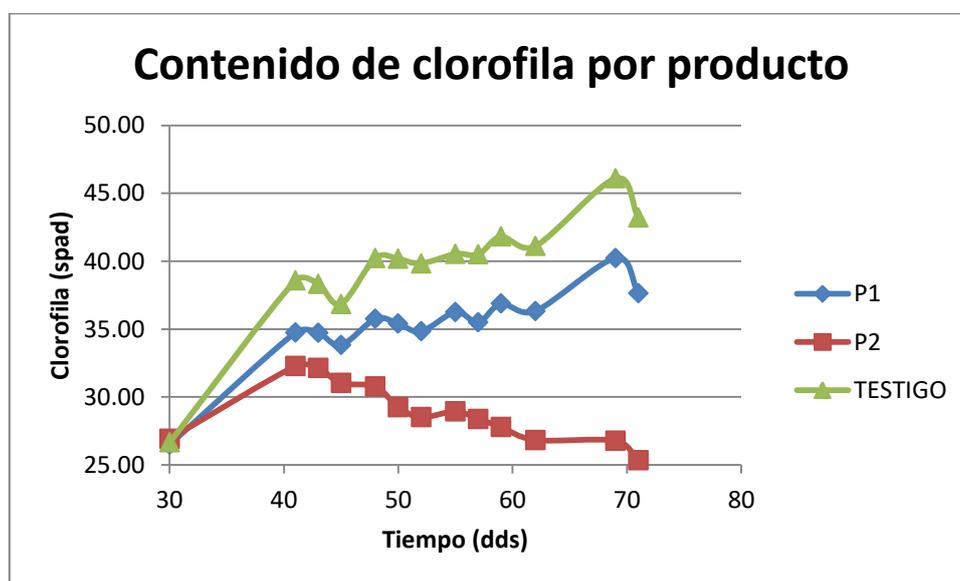


Figura 2: Tendencia del contenido de clorofila en respuesta al factor producto en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var.cycla) cv.Fordhook Giant.

FUENTE: Elaboración propia.

Se muestran las tendencias del factor dosis sobre el contenido de clorofila en la figura 3. Probablemente la respuesta positiva a las dosis más pequeñas se deba a las

características propias de las dos enmiendas, las cuales habrían almacenado de manera equilibrada el agua del suelo, facilitando la transferencia adecuada de la misma para realizar los diferentes procesos metabólicos y fisiológicos del cultivo como lo es la síntesis de clorofila.

Haciendo referencia para el caso de la dosis alta, estas al retener la humedad en un grado mayor podrían haber excedido el almacenamiento, influyendo en la reducción de aireación del suelo. Se sabe que la baja aireación del suelo influye en la tasa de transferencia de oxígeno de las raíces afectando la fotosíntesis (Zude-Sasse *et al.*, 2001). Todo ello como consecuencia de encontrarse en un medio relativamente confinado y no permitiendo el correcto flujo del agua como lo sería en la matriz del suelo normal. Aunque algunos estudios han apuntado que una sobreoxigenación en la zona de la raíz puede resultar en un detrimento de la producción, desarrollo de la planta y el contenido de clorofila (Zheng *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos mantienen concordancia con los divulgados por Gutierrez-Castañeda *et al.*, (2008) en donde concluyen que el efecto del polímero en el cultivo de acelga en un suelo arcilloso, presenta mejores resultados en clorofila, número de hojas, peso fresco de hojas y área foliar a una dosis de enmienda de 8g/kg suelo. Acotando que dicha dosis es equivalente a la dosis baja de este estudio. También coinciden con lo reportado por Sayyari y Ghanbari., (2012) en el efecto positivo de aplicar un polímero super absorbente A₂₀₀ en pimiento dulce (*Capsicum annuum* .L) en el incremento de la clorofila.

Cabe mencionar que en un estudio realizado en girasoles (*Helianthus annuus* L.) pudo observarse que a pesar que se mostró una correlación positiva entre la dosis de SAP empleada y el contenido de clorofila, ésta correlación se iba reduciendo a medida que aumentaba la dosis, y que en condiciones de mayor irrigación no se apreciaban diferencias con el grupo control (Nazarli *et al.*, 2010) suponiendo que la sobresaturación del polímero pueda significar una reducción de la tasa respiratoria de la raíz.

Por otro lado un reciente estudio en plantas de bardi bush (*Acacia victoriae*) sometidas a estrés hídricos y SAP mostraron una reducción significativa del contenido de clorofila en todas las dosis de polímero aplicadas cuando se sometía a 100% de la capacidad de campo en comparación a tratamientos con 60 y 30% de la capacidad de campo. También hubo una reducción de la concentración de clorofila a medida que aumentaba

la dosis de polímero en los tratamientos con 100% de capacidad de campo (Tongo *et al.*, 2014).

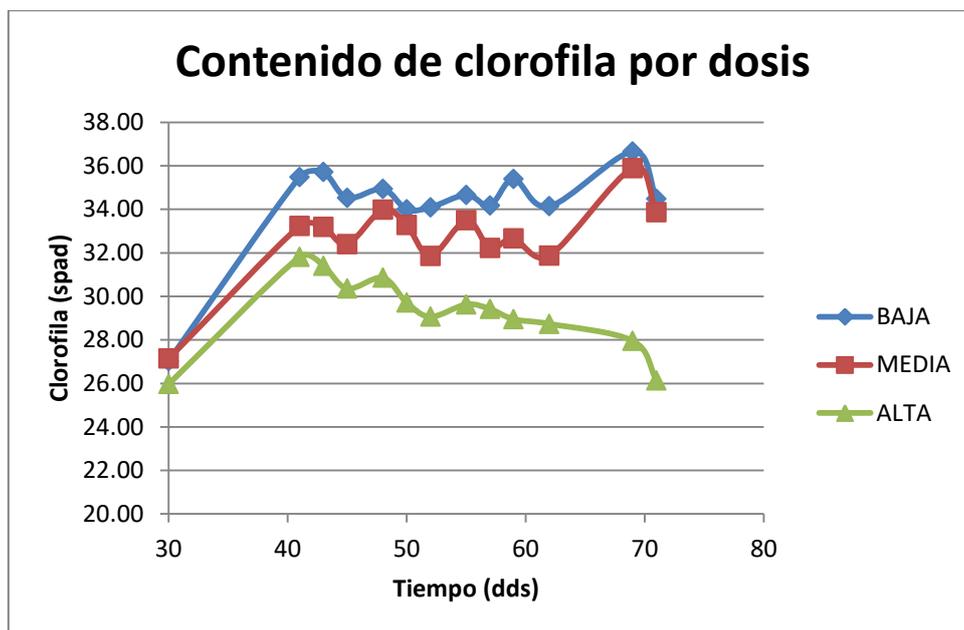


Figura 3: Tendencia del contenido de clorofila en respuesta a las dosis de las enmiendas retentivas de humedad en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var.cycla) cv.Fordhook Giant.

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 4 se observa la tendencia del contenido de clorofila en respuesta a los volúmenes de riego. En el cual la lámina moderada resulta como la más beneficiosa, esto posiblemente a que estaría permitiendo un adecuado flujo de los gases del suelo en especial del oxígeno.

El caso opuesto se daría la aplicación de la lámina adecuada, esto podría deberse a que el rendimiento fotosintético depende de gases como es el caso del oxígeno, el cual estaría menos disponible si el suelo se encuentra sobresaturado (Zheng *et al.*, 2007; Zude-Sasse *et al.*, 2001; Morard *et al.*, 2000). Cabe mencionar que este factor no resulto ser estadísticamente significativo, lo cual está en concordancia con Nazarli *et al.*, (2010) en donde observó que a partir de dosis de 3g/Kg no hubieron diferencias significativas entre las niveles de irrigación de 50 y 75% de capacidad de campo.

También en la investigación de Tongo *et al.*, (2014) sometidas a estrés hídricos y SAP en bardi Bush (*Acacia victoriae*), se puede ver similar tendencia ya que se presentó una

disminución de la concentración de clorofila a medida que incrementaba el porcentaje de capacidad de campo del riego. Las causas de este decremento corresponden en gran medida en lo antes mencionado, por la reducción en la tasa de transferencia de oxígeno de las raíces afectando la fotosíntesis (Zude-Sasse *et al.*, 2001).

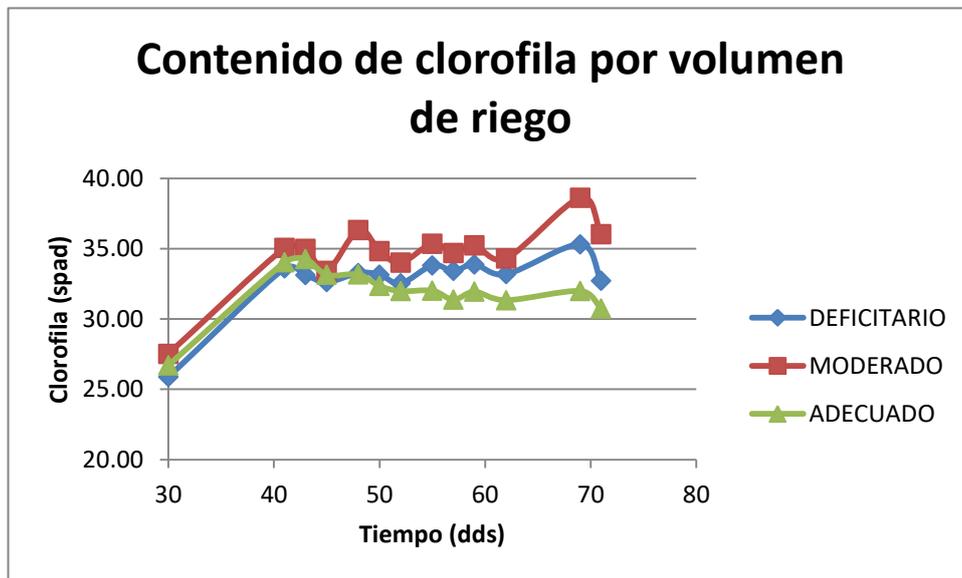


Figura 4: Tendencia del contenido de clorofila en respuesta a los volúmenes de riego en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris var. cycla*) cv. *Fordhook Giant*.

FUENTE: Elaboración propia.

4.2 Peso fresco

Se muestra en la tabla 6 que el mayor efecto en el Peso Fresco Total (PFT) se da por el tratamiento P2N3L2 (47.69g) y menor con TL2 (2.02g). Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto y dosis ($P = 0.00$); además para los efectos de interacción entre producto: dosis ($P = 0.00$) y dosis : lamina ($P = 0.01$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 18.1).

Se observa una interacción positiva entre producto: dosis, donde se incrementa el PFT a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 18.1).

El peso fresco total aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para análisis de factores simples, se observó que el factor producto es superior para la enmienda (P2) con 27.32g; en respuesta al factor dosis, en nivel más alto (N3) con 21.41g presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina moderada (L2) con 17.58g (véase el anexo 18.1).

Los datos expuestos tienen concordancia con otro experimento en un suelo arenoso modificado al 0.4%, empleando una enmienda de hidrogel, en el cual se obtuvo un aumento significativo en la biomasa del brote y la raíz de Césped (*Agrotis stolonifera*) hasta en 2,2 y 4 veces respectivamente en comparación al control (Agaba *et al.*, 2011).

Numerosos estudios han mostrado que la aplicación de hidrogeles de SAP mejoran varios parámetros de calidad entre ellos el aumento de la biomasa y los pesos frescos en donde incluso se observan una correlación positiva con respecto a la concentración de hidrogel aplicada en cultivos tales como maíz (Chen *et al*, 2004), haba (Laftah *et al*, 2011; Bakass *et al*, 2002), frijol (Mohana y Padmanabha, 2001), trigo (Li *et al*, 2014), entre otros. Siendo concorde con el resultado en donde la dosis alta (N3) fue el que obtuvo el mayor peso. Esto se debe a la disponibilidad de agua que otorga el hidrogel incluso en condiciones de estrés hídrico y salino (Ekebafe *et al*, 2011); en donde esta agua es usada tanto por la planta y para los microorganismos que habitan la rizósfera de la misma, mejorando la calidad del suelo y permitiendo un desarrollo mayor del cultivo (Li *et al*, 2014).

Tabla 6: Peso fresco total en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{X}_N	\bar{X}_P
P1	N1	2.96 ^{ef}	4.64 ^{def}	4.75 ^{def}	4.12	
	N2	8.78 ^{def}	3.17 ^{ef}	3.12 ^{ef}	5.02	4.71
	N3	4.32 ^{def}	5.37 ^{def}	5.28 ^{def}	4.99	
	\bar{X}_L	5.35	4.39	4.38		
P2	N1	17.17 ^{cde}	17.73 ^{cd}	11.48 ^{def}	15.46	
	N2	32.67 ^b	26.88 ^{bc}	26.45 ^{bc}	28.67	27.32
	N3	31.10 ^{bc}	47.69 ^a	34.73 ^{ab}	37.84	
	\bar{X}_L	26.98	30.77	24.22		
\bar{X}_L (Total)		16.17	17.58	14.30		
Testigo		2.25 ^f	2.02 ^f	2.20 ^f	2.15	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

La lámina de riego moderada L2 resultó con el mayor peso fresco en comparación al riego deficitario y adecuado, esto puede deberse a que los riegos deficitarios pueden reducir los parámetros de calidad del cultivo (Tongo *et al.*, 2014). Por otro lado el exceso de riego también reduce los parámetros de calidad debido a que reduce la tasa de transferencia de oxígeno del suelo hacia la raíz dificultando el desarrollo de la planta (Zheng *et al.*, 2007; Zude-Sasse *et al.*, 2001; Morard *et al.*, 2000).

El mayor efecto sobre el Peso Fresco Aéreo (PFA) se da por el tratamiento P2N3L2 (46.83g) y menor con TL2 (1.92g) como se muestra en la tabla 7.

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto y dosis ($P = 0.00$); además para los efectos de interacción entre producto : dosis ($P = 0.00$) y dosis : lamina ($P = 0.01$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 18.2).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el PFA a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 18.2).

El peso fresco aéreo aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P2) con 26.53g; en respuesta al factor dosis, en nivel más alto (N3) con 20.93g presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina moderada (L2) con 17.10g (véase el anexo 18.2).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Dorraji *et al.*, (2010) en el efecto positivo al aplicar 0.6% w/w un polímero hidrófilo en un suelo arenoso al cultivo de maíz (*Zea mays* .L) en el incremento del peso fresco aéreo.

Tabla 7. Peso fresco aéreo en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{X}_N	\bar{X}_P
P1	N1	2.81 ^{fg}	4.53 ^{efg}	4.51 ^{efg}	3.95	
	N2	8.47 ^{efg}	2.99 ^{efg}	2.96 ^{efg}	4.81	4.51
	N3	4.06 ^{efg}	5.19 ^{efg}	5.11 ^{def}	4.79	
\bar{X}_L		5.12	4.23	4.19		
P2	N1	16.15 ^{def}	16.91 ^{cde}	10.92 ^{efg}	14.66	
	N2	31.68 ^b	26.18 ^{bcd}	25.70 ^{bcd}	27.85	26.53
	N3	30.60 ^{bc}	46.83 ^a	33.81 ^{ab}	37.08	
\bar{X}_L		26.14	29.97	23.48		
$\bar{X}_{L(Total)}$		15.63	17.10	13.83		
Testigo		2.11g	1.92g	2.01g	2.01	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

Podemos observar en la tabla 8 que el mayor efecto sobre el Peso Fresco Radicular (PFR) se da por el tratamiento P2N1L1 (1.02g) y el menor con TL2 (0.09g).

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto ($P = 0.00$); además para los efectos de interacción entre producto: dosis: lamina ($P = 0.05$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 18.3).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el PFR a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 18.3).

El peso fresco radicular aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis de factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P2) con 0.79g; en respuesta al factor dosis, en nivel más medio (N2) con 0.51g presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina adecuada (L1) con 0.54g (véase el anexo 18.3).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Sayyari y Ghanbari., (2012) en el efecto positivo de aplicar un polímero super absorbente A₂₀₀ en pimiento dulce (*Capsicum annuum* .L) en el incremento del peso fresco de la raíz.

Tabla 8: Peso fresco radicular en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	$\bar{x}N$	$\bar{x}P$
P1	N1	0.15ef	0.11ef	0.24cdef	0.17	
	N2	0.31bcdef	0.19def	0.16ef	0.22	0.20
	N3	0.26cdef	0.18def	0.18def	0.20	
$\bar{x}L$		0.24	0.16	0.19		
P2	N1	1.02a	0.83abcd	0.55bcdef	0.80	
	N2	0.99a	0.70abcdef	0.75abcde	0.81	0.79
	N3	0.51abcdef	0.86abc	0.92ab	0.76	
$\bar{x}L$		0.84	0.80	0.74		
$\bar{x}L_{(Total)}$		0.54	0.48	0.47		
Testigo		0.15ef	0.09f	0.19def	0.14	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

4.3 Peso seco

Se muestra en la tabla 9 que el mayor efecto en el Peso Seco Total (PST) se da por el tratamiento P2N3L2 (3.339g) y menor con TL2 (0.346g).

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto ($P = 0.00$), dosis ($P = 0.01$); además para los efectos de interacción entre producto : dosis ($P = 0.001$), producto: lamina ($P = 0.05$), dosis : lamina ($P = 0.05$), producto: dosis: lamina ($P = 0.05$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 19).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el PST a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 19).

El peso seco total aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis de factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P2) con 2.413g; en respuesta al factor dosis, en nivel más alto (N3) con 1.734g presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina moderada (L2) con 1.62g (véase el anexo 19).

Tabla 9: Peso seco total en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{x}_N	\bar{x}_P
P1	N1	0.457 ^g	0.629 ^{fg}	0.794 ^{efg}	0.627	
	N2	1.115 ^{defg}	0.592 ^{fg}	0.499 ^g	0.735	0.679
	N3	0.665 ^{fg}	0.609 ^{fg}	0.749 ^{fg}	0.674	
	\bar{x}_L	0.75	0.61	0.68		
P2	N1	1.789 ^{bcdef}	2.155 ^{abcd}	1.615 ^{cdefg}	1.853	
	N2	2.464 ^{abc}	2.386 ^{abc}	2.927 ^{ab}	2.592	2.413
	N3	2.031 ^{bcde}	3.339 ^a	3.012 ^{ab}	2.794	
	\bar{x}_L	2.09	2.63	2.52		
\bar{x}_L (Total)		1.42	1.62	1.60		
Testigo		0.381 ^g	0.346 ^g	0.419 ^g	0.382	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

La tabla 10 revela que el mayor efecto en el Peso Seco Aéreo (PSA) se da por el tratamiento P2N3L2 (3.160g) y menor con TL2 (0.298g).

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto y dosis ($P = 0.00$); además para los efectos de interacción entre producto : dosis ($P = 0.001$), producto : lamina ($P = 0.01$), producto: dosis : lamina ($P = 0.05$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 19.1).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el PSA a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 19.1).

El peso seco aéreo aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P2) con 2.216g; en respuesta al factor dosis, en nivel más alto (N3) con 1.630g presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina deficitaria (L3) con 1.48g (véase el anexo 19.1).

Tabla 10: Peso seco aéreo en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{X}_N	\bar{X}_P
P1	N1	0.400fg	0.568fg	0.693efg	0.553	
	N2	0.990defg	0.490fg	0.440fg	0.640	0.603
	N3	0.583fg	0.565fg	0.695efg	0.614	
	\bar{X}_L	0.66	0.54	0.61		
P2	N1	1.545cdef	1.835bcde	1.450cdefg	1.610	
	N2	2.213abc	2.208abc	2.750ab	2.390	2.216
	N3	1.920bcd	3.160a	2.860ab	2.647	
	\bar{X}_L	1.89	2.40	2.35		
$\bar{X}_L_{(Total)}$		1.28	1.47	1.48		
Testigo		0.320g	0.298g	0.353g	0.323	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

Se aprecia en la tabla 11 que el mayor efecto en el Peso Seco Radicular (PSR) se da por el tratamiento P2N1L2 (0.320g) y menor con P1N3L2 (0.044g).

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto ($P = 0.00$); dosis ($P = 0.001$); además para los efectos de interacción entre producto: dosis ($P = 0.01$) y producto: dosis: lamina ($P = 0.01$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 19.2).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el PSR a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 19.2).

El peso seco radicular aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P2) con 0.198g; en respuesta al factor dosis, en nivel más bajo (N1) con 0.15g presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina moderada (L2) con 0.15g (véase el anexo 19.2).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Sayyari y Ghanbari., (2012) en el efecto positivo de aplicar un polímero super absorbente A₂₀₀ en pimiento dulce (*Capsicum annuum* .L) en el incremento del peso seco de la raíz.

Tabla 11: Peso seco radicular en gramos como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{x}_N	\bar{x}_P
P1	N1	0.057 ^c	0.062 ^c	0.101 ^{bc}	0.073	
	N2	0.125 ^{bc}	0.102 ^{bc}	0.059 ^c	0.095	0.076
	N3	0.083 ^c	0.044 ^c	0.054 ^c	0.060	
	\bar{x}_L	0.09	0.07	0.07		
P2	N1	0.244 ^{ab}	0.320 ^a	0.165 ^{bc}	0.243	
	N2	0.251 ^{ab}	0.178 ^{abc}	0.177 ^{abc}	0.202	0.198
	N3	0.111 ^{bc}	0.179 ^{abc}	0.152 ^{bc}	0.148	
	\bar{x}_L	0.20	0.23	0.16		
\bar{x}_L (Total)		0.14	0.15	0.12		
Testigo		0.061 ^c	0.049 ^c	0.067 ^c	0.059	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, P≤ 0.05).

FUENTE: Elaboración propia.

Se sabe que el uso de polímeros superabsorbentes como enmiendas de cultivo han aumentado el desarrollo y peso fresco y seco de las raíces de las plantas en estudios tanto en condiciones de estrés (Tongo *et al*, 2014) como en condiciones normales de cultivo (Woodhouse & Johnson, 1991), esto debido a que estos hidrogeles tiene la propiedad de mejorar la calidad del suelo variando parámetros como densidad, humedad, salinidad, pH, etc; manteniendo condiciones estables para el desarrollo de los cultivos en comparación a suelos que no poseen estas enmiendas (Yu *et al*, 2012) incluso se ha llegado a observar que los nutrientes del suelo son liberados de forma continua, estable y localizada (Rudzinski *et al* 2002).

Esta propiedad de los hidrogeles ha permitido y aumentado el desarrollo radicular de especies tales como lechuga (Woodhouse y Johnson, 1991), algodón (Doane y Doane,

2006), bardi Bush (Tongo *et al*, 2014), gramíneas de montaña (Yang *et al*, 2014b) e incluso en algunas especies de gimnospermas como el pino (Liu *et al*, 2013).

4.4 Porcentaje de materia seca

Se evidencia que el mayor efecto en el Porcentaje de Materia Seca Total (%MST) se da por el tratamiento P1N2L2 (22.9%) y menor con P2N3L1 (6.5%) tal como se muestra en la tabla 12.

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto ($P = 0.00$) y dosis ($P = 0.05$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 20.1).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa la M.S.T a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 20).

El porcentaje de materia seca total aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P1) con 16.98%; en respuesta al factor dosis, en nivel más bajo (N1) con 14.99% presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina deficitaria (L3) con 14.88% (véase el anexo 20.1).

La producción de materia seca se relaciona directamente con el contenido de clorofila y la tasa de fotosíntesis de las hojas, siendo este un factor clave para su variación (Ghosh *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta que el experimento se condujo en mesas de invernadero cubiertas por malla antiáfido, las cuales reducían la luminosidad y ocasionaban un leve aumento de la temperatura, estas condiciones pueden haber influido desfavorablemente sobre el desarrollo del cultivo y por ende en la materia seca resultante.

(Hunt *et al.*, 2002) ponen de manifiesto que la acumulación de materia seca, la cual depende del tamaño del área foliar, de la tasa a la cual funcionan las hojas y el tiempo que el follaje persiste.

Yang *et al.*, (2014a), hallaron en el cultivo de arroz que existe una correlación entre el valor del SPAD-502PLUS y el índice de nutrición de nitrógeno (NNI), Por ende podríamos relacionar también el contenido de N para la acelga e inducir que los

tratamientos con mayor contenido de clorofila también tendrían los mayores contenidos en nitrógeno y como se sabe este es precursor de innumerables proteínas, lo cual respaldaría las altas correlaciones con los valores del porcentaje materia seca.

Además la tendencia coincide con los resultados reportados en la investigación de eficacia de ahorro y conservación de agua en el suelo de un polímero super absorbente en el cual resulto que este no tenía efecto sobre la masa seca del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo un riego adecuado y moderado, pero si bajo riego deficitario (Islam *et al.*, 2011).

Tabla 12: Porcentaje de materia seca total como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	$\bar{X}N$	$\bar{X}P$
P1	N1	18.60ab	15.09ab	18.99ab	17.56	
	N2	12.97ab	22.91a	21.48ab	19.12	16.98
	N3	16.81ab	11.51ab	14.44ab	14.25	
$\bar{X}L$		16.13	16.50	18.31		
P2	N1	10.16ab	12.44ab	14.64ab	12.41	
	N2	7.49ab	9.00ab	11.00ab	9.16	9.68
	N3	6.49b	7.15ab	8.70ab	7.45	
$\bar{X}L$		8.05	9.53	11.45		
$\bar{X}L_{(Total)}$		12.09	13.02	14.88		
Testigo		20.02ab	19.61ab	22.17ab	20.60	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

El resultado concuerda con el estudio en el cultivo de soja (*Glycina max. L.*) donde la aplicación de 225 kg ha⁻¹ de un polímero hidrófilo incremento la materia seca total en comparación al control (Yazdani *et al.*, 2007).

En la tabla 13 demuestra que el mayor efecto en el Porcentaje de Materia Seca Aérea (%MSA) se da por el tratamiento TL3 (20.93%) y menor con P2N3L1 (6.25%).

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto ($P = 0.00$) y dosis ($P = 0.05$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 20.2).

Se observa una interacción positiva entre producto : lamina, donde se incrementa la M.S.A a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 20.2).

El porcentaje de materia seca aérea aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P1) con 15.60%; en respuesta al factor dosis, en nivel más bajo (N1) con 13.80% presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina deficitaria (L3) con 14.08% (véase el anexo 20.2).

La literatura nos dice que inicialmente, la hoja recién desplegada se comporta más como sumidero, importando asimilados procedentes de otras hojas, hasta que alcanza el 30% de su tamaño final, cuando la importación cesa gradualmente y la hoja pasa de importar a exportar carbono (Ho, 1984). Esto explicaría por qué los testigos a pesar de poseer un área foliar reducida en comparación con los otros tratamientos, presenta mayor porcentaje de materia seca.

A esto se suma la información teórica en la cual muchas especies de plantas cultivadas, con el fin de evitar el sombreado, tienden a aumentar la relación tallo/hoja en condiciones de baja intensidad de radiación solar según Smith (1981) citado por (Peil y Gálvez, 2005). Esto lo podríamos ver plasmado en este estudio debido a que al encontrarse las plantas en un invernadero estarían sometidas a una baja radiación solar. Y como se sabe la radiación solar en el interior de un invernadero se ve reducida en un 50% con respecto al exterior (Barrientos *et al.*, 2015).

Tabla 13: Porcentaje de materia seca aérea como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{X}_N	\bar{X}_P
P1	N1	16.93ab	14.11ab	17.60ab	16.21	
	N2	11.92ab	19.35ab	20.14ab	17.14	15.60
	N3	15.39ab	11.06ab	13.91ab	13.45	
	\bar{X}_L	14.75	14.84	17.21		
P2	N1	9.27ab	11.10ab	13.83ab	11.40	
	N2	6.94b	8.54ab	10.54ab	8.67	9.10
	N3	6.25b	6.90b	8.49ab	7.21	
	\bar{X}_L	7.49	8.85	10.95		
$\bar{X}_L_{(Total)}$		11.12	11.84	14.08		
Testigo		18.20ab	17.47ab	20.93a	18.87	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

Podemos ver que el mayor efecto en el Porcentaje de Materia Seca Radicular (%MSR) se da por el tratamiento P1N2L2 (61.49%) y menor con P2N3L3 (16.67%) como nos indica la tabla 14.

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto ($P = 0.00$) y dosis ($P = 0.01$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 20.3).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el %MSR a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 20.3).

El porcentaje de materia seca radicular aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P1) con 43.98%; en respuesta al factor dosis, en nivel más bajo (N1) con 42.85% presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina moderada (L2) con 37.42% (véase el anexo 20.3).

Basándonos en estudios que señalan a los factores que incrementan la actividad específica del sistema radical, tales como el aporte adecuado de agua o de macronutrientes (especialmente nitrógeno), el aumento del potencial hídrico y una temperatura óptima para el funcionamiento de las raíces reducen la distribución proporcional de materia seca hacia las raíces (Chung *et al*, 2002; Díaz-Perez *et al.*, 2002; Liu & Stützel, 2004). Este comportamiento se puede ver en la tabla 12 ya que al aplicar los distintos regímenes hídricos se ve a la lámina moderada (L2) proporcionar mejores características al suelo, teniendo como resultado la mayor concentración de materia seca.

Tabla 14: Porcentaje de materia seca radicular como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{X}_N	\bar{X}_P
P1	N1	54.06a	50.78a	50.90a	51.91	
	N2	42.99a	61.49a	38.88a	47.79	43.98
	N3	39.03a	26.15a	31.56a	32.25	
\bar{X}_L		45.36	46.14	40.45		
P2	N1	29.99a	38.68a	32.71a	33.80	
	N2	28.20a	26.66a	27.72a	27.53	27.06
	N3	22.18a	20.76a	16.67a	19.87	
\bar{X}_L		26.79	28.70	25.70		
$\bar{X}_L_{(Total)}$		36.07	37.42	33.07		
Testigo		45.84a	52.77a	42.09a	46.90	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

4.5 Porcentaje de humedad de suelo

La tabla 15 nos revela que el mayor efecto en el Porcentaje de Humedad Gravimétrica (%H_g) se da por el tratamiento P2N3L1 (14.33%) y menor con P1N1L3 (2.44%).

Del análisis de variancia del factorial (ANOVA) se evidencian que la variación para los efectos simples de producto, dosis y lamina ($P = 0.00$); además para los efectos de interacción entre producto: dosis ($P = 0.00$); dosis: lamina ($P = 0.01$) y producto: dosis: lamina ($P = 0.05$) son importantes y repercuten en la variación total (véase el anexo 21).

Se observa una interacción positiva entre producto : dosis, donde se incrementa el %H_g a medida que se incrementa la dosis de los productos (véase el anexo 21).

El porcentaje de humedad de suelo aplicando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el análisis por factores simples, en respuesta al factor producto es superior para la enmienda (P2) con 8.72%; en respuesta al factor dosis, la más alta (N3) con 8.65% presenta superioridad; y por último en respuesta al factor lámina de riego la mejor respuesta se presentó por la lámina adecuada (L1) con 8.74% (véase el anexo 21).

Aludiendo a los resultados presentados en la tabla se puede distinguir que la enmienda P2 presenta superioridad en comparación con la enmienda P1 y los testigos, esto se puede deber a que esta presenta en su composición 100% polímero en comparación con la P1 que es formulado con un porcentaje de este. Es claro este resultado por todas las características intrínsecas del material. Con respecto a la relativa superioridad del testigo sobre la enmienda P1 esto posiblemente se debería que al desarrollar menos las plantas del testigo, estas no presentaron una evapotranspiración demandante y por ende no consumieron mucha agua del suelo, como si lo presentaron las plantas en los tratamientos con la enmienda P1, por lo cual la reserva en este es consecuentemente menor.

Los resultados obtenidos coinciden por lo expuesto por Agaba *et al.*, (2011), donde mostraron que la modificación en 0.4% de la textura de un suelo arenoso empleando una enmienda de hidrogel, en el cual, el potencial hídrico fue más negativo en comparación con el testigo. Lo cual sugiere que los hidrogeles pueden mejorar las propiedades del suelo arenoso y mantener el agua durante más tiempo en la matriz del suelo.

Respuestas similares fueron reportados por Dorraji *et al.*, (2010) en el efecto positivo al aplicar 0.6% w/w un polímero hidrófilo en un suelo arenoso en el cultivo de maíz (*Zea mays* .L) en el que resulto en la mayor eficiencia de uso de agua, las cuales fueron 2.6 veces mayor que en el testigo.

Tabla 15: Porcentaje de humedad de suelo como respuesta a la aplicación de dosis de enmiendas retentivas de humedad bajo tres láminas de riego.

		L1	L2	L3	\bar{X}_N	\bar{X}_P
P1	N1	7.11 ^{def}	3.83 ^{efgh}	2.44 ^h	4.46	
	N2	4.28 ^{efgh}	2.78 ^h	3.66 ^{efgh}	3.57	4.14
	N3	6.69 ^{defg}	3.47 ^{fgh}	3.00 ^{gh}	4.39	
	\bar{X}_L	6.02	3.36	3.03		
P2	N1	9.00 ^{bcd}	2.47 ^h	2.74 ^h	4.74	
	N2	11.05 ^{abc}	7.35 ^{cde}	7.16 ^{def}	8.52	8.72
	N3	14.34 ^a	12.19 ^{ab}	12.21 ^{ab}	12.91	
	\bar{X}_L	11.46	7.33	7.37		
\bar{X}_L (Total)		8.74	5.35	5.20		
Testigo		9.16 ^{bcd}	5.45 ^{defgh}	4.64 ^{efgh}	6.41	

↑ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

FUENTE: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

1. El empleo de enmiendas retentivas de humedad resultan significativas en el cultivo de acelga para la mayoría de parámetros evaluados en contraste a no emplearlas. La enmienda que amortigua en mayor medida la disminución del contenido de clorofila por efecto del estrés hídrico viene a ser P1; en respuesta al factor dosis se evidencia que la dosis baja resulto ser las más beneficiosa y el factor volumen de riego mostró mayor eficacia al moderado. Además La enmienda que favorece la conservación y disponibilidad de agua en el suelo, expresado en humedad gravimétrica viene a ser P2. El porcentaje de humedad en suelo presenta mayor eficacia en respuesta a los factores dosis alta y riego adecuado.
2. Los pesos frescos aéreo, radicular y total son favorecidos en mayor medida por la aplicación de la enmienda P2 seguido del P1. El peso fresco aéreo en respuesta al factor dosis evidencia que la dosis alta resulta superior. El peso fresco radicular en respuesta al factor dosis evidencia que la dosis media presenta superioridad. Cabe mencionar que su uso tuvo un incremento en el producto económico (peso fresco aéreo) en 1.24% para P1 y 12.20% para P2 en comparación con los testigos.
3. Los pesos secos aéreos, radicular y total son favorecidos en mayor medida por la aplicación de la enmienda P2 seguido de P1. El peso seco aéreo en respuesta al factor dosis evidencia que la dosis alta resulta superior. El peso seco radicular en respuesta al factor dosis evidencia que la dosis baja resulta superior.
4. Los porcentajes de materia seca aérea, radicular y total son favorecidos en mayor medida por la aplicación de la enmienda P1 seguido de P2. El porcentaje de materia seca aérea en respuesta al factor dosis evidencia que la baja resulta ligeramente superior, pero sin presentar significancia estadística. El porcentaje de materia seca radicular en respuesta al factor dosis no evidencia influencia.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar en un próximo ensayo frecuencias de riegos más espaciadas y ajustar más los porcentajes de volúmenes de riego.
- Iniciar con los tratamientos de riego cuando las plantas se encuentren un estadio fenológico menor.
- Realizar ensayos parecidos en distintos tipos texturales de suelo, para evaluar el comportamiento de las variables respuesta a la aplicación de las enmiendas retentivas de humedad.
- Ejecutar nuevas investigaciones en otras especies con las dosis probadas y demás dosis, para obtener la dosis optima según el tipo de suelo y cultivo.
- Hacer nuevas investigaciones con instrumentos de mayor precisión que cuenten con sensores que registren la humedad volumétrica para que se incremente la precisión de frecuencia y volumen de riego.
- Realizar los futuros ensayos en cada estación climática definida.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. AGABA, H; ORIKIRIZA, LJ; OBUA, J; KABASA, JD; WORBES, M; HÜTTERMANN, A. (2011). Hydrogel amendment to sandy soil reduces irrigation frequency and improves the biomass of *Agrostis stolonifera*. *Agricultural Sciences*, 2(04), 544.
2. AHMED, EM. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of advanced research*, 6(2), 105-121.
3. AKHTER, J; MAHMOOD, K; MALIK, KA; MARDAN, A; AHMAD, M; IQBAL, MM. (2004). Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil and Environment*, 50(10), 463-469.
4. ARJI, I; ARZANI, K. (2004). Effect of water stress on some biochemical changes in leaf of five olive (*Olea europaea* L.) cultivars. In V International Symposium on Olive Growing 791, 523-526.
5. BAHAR, I; ERBIL, HY; BAYSAL, BM; ERMAN, B. (1987). Determination of polymer-solvent interaction parameter from swelling of networks: the system poly (2-hydroxyethyl methacrylate)-diethylene glycol. *Macromolecules*, 20(6), 1353-1356.
6. BAKASS, M; MOKHLISSE, A; LALLEMANT, M. (2002). Absorption and desorption of liquid water by a superabsorbent polymer: Effect of polymer in the drying of the soil and the quality of certain plants. *Journal of Applied Polymer Science*, 83(2), 234-243.
7. BARRIENTOS LLANOS, H; DEL CASTILLO GUTIÉRREZ, CR; GARCÍA CÁRDENAS, M. (2015). Functional analysis of growth, biomass accumulation and translocation of dry matter eight vegetables grown in greenhouses. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2, 76.
8. BASTANI, D; ESMAEILI, N; ASADOLLAHI, M. (2013). Polymeric mixed matrix membranes containing zeolites as a filler for gas separation applications: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(2), 375-393.

9. BRANNON-PEPPAS L, HARLAND RS. (1991). Absorbent polymer technology. *Journal of Controlled Release* 17(3), 297–8.
10. BRANNON-PEPPAS, L; PEPPAS, NA. (1991). Time-dependent response of ionic polymer networks to pH and ionic strength changes. *International journal of pharmaceutics*, 70(1-2), 53-57.
11. BUCHHOLZ, FL; GRAHAM, AT. (1998). Modern superabsorbent polymer technology. New York, USA, John! Wiley & Sons, Inc. NY 10016, 1998. 279.
12. BURKERT, S; SCHMIDT, T; GOHS, U; DORSCHNER, H; ARNDT, KF. (2007). Cross-linking of poly (N-vinyl pyrrolidone) films by electron beam irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 76(8-9), 1324-1328.
13. CHEN, P., ZHANG, W. A., LUO, W., & FANG, Y. E. (2004). Synthesis of superabsorbent polymers by irradiation and their applications in agriculture. *Journal of applied polymer science*, 93(4), 1748-1755.
14. CHUNG, SJ; CHUN, YT; KIM, KY; KIM, TH. (2001). Root zone temperature effect in hydroponically grown cucumber plants: growth and carbohydrate metabolism. In II International Symposium on Cucurbits 588, 53-57.
15. DIAZ-PEREZ, JC; GRANBERRY, D; BERTRAND, D; GIDDINGS, D. (2002). Tomato plant growth during establishment as affected by root zone temperature under colored mulches. In XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Transplant Production and Stand Establishment Research 631, 119-124.
16. DOANE, SW; DOANE, WM. (2006). Methods of forming superabsorbent polymer products for use in agricultura. Washington, DC, United State of America U.S. Patent and Trademark Office. U.S. Patent No. 7,009,020.
17. DONEY, DL. (1995). USDA-ARS sugarbeet releases. *Journal of sugar beet research*. 32, 229-57.
18. DORRAJI, SS; GOLCHIN, A; AHMADI, S. (2010). The effects of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. *Clean–Soil, Air, Water*, 38(7), 584-591.
19. EKEBAFE, LO; OGBEIFUN, DE; OKIEIMEN, FE. (2011). Polymer applications in agriculture. *Biokemistri*, 23(2), 81-89.
20. EMILEH, A; VASHEGHANI-FARAHANI, E; IMANI, M. (2007). Swelling behavior, mechanical properties and network parameters of pH-and temperature-

- sensitive hydrogels of poly ((2-dimethyl amino) ethyl methacrylate-co-butyl methacrylate). *European Polymer Journal*, 43(5), 1986-1995.
21. FERNÁNDEZ-NIEVES, A; FERNÁNDEZ-BARBERO, A; VINCENT, B; DE LAS NIEVES, FJ. (2000). Charge controlled swelling of microgel particles. *Macromolecules*, 33(6), 2114-2118.
 22. GANJI, F; VASHEGHANI, FS; VASHEGHANI, FE. (2010). Theoretical description of hydrogel swelling: a review. *Iranian Polymer Journal*.19 (5), 2010, 375-398.
 23. GHOSH, PK; BANDYOPADHYAY, KK; MANNA, MC; MANDAL, KG; MISRA, AK; HATI, KM. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource technology*, 95(1), 85-93.
 24. GIBAS, I; JANIK, H. (2010). Synthetic polymer hydrogels for biomedical applications. *Chemistry and chemical technology*. 4 (4): 297-304.
 25. GIL, ES; HUDSON, SM. (2004). Stimuli-responsive polymers and their bioconjugates. *Progress in polymer science*, 29(12), 1173-1222.
 26. GUILHERME, MR; AOUADA, FA; FAJARDO, AR; MARTINS, AF; PAULINO, AT; DAVI, MF; RUBIRA, AF; MUNIZ, EC. (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *European Polymer Journal*, 72, 365-385.
 27. GUTIÉRREZ-CASTAÑEDA, IDJ; SÁNCHEZ-COHEN, I; CUETO-WONG, J; TRUCIOS-CACIANO, R; TREJO-CALZADA, R; FLORES-HERNANDEZ, A. (2008). Efecto del polímero AQUASTOCK® en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de la acelga (*Beta vulgaris* var *cycla*). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(1), 65-72.
 28. HACKER MC, MIKOS AG. (2011). Synthetic polymers, principles of regenerative medicine. Academic press. Florida, Boca Raton, pp. 587–622.
 29. HEINZE, T; LIEBERT, T; HEUBLEIN, B; HORNIG, S. (2006). Functional polymers based on dextran. In *Polysaccharides II*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 199-291
 30. HO, LC. (1979). Regulation of assimilate translocation between leaves and fruits in the tomato. *Annals of Botany*, 43(4), 437-448.

- http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498; consulta: Diciembre 2018.
31. HUNT, R; CAUSTON, DR; SHIPLEY, B; ASKEW, AP. (2002). A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of botany*, 90(4), 485-488.
 32. IIZAWA, T; TAKETA, H; MARUTA, M; ISHIDO, T; GOTOH, T; SAKOHARA, S. (2007). Synthesis of porous poly (N-isopropylacrylamide) gel beads by sedimentation polymerization and their morphology. *Journal of applied polymer science*, 104(2), 842-850.
 33. INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM (ITIS). 2011. ITIS –North America. Base de dato consultado el 30 de agosto de 2018. Disponible en:https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=524868#null
 34. ISLAM, MR; MAO, S; XUE, X.; ENEJI, AE; ZHAO, X; HU, Y. (2011). A lysimeter study of nitrate leaching, optimum fertilization rate and growth responses of corn (*Zea mays* L.) following soil amendment with water-saving super-absorbent polymer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(11), 1990-1997.
 35. JAMES, EA; RICHARDS, D. (1986). The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. *Scientia Horticulturae*, 28(3), 201-208.
 36. KABIRI, K; ZOHURIAAN-MEHR, MJ. (2003). Superabsorbent hydrogel composites. *Polymers for Advanced Technologies*, 14(6), 438-444.
 37. KABIRI, K; OMIDIAN, H; ZOHURIAAN-MEHR, MJ; DOROUDIANI, S. (2011). Superabsorbent hydrogel composites and nanocomposites: a review. *Polymer Composites*, 32(2), 277-289.
 38. KANG, SI; BAE, YH. (2003). A sulfonamide based glucose-responsive hydrogel with covalently immobilized glucose oxidase and catalase. *Journal of Controlled Release*, 86(1), 115-121.
 39. KASHYAP, N; KUMAR, N; KUMAR, MR. (2005). Hydrogels for pharmaceutical and biomedical applications. *Critical Reviews™ in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 22(2), 107-150.
 40. KRARUP, C. M. I. 1998. Hortalizas de estación fría. *Biología y diversidad cultural*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago. 1, 130-133.

41. KRSKO, P; MCCANN, TE; THACH, TT; LAABS, TL; GELLER, HM; LIBERA, MR. (2009). Length-scale mediated adhesion and directed growth of neural cells by surface-patterned poly (ethylene glycol) hydrogels. *Biomaterials*, 30(5), 721-729.
42. KUSABA, M; TANAKA, A; TANAKA, R. (2013). Stay-green plants: what do they tell us about the molecular mechanism of leaf senescence. *Photosynthesis Research*, 117(1-3), 221-234.
43. LAFTAH, WA; HASHIM, S; IBRAHIM, AN. (2011). Polymer hydrogels: A review. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 50(14), 1475-1486.
44. LENTZ, RD. (2003). Inhibiting water infiltration with polyacrylamide and surfactants: Applications for irrigated agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58(5). 290-300.
45. LI, X; HE, JZ; HUGHES, JM; LIU, YR; ZHENG, YM. (2014). Effects of super-absorbent polymers on a soil-wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. *Applied Soil Ecology*, 73, 58-63.
46. CHEN, P; ZHANG, W. A; LUO, W; FANG, YE. (2004). Synthesis of superabsorbent polymers by irradiation and their applications in agriculture. *Journal of applied polymer science*, 93(4), 1748-1755.
47. LI, Y; HUANG, G; ZHANG, X; LI, B; CHEN, Y; LU, T; LU, TJ; XU, F. (2013). Magnetic hydrogels and their potential biomedical applications. *Advanced Functional Materials*, 23(6), 660-672.
48. LIU, F; STÜTZEL, H. (2004). Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to drought stress. *Scientia horticultrae*, 102(1), 15-27.
49. LIU, F; MA, H; XING, S; DU, Z; MA, B; JING, D. (2013). Effects of super-absorbent polymer on dry matter accumulation and nutrient uptake of *Pinus pinaster* container seedlings. *Journal of forest research*, 18(3), 220-227.
50. LÓPEZ-ELÍAS, J; HUEZ, L; ANTONIO, M; RUEDA, P; OMAR, E; JIMÉNEZ, L; GARRIDO, L. (2013). Uso de un polímero hidrófilo en Chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Idesia (Arica)*, 31(2), 77-81.
51. MABOKO, MM; DU PLOOY, CP. (2013). Effect of plant spacing and harvesting frequency on the yield of Swiss chard cultivars (*Beta vulgaris* L.) in a

- closed hydroponic system. *African Journal of Agricultural Research*, 8(10), 936-942.
52. MADEIRA, AC; FERREIRA, A; DE VARENNES, A; VIEIRA, MI. (2003). SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Communications in soil science and plant analysis*, 34(17-18), 2461-2470.
53. MAOLIN, Z; JUN, L; MIN, Y; HONGFEI, H. (2000). The swelling behavior of radiation prepared semi-interpenetrating polymer networks composed of polyNIPAAm and hydrophilic polymers. *Radiation Physics and Chemistry*, 58(4), 397-400.
54. MARCHETTI, M; CUSSLER, EL. (1989). Hydrogels as ultrafiltration devices. *Separation and Purification Methods*, 18(2), 177-192.
55. MEKONNEN, T; MUSSONE, P; KHALIL, H; BRESSLER, D. (2013). Progress in bio-based plastics and plasticizing modifications. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(43), 13379-13398.
56. MENDIBURU, F. (2019). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-1. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
57. MOHANA RAJU, K; PADMANABHA RAJU, M. (2001). Synthesis of novel superabsorbing copolymers for agricultural and horticultural applications. *Polymer International*, 50(8), 946-951.
58. MORARD, P; LACOSTE, L; SILVESTRE, J; (2000). Effect of oxygen deficiency on uptake of water and mineral nutrients by tomato plants in soilless culture. *Journal of Plant Nutr.* 2, 1063–1078.
59. NAZARLI, H; ZARDASHTI, MR, DARVISHZADEH, R; NAJAFI, S. (2010). El efecto del estrés hídrico y el polímero en la eficiencia del uso del agua, el rendimiento y varias características morfológicas del girasol en condiciones de invernadero. *Notulae Scientia Biologicae*, 2 (4), 53-58.
60. OMIDIAN, H; PARK, K; ROCCA, JG. (2007). Recent developments in superporous hydrogels. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(3), 317-327.
61. OVERSTREET, DJ; MCLEMORE, RY; DOAN, BD; FARAG, A; VERNON, BL. (2013). Temperature-responsive graft copolymer hydrogels for controlled swelling and drug delivery. *Soft Materials*, 11(3), 294-304.

62. PAPPENBROCK, J; E. PFÜNDEL, HP. MOCK; B. GRIMM. (2000). Decreased and increased expression of the subunit CHL I diminishes Mg chelatase activity and reduces chlorophyll synthesis in transgenic tobacco plants. *The plant journal* 22(2),155-164.
63. PARK, H; PARK, K. (1996). Hydrogels in bioapplications. In ACS Symposium. Washington, DC: American Chemical Society. 627, 2-10.
64. PEIL, R; GÁLVEZ, J. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Current Agricultural Science and Technology*, 11(1), 5-11.
65. PEPPAS, NA; BURES, P; LEOBANDUNG, W; ICHIKAWA, H. (2000). Hydrogels in pharmaceutical formulations. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics*, 50(1), 27-46.
66. PLUNKETT, KN; MOORE, JS. (2004). Patterned Dual pH-Responsive Core–Shell Hydrogels with Controllable Swelling Kinetics and Volumes. *Langmuir*, 20(16), 6535-6537.
67. QIU, Y; PARK, K. (2001). Environment-sensitive hydrogels for drug delivery. *Advanced drug delivery reviews*, 53(3), 321-339.
68. R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
69. RINAUDO, M. (2006). Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in polymer science*, 31(7), 603-632.
70. RIZZELLO, L; CINGOLANI, R; POMPA, PP. (2013). Nanotechnology tools for antibacterial materials. *Nanomedicine*, 8(5), 807-821.
71. RODRIGUES, FH; SPAGNOL, C; PEREIRA, AG; MARTINS, AF; FAJARDO, AR; RUBIRA, AF; MUNIZ, EC. (2014). Superabsorbent hydrogel composites with a focus on hydrogels containing nanofibers or nanowhiskers of cellulose and chitin. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(2), 1-13.
72. ROLANDO, JL; RAMÍREZ, DA; YACTAYO, W; MONNEVEUX, P; QUIROZ, R. (2015). Leaf greenness as a drought tolerance related trait in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 110, 27-35.
73. ROUTH, AF; FERNANDEZ-NIEVES, A; BRADLEY, M; VINCENT, B. (2006). Effect of added free polymer on the swelling of neutral microgel

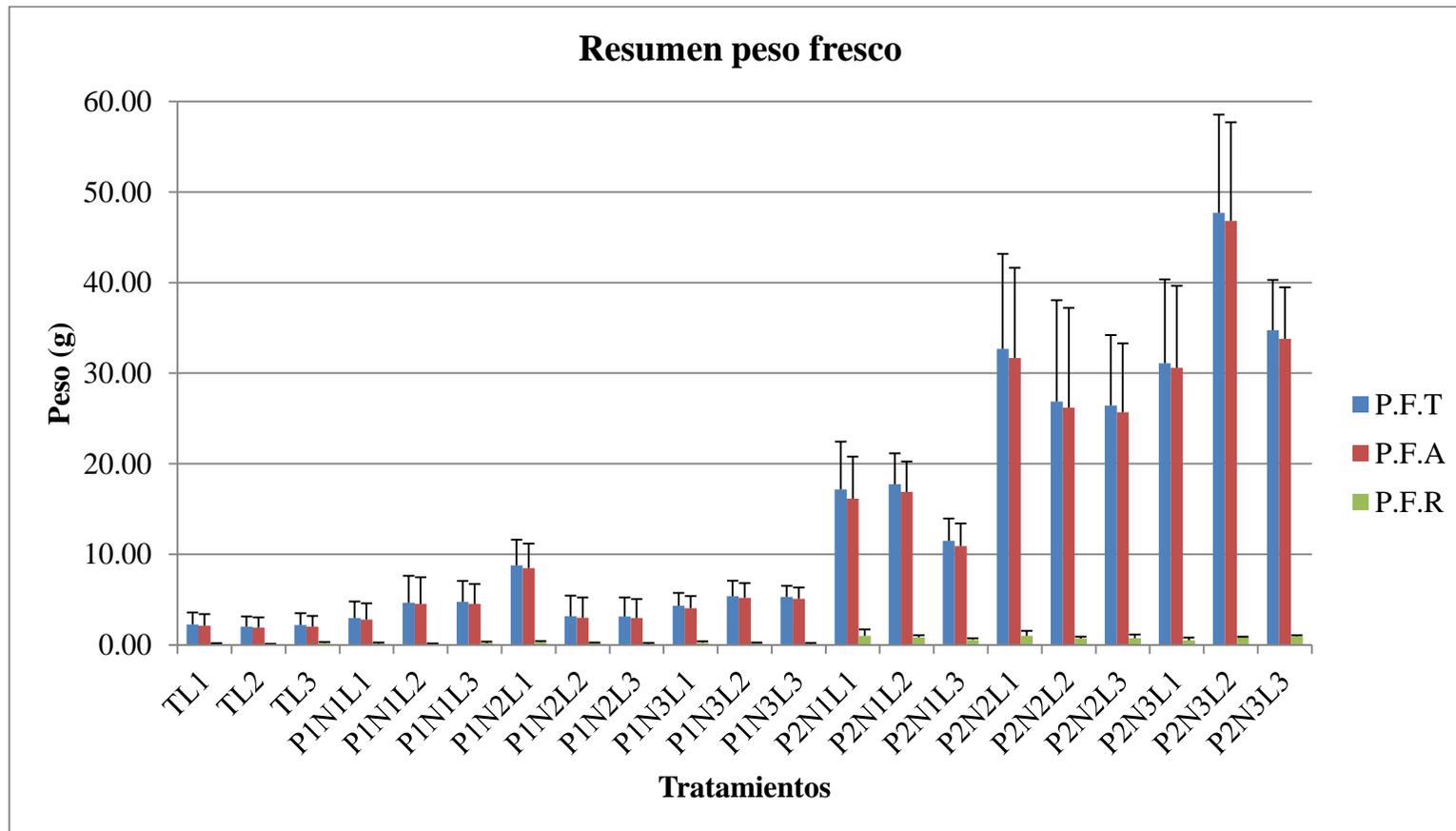
- particles: a thermodynamic approach. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110(25), 12721-12727.
74. RUDZINSKI, WE; DAVE, AM; VAISHNAV, UH; KUMBAR, SG; KULKARNI, AR; AMINABHAVI, TM. (2002). Hydrogels as controlled release devices in agriculture. *Designed monomers and polymers*, 5(1), 39-65.
 75. RUIZ-ESPINOZA, FH; MURILLO-AMADOR, B; GARCIA-HERNANDEZ, JL; FENECH-LARIOS, L; RUEDA-PUENTE, EO; TROYO-DIEGUEZ, E; BELTRAN-MORALES, A. (2010). Field evaluation of the relationship between chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD-502) readings. *Journal of Plant Nutrition*, 33(3), 423-438.
 76. SARTORE, L; VOX, G; SCHETTINI, E. (2013). Preparation and performance of novel biodegradable polymeric materials based on hydrolyzed proteins for agricultural application. *Journal of Polymers and the Environment*, 21(3), 718-725.
 77. SAYYARI, M; GHANBARI, F. (2012). Effects of super absorbent polymer A200 on the growth, yield and some physiological responses in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under various irrigation regimes. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 1(1), 1-11.
 78. SIEA (Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias). 2017. Consultado el 30 de agosto de 2018. Disponible en <http://siea.minag.gob.pe/siea/?=producción-hortofruticola.pdf>.
 79. SINGH, A; SHARMA, P. K; GARG, V. K; GARG, G. (2010). Hydrogels: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 4(2), 97-105.
 80. THOMAS, H; HOWARTH, CJ. (2000). Five ways to stay green. *Journal of experimental botany*, 51(1), 329-337.
 81. TONGO, A; MAHDAVI, A; SAYAD, E. (2014). Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of *Acacia victoriae* seedlings under drought stress. *Ecopersia*, 2(2), 571-583.
 82. ULERY, BD; NAIR, LS; LAURENCIN, CT. (2011). Biomedical applications of biodegradable polymers. *Journal of polymer science Part B: polymer physics*, 49(12), 832-864.

83. ULLAH, F; OTHMAN, MB. H; JAVED, F; AHMAD, Z; AKIL, HM. (2015). Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 57, 414-433.
84. USDA, 1999. NUTRIMENT DATABASE FOR ESTÁNDAR REFERENCE. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11147?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Beta+vulgaris+L.+var.cicla+&ds=SR&qt=standard&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
85. VARGAS, P. (2009). El cambio climático y sus efectos en el Perú. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. Working paper series .1, 1-59.
86. WANG, YT; GREGG, LL. (1989). Uniconazole affects vegetative growth, flowering, and stem anatomy of hibiscus. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 114 (6), 927-932.
87. WOODHOUSE, J; JOHNSON, MS. (1991). Effect of superabsorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. *Agricultural water management*, 20(1), 63-70.
88. WOODLAND, DW. (1991). Contemporary plant systematics. Prentice Hall.
89. WU, J; LIN, J; ZHOU, M; WEI, C. (2000). Synthesis and properties of starch-graft-polyacrylamide/clay superabsorbent composite. *Macromolecular Rapid Communications*, 21(15), 1032-1034.
90. YANG, H; YANG, J; LV, Y; HE, J. (2014a). SPAD values and nitrogen nutrition index for the evaluation of rice nitrogen status. *Plant Production Science*, 17(1), 81-92.
91. YANG, L; CHU, JS; FIX, JA. (2002). Colon-specific drug delivery: new approaches and in vitro/in vivo evaluation. *International journal of pharmaceutics*, 235(1-2), 1-15.
92. YANG, L; YANG, Y; CHEN, Z; GUO, C; LI, S. (2014b). Influence of super absorbent polymer on soil water retention, seed germination and plant survivals for rocky slopes eco-engineering. *Ecological Engineering*, 62, 27-32.
93. YAZDANI, F; ALLAHDADI, I; AKBARI, GA. (2007). Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. *Pak J Biol Sci*, 10(23), 4190-4196.
94. YU, J; SHI, J. G; DANG, PF; MAMEDOV, AI; SHAINBERG, I; LEVY, GJ. (2012). Soil and polymer properties affecting water retention by superabsorbent

- polymers under drying conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 76(5), 1758-1767.
95. ZHANG, Y; CHAN, HF; LEONG, KW. (2013). Advanced materials and processing for drug delivery: the past and the future. *Advanced drug delivery reviews*, 65(1), 104-120.
96. ZHENG, Y; WANG, L; DIXON, M. (2007). An upper limit for elevated root zone dissolved oxygen concentration for tomato. *Scientia horticultrae*, 113(2), 162-165.
97. ZOHARY, D; HOPF, M; WEISS, E. (2012). *Domestication of plants in the old world: the origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the mediterranean basin*. Oxford University Press on Demand.
98. ZOHURIAAN-MEHR, MJ. (2006). *Super-absorbents*. Iran Polymer Society, Tehran, 228, 2-4.
99. ZOHURIAAN-MEHR, MJ; KABIRI, K. (2008). Superabsorbent polymer materials: a review. *Iranian polymer journal*, 17(6), 451.
100. ZUDE-SASSE, M; HARTMOND, U; EBERT, G; LUDDERS, P. (2001). Pyridine nucleotide charge reduces photosynthesis under short-term oxygen deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 126, 703–709.

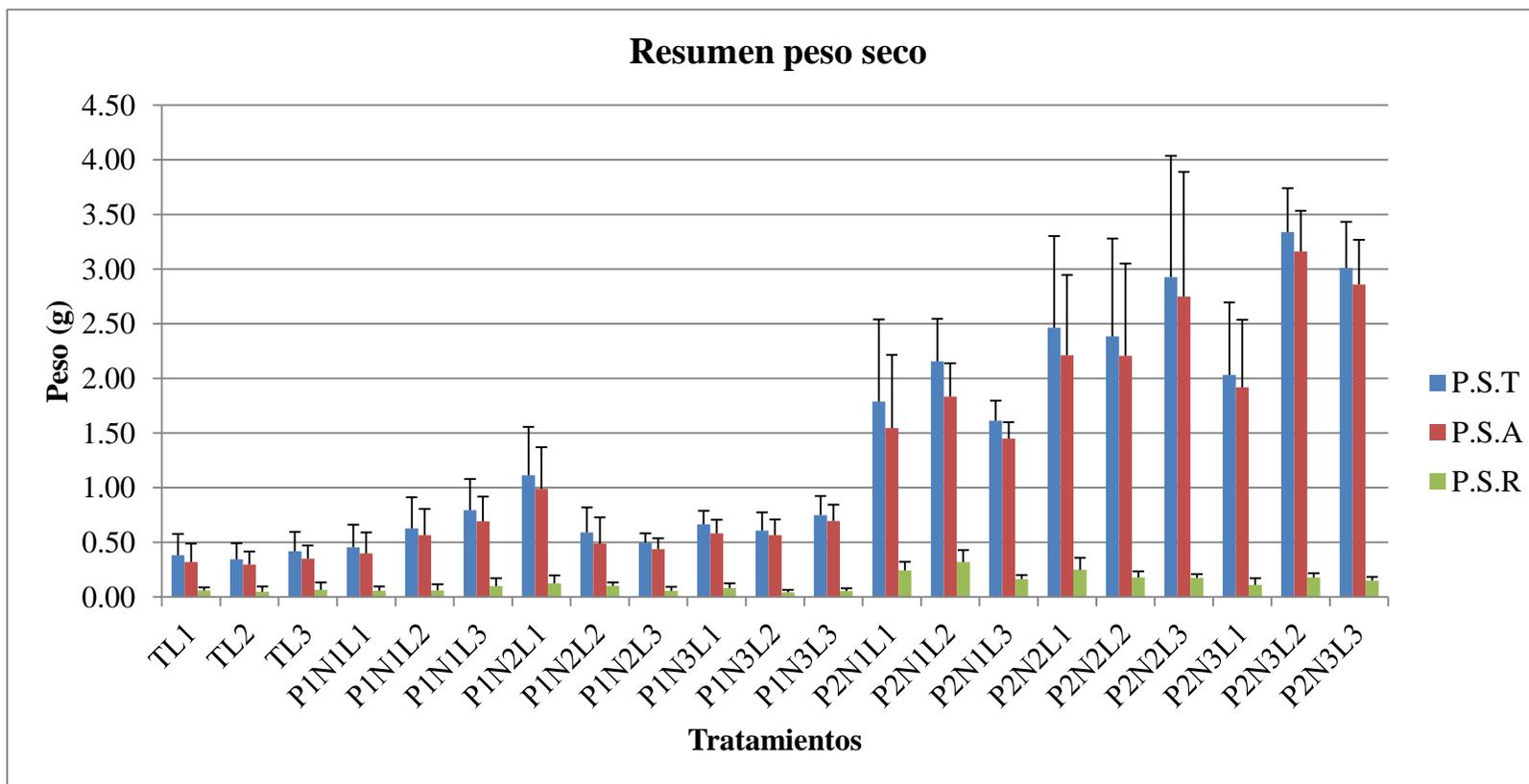
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Peso fresco como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (Beta vulgaris var. Cicla) cv.Fordhook Giant



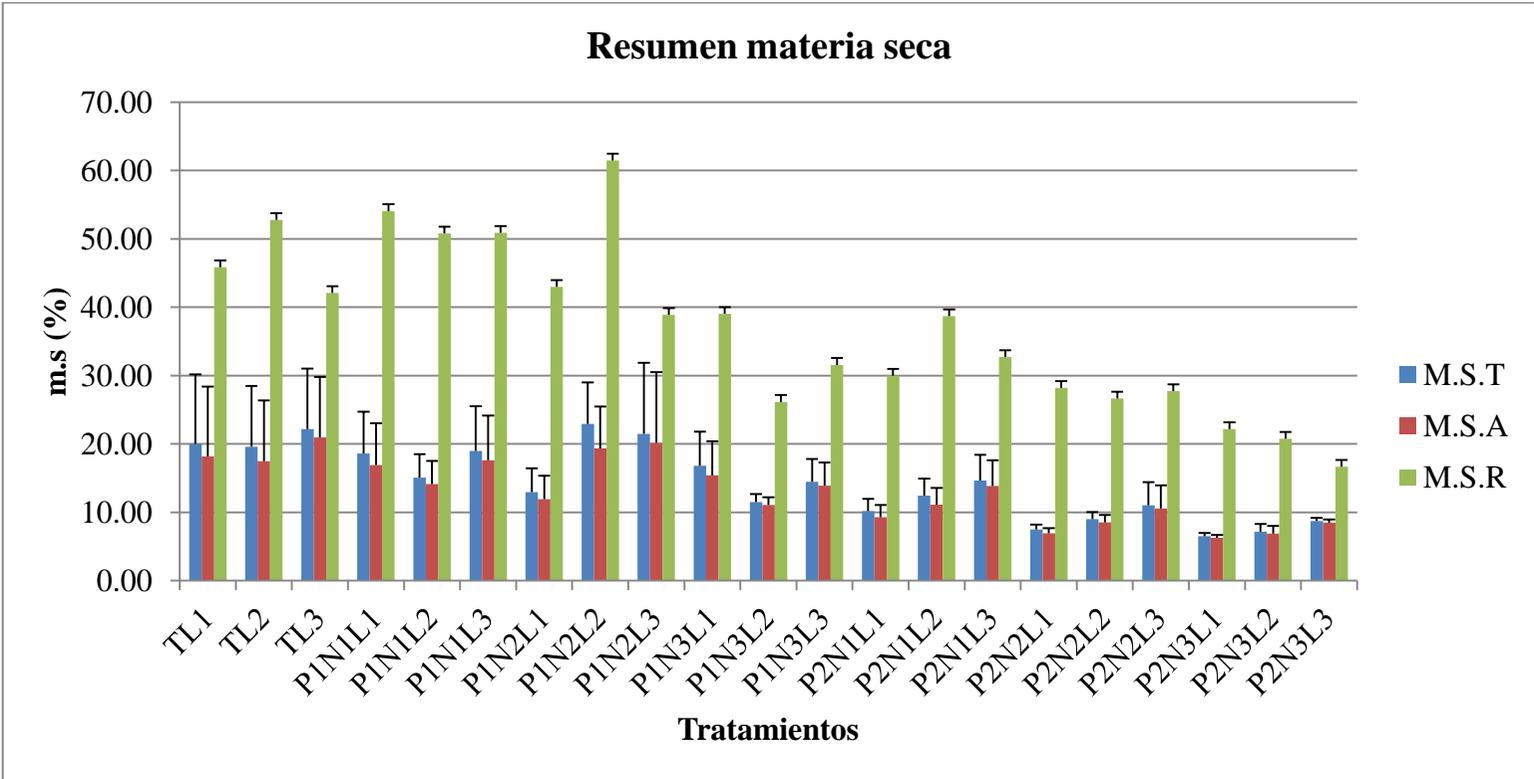
FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 2. Peso seco como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) cv.Fordhook Giant



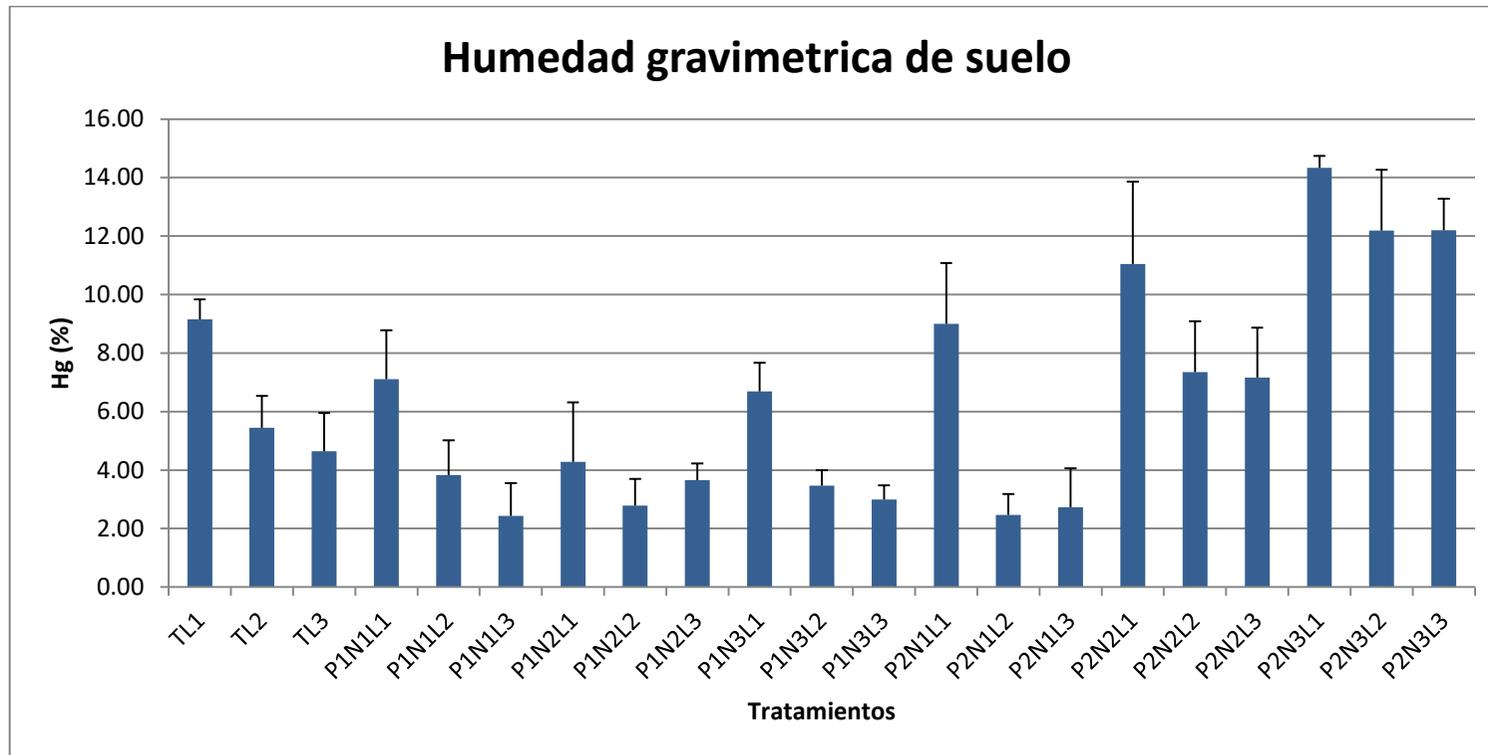
FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 3. Porcentaje de materia seca como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla) cv. Fordhook Giant



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 4. Porcentaje de humedad en suelo como respuesta a los factores de estudio en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) cv. fordhook giant



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 5. Analisis estadístico del peso fresco

5.1 Análisis estadístico del Peso Fresco Total (PFT)

Analysis of Variance Table

Response: PFT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	20	15120.4	756.02	25.537	< 2.2e-16 ***
Residuals	63	1865.1	29.61		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 29.60515

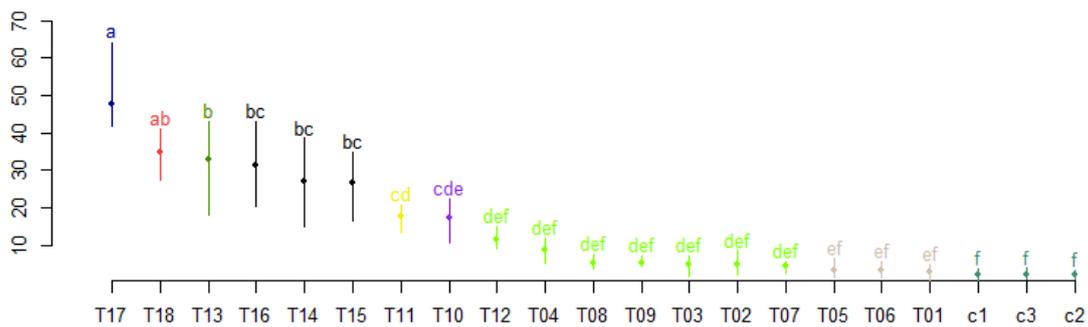
Grados de libertad del error 63

Coeficiente de variación 38.76748

Comparacion de medias en general

	PFT	groups
T17	47.6850	a
T18	34.7325	ab
T13	32.6700	b
T16	31.1025	bc
T14	26.8825	bc
T15	26.4450	bc
T11	17.7325	cd
T10	17.1700	cde
T12	11.4750	def
T04	8.7775	def
T08	5.3675	def
T09	5.2825	def
T03	4.7475	def
T02	4.6425	def
T07	4.3150	def
T05	3.1725	ef
T06	3.1175	ef
T01	2.9575	ef
c1	2.2525	f
c3	2.1950	f
c2	2.0150	f

Groups and Range



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: PFT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	9204.1	9204.1	310.8945	< 2.2e-16 ***
dosis	2	1646.9	823.4	27.8142	2.199e-09 ***
lamina	2	129.9	65.0	2.1946	0.11984
producto:dosis	2	1397.4	698.7	23.6003	2.241e-08 ***
producto:lamina	2	136.9	68.4	2.3120	0.10741
dosis:lamina	4	424.4	106.1	3.5840	0.01072 *
producto:dosis:lamina	4	204.5	51.1	1.7270	0.15516
Residuals	63	1865.1	29.6		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

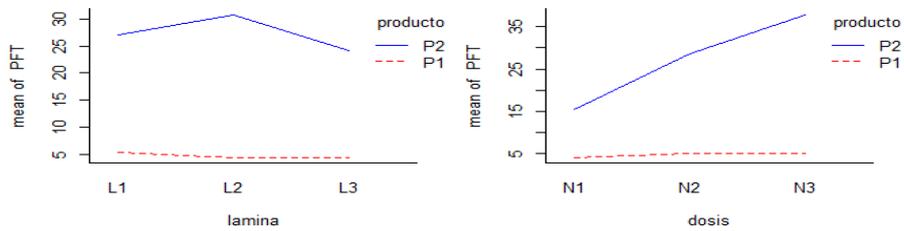
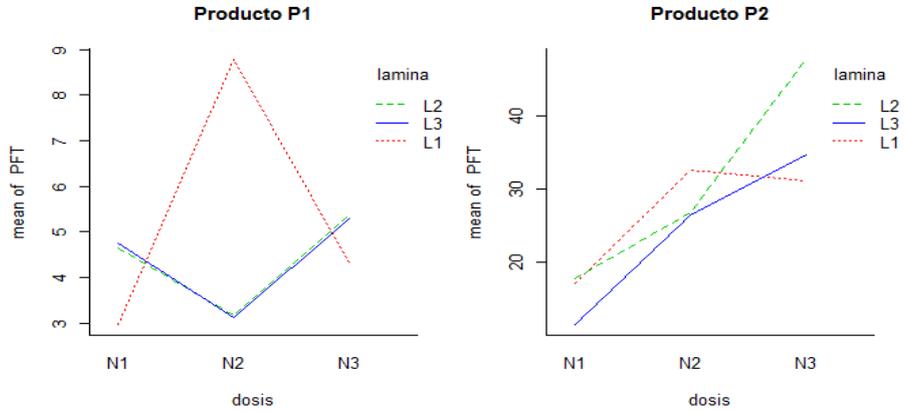


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: PFT
  Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles 2  0.12  0.0614  0.0021 0.9979
Residuals 63 1865.12 29.6052
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PFT
  Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles 2  0.12  0.0614  0.0021 0.9979
Residuals 63 1865.12 29.6052
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV MSD
29.60515 63 2.154167 252.5831 9.235041
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles 3 3.394573 0.05
```

```
$means
PFT std r Min Max Q25 Q50 Q75
c1 2.2525 1.317988 4 0.69 3.83 1.5750 2.245 2.9225
c2 2.0150 1.105999 4 0.99 3.43 1.2225 1.820 2.6125
c3 2.1950 1.310534 4 0.76 3.94 1.7125 2.040 2.5225
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
PFT groups
c1 2.2525 a
c3 2.1950 a
c2 2.0150 a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: PFT
  Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles 2  0.12  0.0614  0.0021 0.9979
Residuals 9  14.03  1.5593
3 63 1865.12 29.6052
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PFT
  Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles 2  0.12  0.0614  0.0021 0.9979
Residuals 9  14.03  1.5593
3 63 1865.12 29.6052
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV
29.60515 63 14.03512 38.76748
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos 3 3.394573 0.05
```

```
$means
PFT std r Min Max Q25 Q50 Q75
P1 4.708889 2.542753 36 0.63 11.94 2.6300 4.830 5.6175
P2 27.321667 12.609332 36 9.16 63.97 16.6275 26.325 35.3850
Testigos 2.154167 1.134432 12 0.69 3.94 1.2225 2.040 2.8225
```

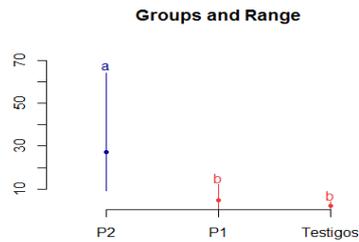
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      PFT groups
P2      27.321667  a
P1       4.708889  b
Testigos 2.154167  b

attr(,"class")
[1] "group"

```



5.2 Análisis estadístico del Peso Fresco Aéreo (PFA)

Analysis of Variance Table

```

Response: PFA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt    20 14510.0   725.50  25.686 < 2.2e-16 ***
Residuals 63  1779.4    28.25
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimación del error y coef. de variación.

Variancia del error 28.24511

Grados de libertad del error 63

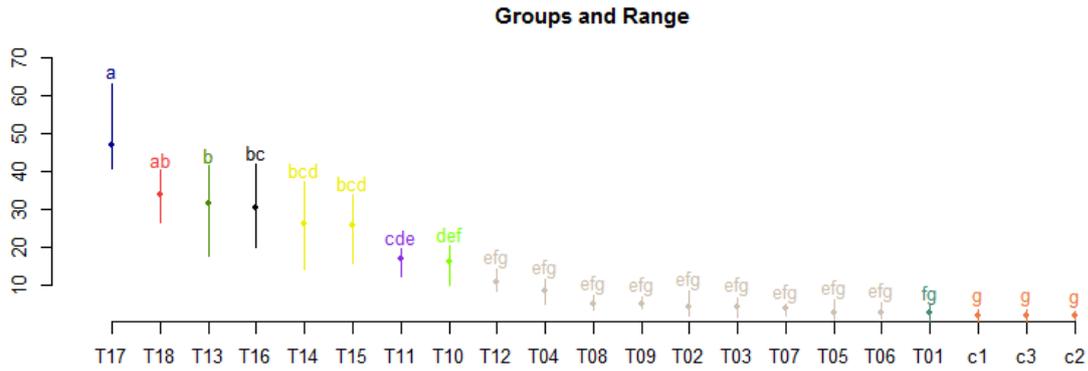
Coefficiente de variación 39.10097

Comparación de medias en general

```

      PFA groups
T17 46.8250    a
T18 33.8125   ab
T13 31.6800    b
T16 30.5950   bc
T14 26.1800  bcd
T15 25.6950  bcd
T11 16.9075  cde
T10 16.1525  def
T12 10.9225  efg
T04  8.4725  efg
T08  5.1875  efg
T09  5.1075  efg
T02  4.5300  efg
T03  4.5100  efg
T07  4.0600  efg
T05  2.9850  efg
T06  2.9575  efg
T01  2.8125   fg
c1   2.1075    g
c3   2.0100    g
c2   1.9225    g

```



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: PFA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	8725.0	8725.0	308.9024	< 2.2e-16 ***
dosis	2	1645.2	822.6	29.1240	1.105e-09 ***
lamina	2	128.6	64.3	2.2764	0.11103
producto:dosis	2	1407.0	703.5	24.9064	1.071e-08 ***
producto:lamina	2	133.7	66.8	2.3663	0.10212
dosis:lamina	4	403.9	101.0	3.5751	0.01086 *
producto:dosis:lamina	4	189.6	47.4	1.6785	0.16608
Residuals	63	1779.4	28.2		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lámina y dosis

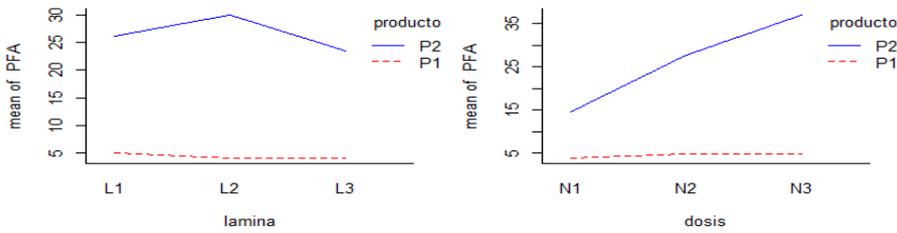
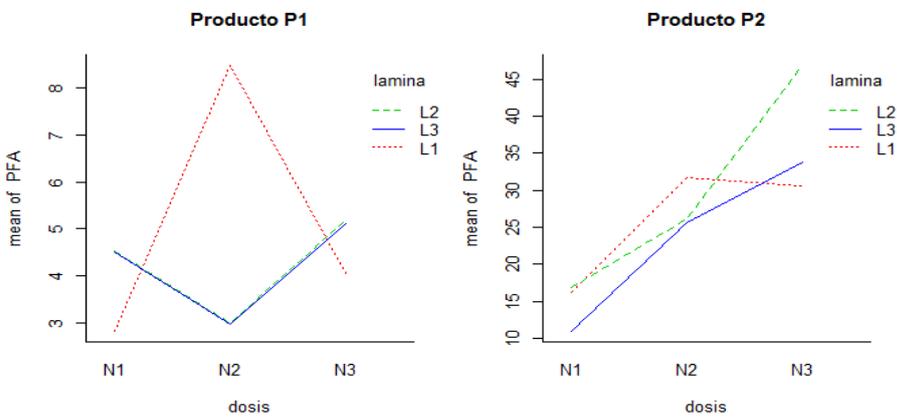


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: PFA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    0.07  0.0343  0.0012 0.9988
Residuals 63 1779.44 28.2451
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PFA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    0.07  0.0343  0.0012 0.9988
Residuals 63 1779.44 28.2451
```

```
$statistics
  MSerror Df      Mean      CV      MSD
28.24511 63 2.013333 263.9709 9.020422
```

```
$parameters
 test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles  3          3.394573  0.05
```

```
$means
      PFA      std r  Min  Max   Q25  Q50   Q75
c1 2.1075 1.294614 4 0.61 3.70 1.435 2.06 2.7325
c2 1.9225 1.097858 4 0.95 3.34 1.115 1.70 2.5075
c3 2.0100 1.190742 4 0.65 3.55 1.535 1.92 2.3950
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
      PFA groups
c1 2.1075      a
c3 2.0100      a
c2 1.9225      a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: PFA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    0.07  0.0343  0.0012 0.9988
Residuals  9   12.90  1.4331
3          63 1779.44 28.2451
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PFA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    0.07  0.0343  0.0012 0.9988
Residuals  9   12.90  1.4331
3          63 1779.44 28.2451
```

```
$statistics
  MSerror Df      Mean      CV
28.24511 63 13.59202 39.10097
```

```
$parameters
 test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos  3          3.394573  0.05
```

```
$means
      PFA      std r  Min  Max   Q25  Q50   Q75
P1      4.513611 2.478639 36 0.60 11.51 2.4925 4.665 5.3725
P2      26.530000 12.489466 36 8.63 63.13 16.0850 25.590 34.4875
Testigos 2.013333 1.085695 12 0.61 3.70 1.1150 1.920 2.6425
```

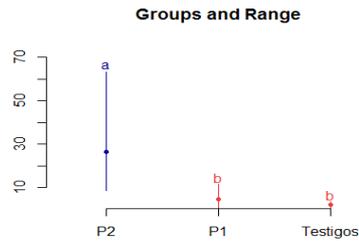
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      PFA groups
P2      26.530000 a
P1      4.513611 b
Testigos 2.013333 b

attr(,"class")
[1] "group"

```



5.3 Análisis estadístico del Peso Fresco Radicular (PFR)

Analysis of Variance Table

```

Response: PFR
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trt    20  8.8543  0.44271   7.1116 9.058e-10 ***
Residuals 63  3.9219  0.06225
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 0.06225238

Grados de libertad del error 63

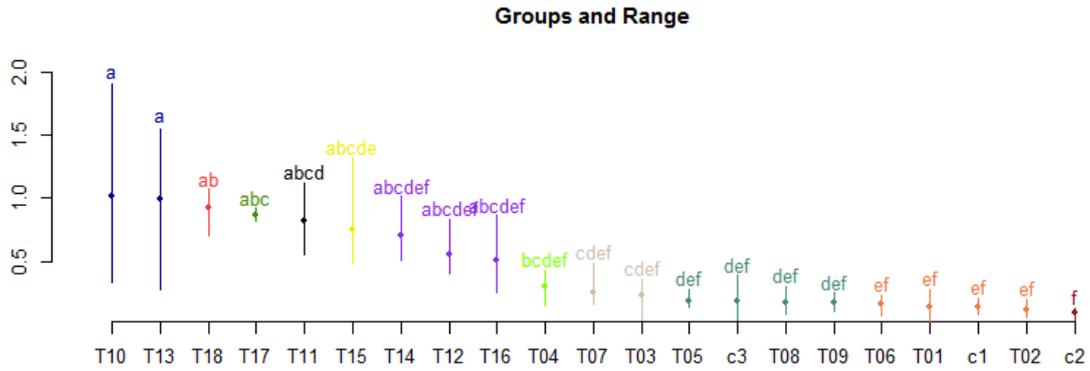
Coeficiente de variación 56.3094

Comparacion de medias en general

```

      PFR groups
T10  1.0175    a
T13  0.9900    a
T18  0.9200   ab
T17  0.8600  abc
T11  0.8250  abcd
T15  0.7500  abcde
T14  0.7025  abcdef
T12  0.5525  abcdef
T16  0.5075  abcdef
T04  0.3050  bcdef
T07  0.2550  cdef
T03  0.2375  cdef
T05  0.1875  def
c3   0.1850  def
T08  0.1800  def
T09  0.1750  def
T06  0.1600  ef
T01  0.1450  ef
c1   0.1450  ef
T02  0.1125  ef
c2   0.0925  f

```



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: PFR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	6.4022	6.4022	102.8432	7.216e-15 ***
dosis	2	0.0180	0.0090	0.1447	0.86554
lamina	2	0.0689	0.0345	0.5535	0.57768
producto:dosis	2	0.0165	0.0083	0.1325	0.87611
producto:lamina	2	0.0225	0.0113	0.1810	0.83486
dosis:lamina	4	0.4073	0.1018	1.6358	0.17632
producto:dosis:lamina	4	0.6225	0.1556	2.4998	0.05131 .
Residuals	63	3.9219	0.0623		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

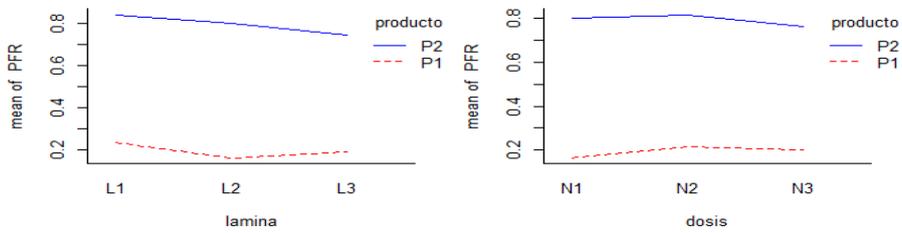
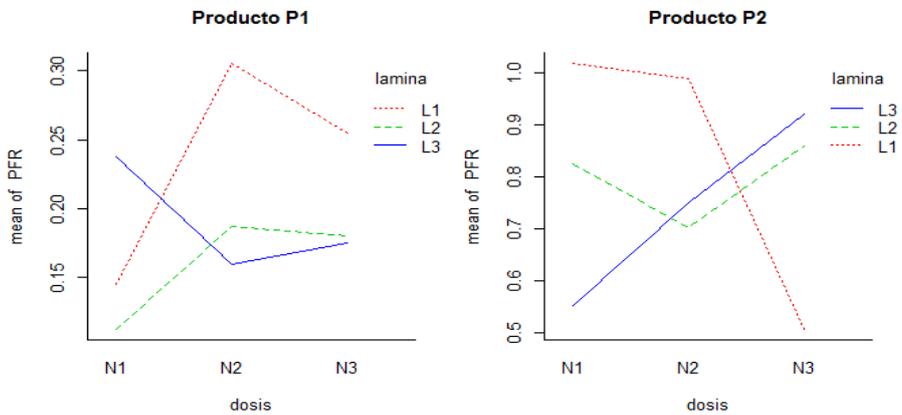


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: PFR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.0172 0.008608  0.1383 0.8711
Residuals 63 3.9219 0.062252
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PFR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.0172 0.008608  0.1383 0.8711
Residuals 63 3.9219 0.062252
```

```
$statistics
      MSerror Df      Mean      CV      MSD
0.06225238 63 0.1408333 177.1628 0.4234802
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles  3          3.394573 0.05
```

```
$means
      PFR      std r Min Max  Q25  Q50  Q75
c1 0.1450 0.05446712 4 0.08 0.21 0.1175 0.145 0.1725
c2 0.0925 0.03862210 4 0.04 0.13 0.0775 0.100 0.1150
c3 0.1850 0.15154757 4 0.04 0.39 0.0925 0.155 0.2475
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
      PFR groups
c3 0.1850      a
c1 0.1450      a
c2 0.0925      a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: PFR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.0172 0.008608  0.1383 0.8727
Residuals  9 0.0823 0.009142
3          63 3.9219 0.062252
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PFR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.0172 0.008608  0.1383 0.8727
Residuals  9 0.0823 0.009142
3          63 3.9219 0.062252
```

```
$statistics
      MSerror Df      Mean      CV
0.06225238 63 0.4430952 56.3094
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos  3          3.394573 0.05
```

```
$means
      PFR      std r Min Max  Q25  Q50  Q75
P1 0.1952778 0.10790170 36 0.03 0.49 0.1250 0.18 0.2650
P2 0.7916667 0.36205367 36 0.26 1.90 0.5275 0.81 0.9425
Testigos 0.1408333 0.09510361 12 0.04 0.39 0.0875 0.12 0.1700
```

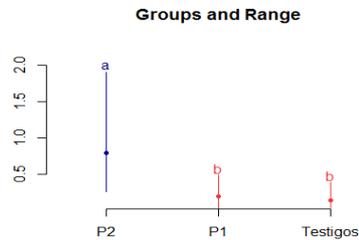
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      PFR groups
P2      0.7916667 a
P1      0.1952778 b
Testigos 0.1408333 b

attr(,"class")
[1] "group"

```



Anexo 6. Análisis estadístico del peso seco

6.1 Análisis estadístico del Peso Seco Total (PST)

Analysis of Variance Table

```

Response: PST
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trt    20  80.192   4.0096  17.229 < 2.2e-16 ***
Residuals 63  14.662   0.2327
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 0.2327308

Grados de libertad del error 63

Coefficiente de variación 34.96323

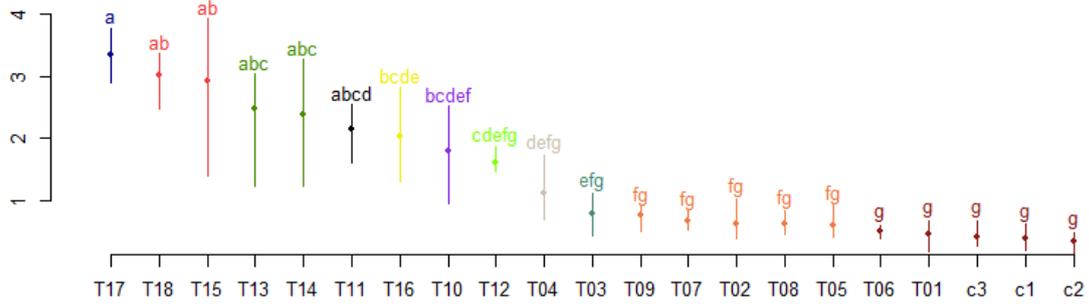
Comparacion de medias en general

```

      PST groups
T17 3.33900 a
T18 3.01250 ab
T15 2.92700 ab
T13 2.46375 abc
T14 2.38600 abc
T11 2.15550 abcd
T16 2.03125 bcde
T10 1.78875 bcdef
T12 1.61525 cdefg
T04 1.11475 defg
T03 0.79400 efg
T09 0.74925 fg
T07 0.66500 fg
T02 0.62925 fg
T08 0.60875 fg
T05 0.59250 fg
T06 0.49900 g
T01 0.45675 g
c3  0.41950 g
c1  0.38150 g
c2  0.34650 g

```

Groups and Range



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: PST

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	54.148	54.148	232.6621	< 2.2e-16 ***
dosis	2	3.433	1.716	7.3746	0.001325 **
lamina	2	0.576	0.288	1.2367	0.297304
producto:dosis	2	2.529	1.265	5.4343	0.006649 **
producto:lamina	2	1.433	0.716	3.0779	0.053043 .
dosis:lamina	4	1.943	0.486	2.0874	0.092942 .
producto:dosis:lamina	4	2.196	0.549	2.3591	0.062868 .
Residuals	63	14.662	0.233		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis.

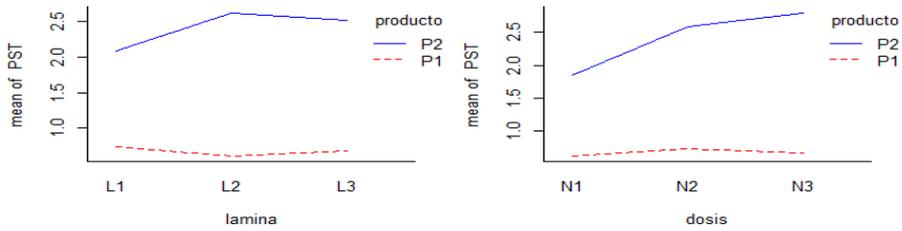
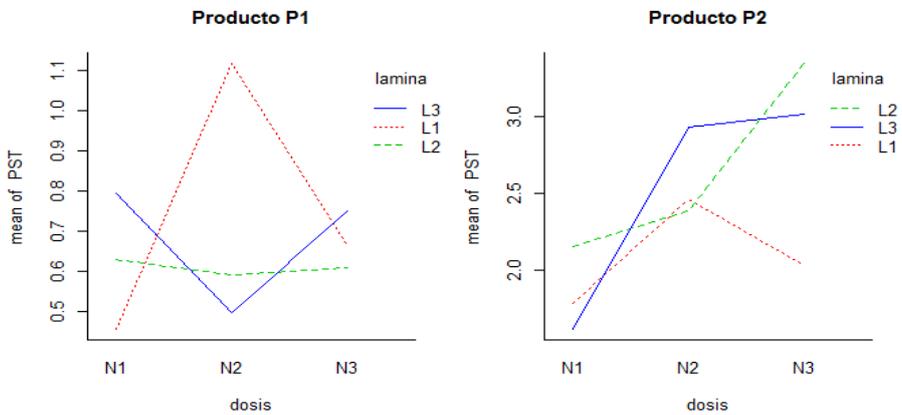


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: PST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0107  0.005332  0.0229 0.9774
Residuals 63 14.6620  0.232731
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0107  0.005332  0.0229 0.9774
Residuals 63 14.6620  0.232731
```

```
$statistics
      MSerror Df Mean CV MSD
0.2327308 63 0.3825 126.1233 0.818808
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles  3          3.394573 0.05
```

```
$means
      PST      std r Min Max Q25 Q50 Q75
c1 0.3815 0.1964646 4 0.192 0.610 0.2325 0.362 0.5110
c2 0.3465 0.1471994 4 0.156 0.476 0.2685 0.377 0.4550
c3 0.4195 0.1766456 4 0.270 0.668 0.3090 0.370 0.4805
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
      PST groups
c3 0.4195 a
c1 0.3815 a
c2 0.3465 a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: PST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0107  0.005332  0.0229 0.9774
Residuals  9  0.2744  0.030490
3          63 14.6620  0.232731
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0107  0.005332  0.0229 0.9774
Residuals  9  0.2744  0.030490
3          63 14.6620  0.232731
```

```
$statistics
      MSerror Df Mean CV
0.2327308 63 1.379798 34.96323
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos  3          3.394573 0.05
```

```
$means
      PST      std r Min Max Q25 Q50 Q75
P1 0.6788056 0.2841396 36 0.176 1.732 0.49625 0.6315 0.82500
P2 2.4132222 0.8223940 36 0.956 3.938 1.62950 2.4975 2.98575
Testigos 0.3825000 0.1609836 12 0.156 0.668 0.26400 0.3700 0.47650
```

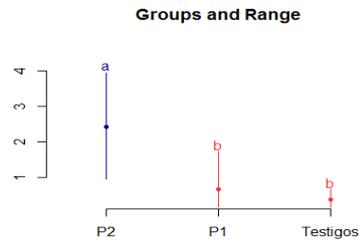
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      PST groups
P2      2.4132222 a
P1      0.6788056 b
Testigos 0.3825000 b

attr(,"class")
[1] "group"

```



6.2 Análisis estadístico del Peso Seco Aéreo (PSA)

Analysis of Variance Table

```

Response: PSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trt    20  71.408   3.5704  17.528 < 2.2e-16 ***
Residuals 63  12.833   0.2037
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 0.203694

Grados de libertad del error 63

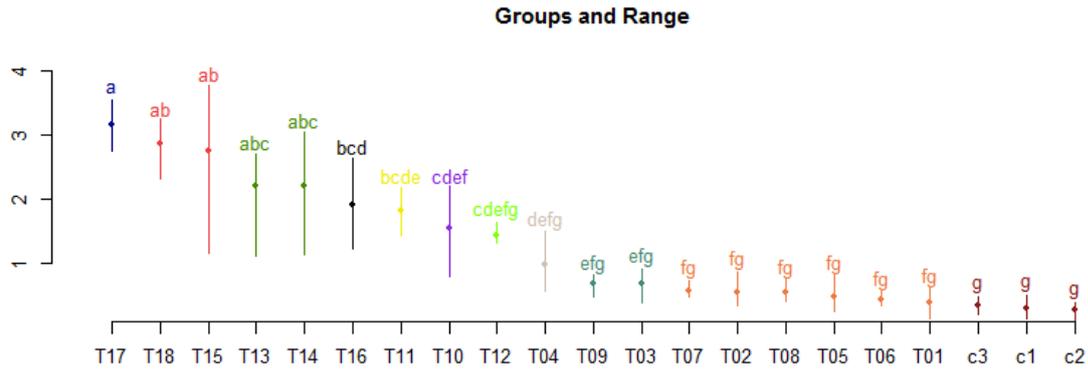
Coefficiente de variación 35.99286

Comparacion de medias en general

```

      PSA groups
T17  3.1600    a
T18  2.8600   ab
T15  2.7500   ab
T13  2.2125  abc
T14  2.2075  abc
T16  1.9200  bcd
T11  1.8350  bcde
T10  1.5450  cdef
T12  1.4500  cdefg
T04  0.9900  defg
T09  0.6950  efg
T03  0.6925  efg
T07  0.5825  fg
T02  0.5675  fg
T08  0.5650  fg
T05  0.4900  fg
T06  0.4400  fg
T01  0.4000  fg
c3   0.3525  g
c1   0.3200  g
c2   0.2975  g

```



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: PSA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	46.835	46.835	229.9285	< 2.2e-16 ***
dosis	2	4.018	2.009	9.8623	0.0001878 ***
lamina	2	0.648	0.324	1.5906	0.2118808
producto:dosis	2	3.026	1.513	7.4267	0.0012706 **
producto:lamina	2	1.327	0.663	3.2563	0.0451043 *
dosis:lamina	4	1.649	0.412	2.0233	0.1018725
producto:dosis:lamina	4	1.777	0.444	2.1806	0.0813028 .
Residuals	63	12.833	0.204		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis.

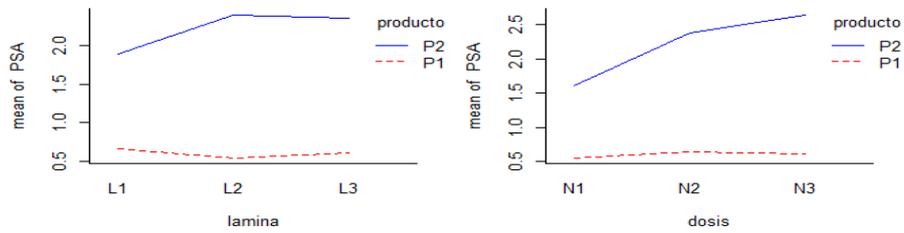
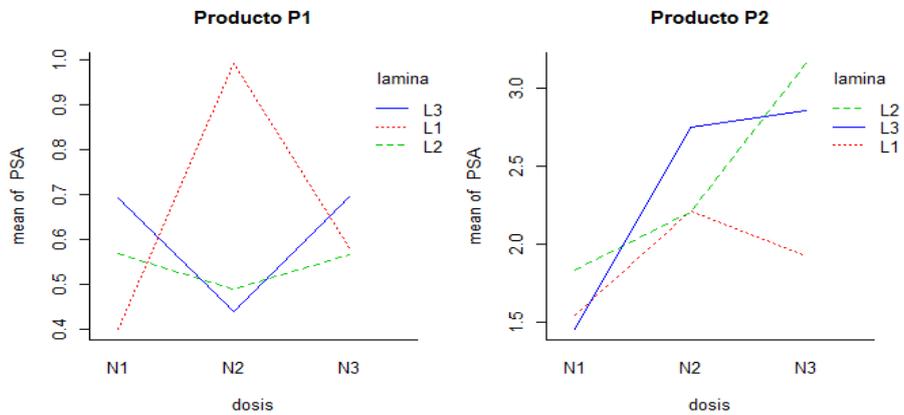


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: PSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0061  0.003058  0.015 0.9851
Residuals 63 12.8327  0.203694
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0061  0.003058  0.015 0.9851
Residuals 63 12.8327  0.203694
```

```
$statistics
      MSerror Df      Mean      CV      MSD
0.203694 63 0.3233333 139.585 0.7660275
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles  3          3.394573  0.05
```

```
$means
      PSA      std r Min Max  Q25  Q50  Q75
c1 0.3200 0.1697056 4 0.16 0.52 0.1900 0.300 0.4300
c2 0.2975 0.1189888 4 0.13 0.40 0.2575 0.330 0.3700
c3 0.3525 0.1203813 4 0.22 0.50 0.2800 0.345 0.4175
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
      PSA groups
c3 0.3525      a
c1 0.3200      a
c2 0.2975      a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: PSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0061  0.003058  0.015 0.9851
Residuals  9  0.1724  0.019150
3          63 12.8327  0.203694
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2  0.0061  0.003058  0.015 0.9851
Residuals  9  0.1724  0.019150
3          63 12.8327  0.203694
```

```
$statistics
      MSerror Df      Mean      CV
0.203694 63 1.253929 35.99286
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos  3          3.394573  0.05
```

```
$means
      PSA      std r Min Max  Q25  Q50  Q75
P1      0.6025000 0.2534942 36 0.15 1.51 0.4200 0.575 0.76
P2      2.2155556 0.8080751 36 0.81 3.78 1.4725 2.195 2.76
Testigos 0.3233333 0.1273744 12 0.13 0.52 0.2150 0.330 0.40
```

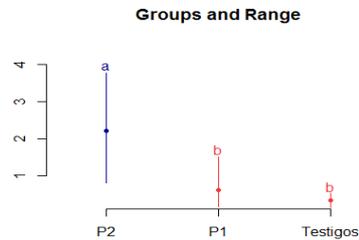
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      PSA groups
P2      2.2155556  a
P1      0.6025000  b
Testigos 0.3233333  b

attr(,"class")
[1] "group"

```



6.3 Analisis estadístico del Peso Seco Radicular (PSR)

Analysis of Variance Table

```

Response: PSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt    20 0.47981  0.0239903  7.1049 9.223e-10 ***
Residuals 63 0.21272  0.0033766
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 0.003376567

Grados de libertad del error 63

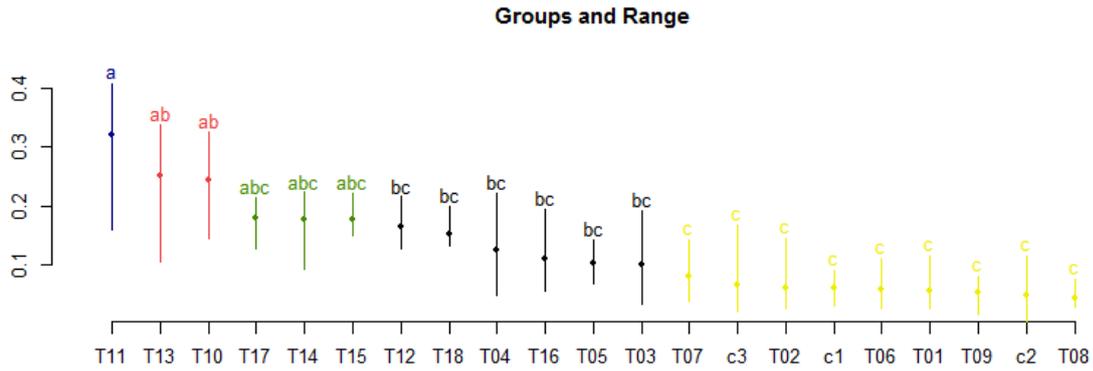
Coefficiente de variación 46.16563

Comparacion de medias en general

```

      PSR groups
T11 0.32050  a
T13 0.25125  ab
T10 0.24375  ab
T17 0.17900  abc
T14 0.17850  abc
T15 0.17700  abc
T12 0.16525  bc
T18 0.15250  bc
T04 0.12475  bc
T16 0.11125  bc
T05 0.10250  bc
T03 0.10150  bc
T07 0.08250  c
c3  0.06700  c
T02 0.06175  c
c1  0.06150  c
T06 0.05900  c
T01 0.05675  c
T09 0.05425  c
c2  0.04900  c
T08 0.04375  c

```



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: PSR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
producto	1	0.265113	0.265113	78.5156	1.128e-12	***
dosis	2	0.040533	0.020266	6.0020	0.004112	**
lamina	2	0.012720	0.006360	1.8836	0.160505	
producto:dosis	2	0.022277	0.011139	3.2988	0.043403	*
producto:lamina	2	0.012510	0.006255	1.8525	0.165290	
dosis:lamina	4	0.022665	0.005666	1.6781	0.166177	
producto:dosis:lamina	4	0.041018	0.010254	3.0369	0.023585	*
Residuals	63	0.212724	0.003377			

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

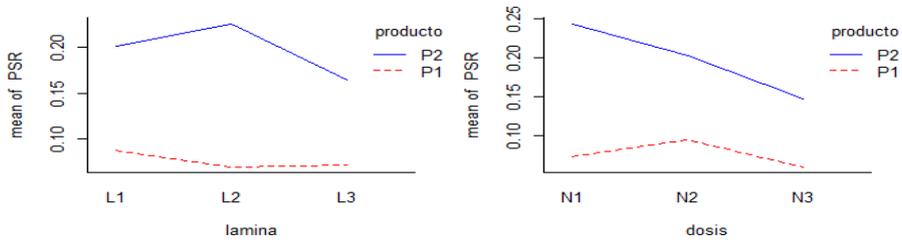
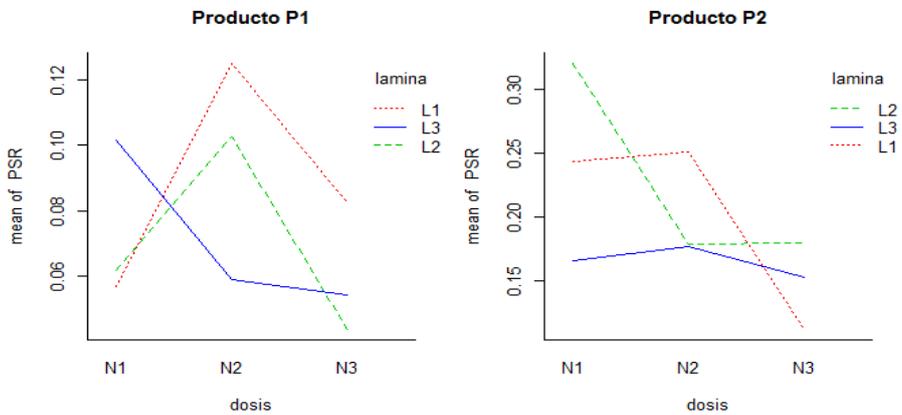


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: PSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.000681 0.0003403  0.1008 0.9043
Residuals 63 0.212724 0.0033766
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.000681 0.0003403  0.1008 0.9043
Residuals 63 0.212724 0.0033766
```

```
$statistics
      MSerror Df      Mean      CV      MSD
0.003376567 63 0.05916667 98.21111 0.09862633
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles  3          3.394573  0.05
```

```
$means
      PSR      std r      Min      Max      Q25      Q50      Q75
c1 0.0615 0.02704934 4 0.032 0.090 0.0425 0.062 0.0810
c2 0.0490 0.04784698 4 0.006 0.116 0.0210 0.037 0.0650
c3 0.0670 0.06840078 4 0.022 0.168 0.0265 0.039 0.0795
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
      PSR groups
c3 0.0670      a
c1 0.0615      a
c2 0.0490      a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: PSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.000681 0.0003403  0.1008 0.9051
Residuals  9 0.023099 0.0025666
3          63 0.212724 0.0033766
```

Analysis of Variance Table

```
Response: PSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2 0.000681 0.0003403  0.1008 0.9051
Residuals  9 0.023099 0.0025666
3          63 0.212724 0.0033766
```

```
$statistics
      MSerror Df      Mean      CV
0.003376567 63 0.125869 46.16563
```

```
$parameters
      test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos  3          3.394573  0.05
```

```
$means
      PSR      std r      Min      Max      Q25      Q50      Q75
P1      0.07630556 0.04989579 36 0.018 0.222 0.03975 0.0625 0.10425
P2      0.19766667 0.08522441 36 0.057 0.406 0.13925 0.1840 0.22225
Testigos 0.05916667 0.04649503 12 0.006 0.168 0.02750 0.0470 0.08100
```

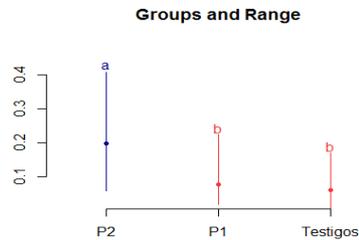
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      PSR groups
P2      0.19766667 a
P1      0.07630556 b
Testigos 0.05916667 b

attr(,"class")
[1] "group"

```



Anexo 7. Análisis estadístico del Porcentaje de Material Seca

7.1 Análisis estadístico del Porcentaje de Material Seca Total (MST)

Analysis of Variance Table

```

Response: MST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt    20  2220   111.0    2.95 0.00056 ***
Residuals 63  2367    37.6
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 38

Grados de libertad del error 63

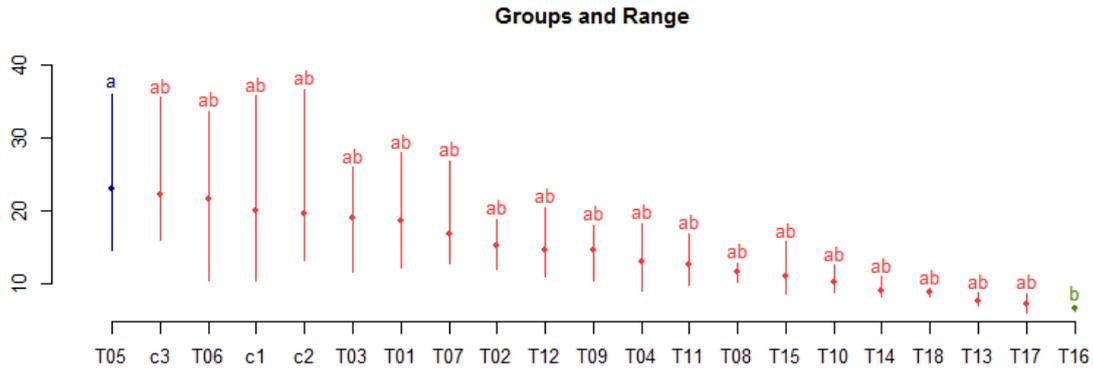
Coficiente de variación 43

Comparacion de medias en general

```

MST groups
T05 22.9 a
c3  22.2 ab
T06 21.5 ab
c1  20.0 ab
c2  19.6 ab
T03 19.0 ab
T01 18.6 ab
T07 16.8 ab
T02 15.1 ab
T12 14.6 ab
T09 14.4 ab
T04 13.0 ab
T11 12.4 ab
T08 11.5 ab
T15 11.0 ab
T10 10.2 ab
T14  9.0 ab
T18  8.7 ab
T13  7.5 ab
T17  7.2 ab
T16  6.5 b

```



Determinacion de las SC de los factores y sus interacciones.

Analysis of los factores.

Analysis of Variance Table

Response: MST

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	960	960	25.55	4e-06 ***
dosis	2	229	115	3.05	0.054 .
lamina	2	97	48	1.29	0.283
producto:dosis	2	72	36	0.95	0.391
producto:lamina	2	5	3	0.07	0.930
dosis:lamina	4	157	39	1.04	0.393
producto:dosis:lamina	4	141	35	0.94	0.449
Residuals	63	2367	38		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

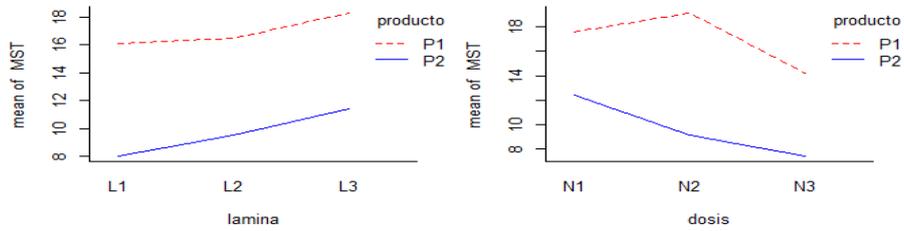
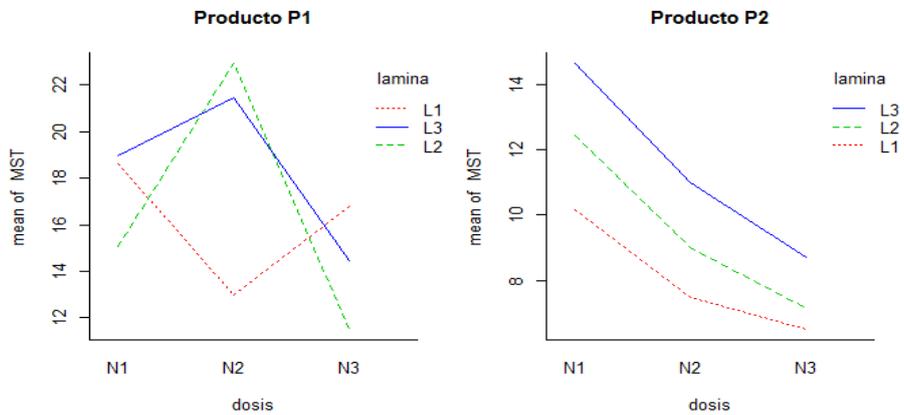


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: MST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    15    7.6    0.2  0.82
Residuals 63  2367   37.6
```

Analysis of Variance Table

```
Response: MST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    15    7.6    0.2  0.82
Residuals 63  2367   37.6
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV MSD
      38 63  21 30  10
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles 3          3.4 0.05
```

```
$means
MST std r Min Max Q25 Q50 Q75
c1 20 11.0 4 10 36 14 17 23
c2 20 11.4 4 13 37 13 14 21
c3 22 9.1 4 16 35 17 19 24
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
MST groups
c3 22 a
c1 20 a
c2 20 a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: MST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    15    7.6    0.2  0.82
Residuals  9   997  110.8
3          63  2367   37.6
```

Analysis of Variance Table

```
Response: MST
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    15    7.6    0.2  0.82
Residuals  9   997  110.8
3          63  2367   37.6
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV
      38 63  14 43
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos 3          3.4 0.05
```

```
$means
MST std r Min Max Q25 Q50 Q75
P1  17.0 7.0 36  8.9 36 12.3 14.1 19
P2   9.7 3.2 36  5.9 20  7.4  8.7 11
Testigos 20.6 9.6 12 10.3 37 15.1 16.4 24
```

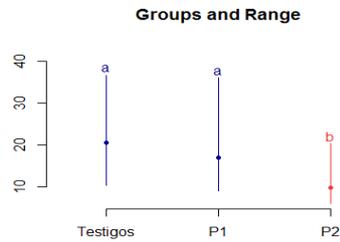
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      MST groups
Testigos 20.6    a
P1        17.0    a
P2         9.7    b

attr(,"class")
[1] "group"

```



7.2 Análisis estadístico del Porcentaje de Materia Seca Aerea (MSA)

```

Response: MSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt    20  1731    86.5    3.1 0.00033 ***
Residuals 63  1760    27.9

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 28

Grados de libertad del error 63

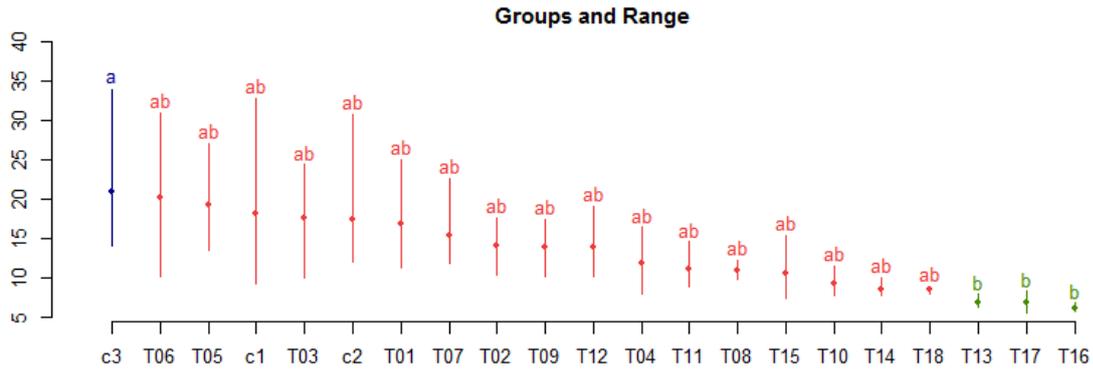
Coefficiente de variación 40

Comparacion de medias en general

```

      MSA groups
c3    20.9    a
T06   20.1   ab
T05   19.3   ab
c1    18.2   ab
T03   17.6   ab
c2    17.5   ab
T01   16.9   ab
T07   15.4   ab
T02   14.1   ab
T09   13.9   ab
T12   13.8   ab
T04   11.9   ab
T11   11.1   ab
T08   11.1   ab
T15   10.5   ab
T10    9.3   ab
T14    8.5   ab
T18    8.5   ab
T13    6.9   b
T17    6.9   b
T16    6.2   b

```



Determinacion de las SC de los factores y sus interacciones.

Analysis de los factores.

Analysis of Variance Table

Response: MSA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
producto	1	761	761	27.25	2.1e-06 ***
dosis	2	156	78	2.79	0.069 .
lamina	2	115	57	2.06	0.136
producto:dosis	2	41	20	0.73	0.487
producto:lamina	2	5	3	0.10	0.908
dosis:lamina	4	105	26	0.94	0.448
producto:dosis:lamina	4	84	21	0.75	0.560
Residuals	63	1760	28		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

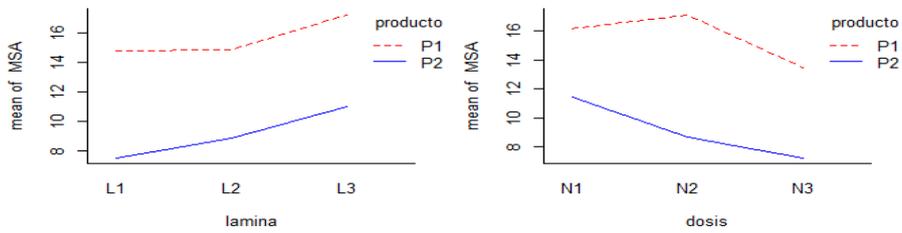
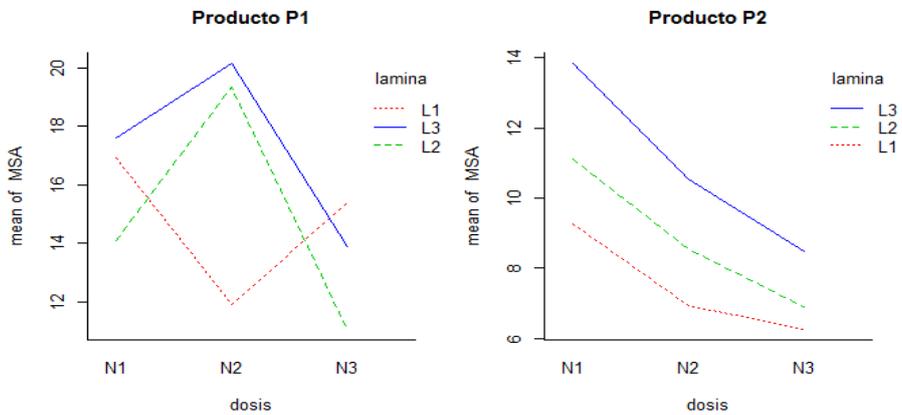


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: MSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    27    13.3    0.48  0.62
Residuals 63  1760    27.9
```

Analysis of Variance Table

```
Response: MSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    27    13.3    0.48  0.62
Residuals 63  1760    27.9
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV MSD
      28 63  19 28  9
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles 3 3.4 0.05
```

```
$means
MSA std r Min Max Q25 Q50 Q75
c1 18 10.2 4 9.4 33 13 15 21
c2 17 8.9 4 12.0 31 13 14 18
c3 21 8.9 4 14.1 34 16 18 23
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
MSA groups
c3 21 a
c1 18 a
c2 17 a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: MSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    27    13.3    0.48  0.64
Residuals  9    785    87.2
3          63  1760    27.9
```

Analysis of Variance Table

```
Response: MSA
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    27    13.3    0.48  0.64
Residuals  9    785    87.2
3          63  1760    27.9
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV
      28 63  13 40
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos 3 3.4 0.05
```

```
$means
MSA std r Min Max Q25 Q50 Q75
P1 15.6 5.8 36 8.1 31 12 13.4 17.7
P2 9.1 2.9 36 5.6 19 7 8.2 9.9
Testigos 18.9 8.6 12 9.4 34 14 15.2 22.2
```

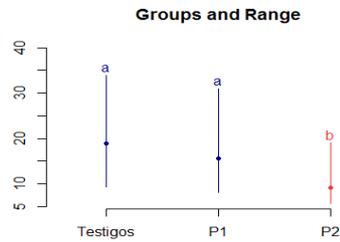
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
      MSA groups
Testigos 18.9    a
P1       15.6    a
P2        9.1    b

attr(,"class")
[1] "group"

```



7.3 Análisis estadístico del Porcentaje de Material Seca Radicular (MSR)

Analysis of Variance Table

```

Response: MSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trt    20  12217      611   1.67  0.064 .
Residuals 63  23036      366
---

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variancia del error 366

Grados de libertad del error 63

Coficiente de variación 51

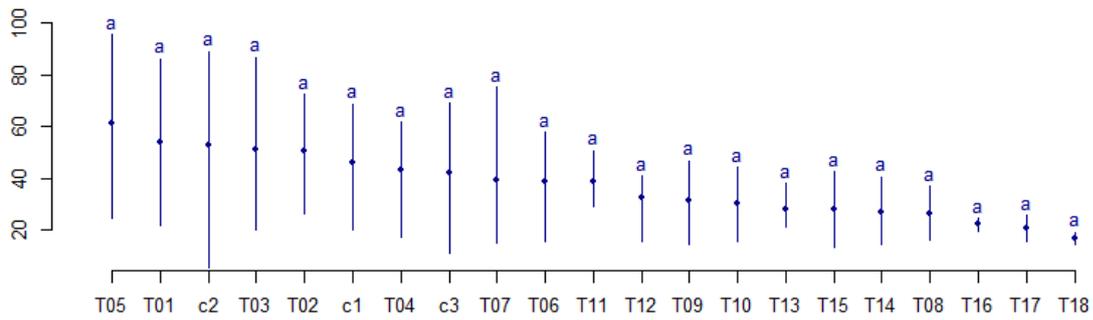
Comparacion de medias en general

```

MSR groups
T05  61    a
T01  54    a
c2   53    a
T03  51    a
T02  51    a
c1   46    a
T04  43    a
c3   42    a
T07  39    a
T06  39    a
T11  39    a
T12  33    a
T09  32    a
T10  30    a
T13  28    a
T15  28    a
T14  27    a
T08  26    a
T16  22    a
T17  21    a
T18  17    a

```

Groups and Range



Determinacion de las SC de los factores y sus interacciones.

Analysis de los factores.

Analysis of Variance Table

Response: MSR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
producto	1	5151	5151	14.09	0.00038	***
dosis	2	3548	1774	4.85	0.01097	*
lamina	2	238	119	0.33	0.72348	
producto:dosis	2	199	100	0.27	0.76241	
producto:lamina	2	46	23	0.06	0.93879	
dosis:lamina	4	570	143	0.39	0.81505	
producto:dosis:lamina	4	897	224	0.61	0.65439	
Residuals	63	23036	366			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

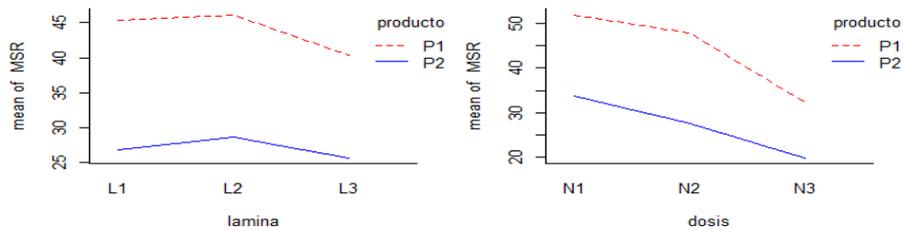
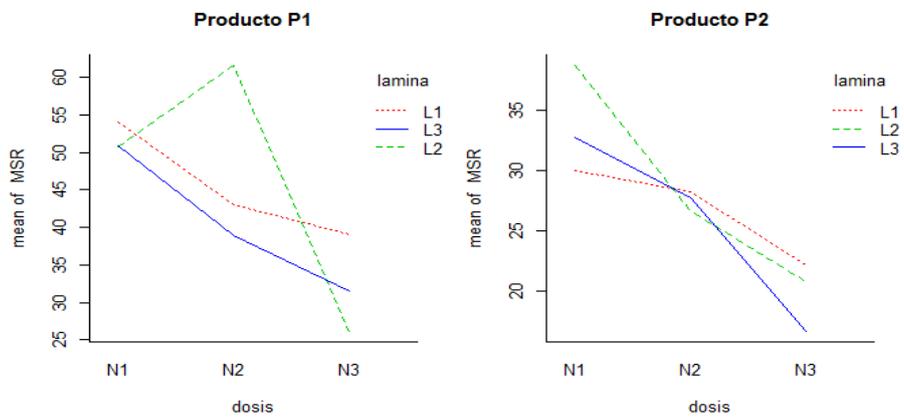


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: MSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    235     117   0.32  0.73
Residuals 63 23036     366
```

Analysis of Variance Table

```
Response: MSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    235     117   0.32  0.73
Residuals 63 23036     366
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV MSD
      366 63  47 41  32
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles 3              3.4 0.05
```

```
$means
MSR std r Min Max Q25 Q50 Q75
c1  46 22 4 19.9 69 33 47 60
c2  53 35 4 5.3 89 41 58 70
c3  42 24 4 11.2 69 35 44 51
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
MSR groups
c2 53 a
c1 46 a
c3 42 a
```

```
attr(,"class")
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: MSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    235     117   0.32  0.73
Residuals  9   6810     757
3          63 23036     366
```

Analysis of Variance Table

```
Response: MSR
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
controles  2    235     117   0.32  0.73
Residuals  9   6810     757
3          63 23036     366
```

```
$statistics
MSerror Df Mean CV
      366 63  37 51
```

```
$parameters
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos 3              3.4 0.05
```

```
$means
MSR std r Min Max Q25 Q50 Q75
P1   44 23 36 14.2 96 25 41 59
P2   27 10 36 13.4 51 20 25 34
Testigos 47 25 12 5.3 89 33 49 65
```

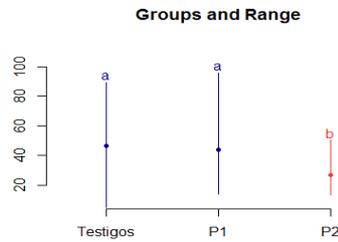
```
$comparison
NULL
```

```

$groups
MSR groups
Testigos 47 a
P1 44 a
P2 27 b

attr(,"class")
[1] "group"

```



Anexo 8. Analisis estadístico del Porcentaje de Humedad del Suelo

Analysis of Variance Table

```

Response: humedad
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trt    20 1074.44   53.722  27.061 < 2.2e-16 ***
Residuals 63  125.07    1.985
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Estimacion del error y coef. de variacion.

Variacion del error 1.985183

Grados de libertad del error 63

Coficiente de variación 21.92089

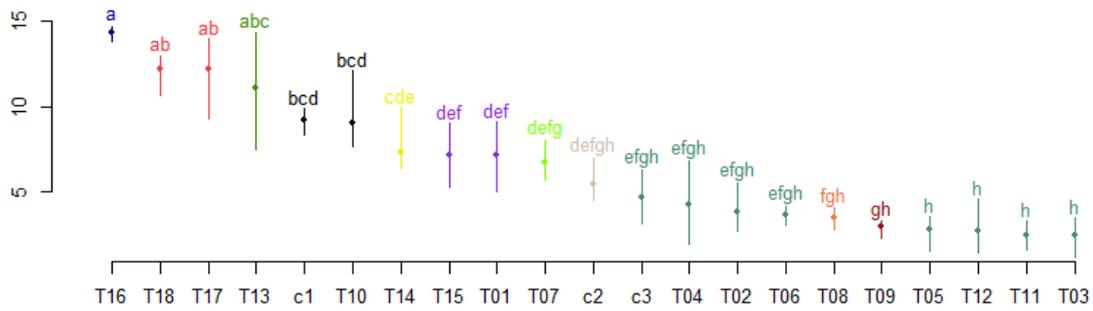
Comparacion de medias en general

```

humedad groups
T16 14.3350 a
T18 12.2050 ab
T17 12.1875 ab
T13 11.0475 abc
c1 9.1550 bcd
T10 9.0000 bcd
T14 7.3450 cde
T15 7.1625 def
T01 7.1075 def
T07 6.6875 defg
c2 5.4450 defgh
c3 4.6425 efgh
T04 4.2775 efgh
T02 3.8300 efgh
T06 3.6575 efgh
T08 3.4725 fgh
T09 2.9950 gh
T05 2.7825 h
T12 2.7350 h
T11 2.4700 h
T03 2.4375 h

```

Groups and Range



Determinacion de las SC del factorial.

Analysis del factorial.

Analysis of Variance Table

Response: humedad

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
producto	1	377.94	377.94	190.3813	< 2.2e-16	***
dosis	2	202.19	101.09	50.9241	6.928e-14	***
lamina	2	192.83	96.41	48.5670	1.730e-13	***
producto:dosis	2	205.25	102.63	51.6964	5.174e-14	***
producto:lamina	2	6.97	3.49	1.7556	0.18115	
dosis:lamina	4	25.63	6.41	3.2279	0.01790	*
producto:dosis:lamina	4	17.26	4.32	2.1738	0.08211	.
Residuals	63	125.07	1.99			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Grafico de la interaccion del producto con lamina y dosis

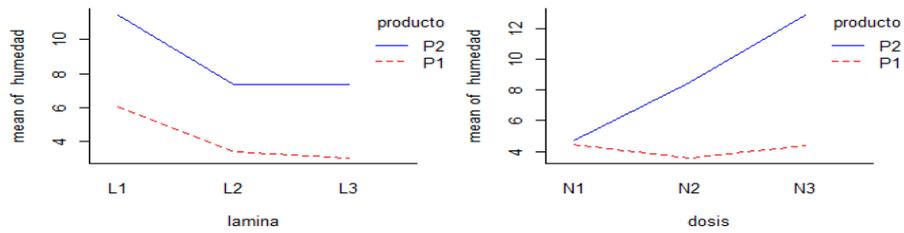
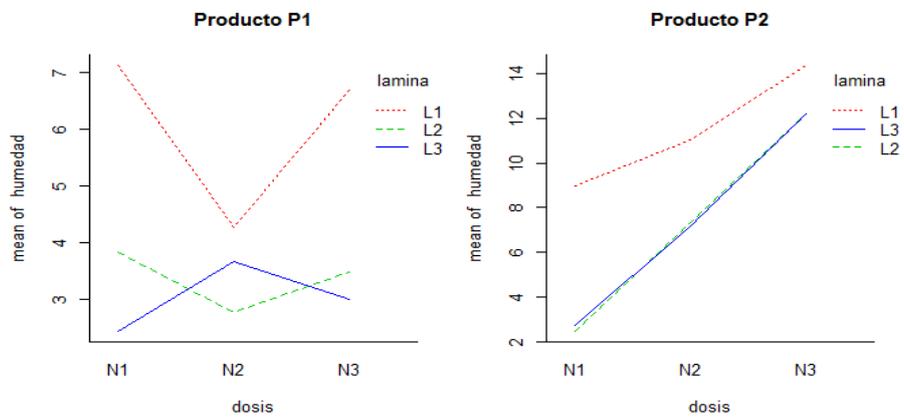


Grafico de la interaccion lamina y dosis en cada producto



Analisis del factor laminas sin el producto.

Analysis of Variance Table

```
Response: humedad
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
controles  2  46.361  23.1805  11.677 4.857e-05 ***
Residuals 63 125.067   1.9852
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Analysis of Variance Table

```
Response: humedad
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
controles  2  46.361  23.1805  11.677 4.857e-05 ***
Residuals 63 125.067   1.9852
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

\$statistics

```
MSerror Df Mean CV MSD
1.985183 63 6.414167 21.96646 2.391418
```

\$parameters

```
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey controles 3 3.394573 0.05
```

\$means

```
humedad std r Min Max Q25 Q50 Q75
c1 9.1550 0.6777659 4 8.30 9.85 8.7950 9.235 9.595
c2 5.4450 1.0904892 4 4.52 7.02 4.8950 5.120 5.670
c3 4.6425 1.3073223 4 3.14 6.30 4.0325 4.565 5.175
```

\$comparison

```
NULL
```

\$groups

```
humedad groups
c1 9.1550 a
c2 5.4450 b
c3 4.6425 b
```

```
attr(,"class")
```

```
[1] "group"
```

Analisis del factor laminas vs productos.

Analysis of Variance Table

```
Response: humedad
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
controles  2  46.361  23.1805  11.677 0.003158 **
Residuals  9  10.073   1.1192
3          63 125.067   1.9852
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Analysis of Variance Table

```
Response: humedad
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
controles  2  46.361  23.1805  11.677 0.003158 **
Residuals  9  10.073   1.1192
3          63 125.067   1.9852
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

\$statistics

```
MSerror Df Mean CV
1.985183 63 6.4275 21.92089
```

\$parameters

```
test name.t ntr StudentizedRange alpha
Tukey selectos 3 3.394573 0.05
```

```

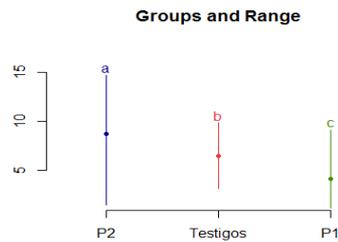
$means
  humedad      std  r  Min  Max  Q25  Q50  Q75
P1    4.138611  1.891930  36  1.15  9.09  3.0850  3.525  5.1525
P2    8.720833  4.275672  36  1.43  14.68  5.9925  8.735  12.5550
Testigos 6.414167  2.265028  12  3.14  9.85  4.7300  5.760  8.4650

$comparison
NULL

$groups
  humedad groups
P2    8.720833  a
Testigos 6.414167  b
P1    4.138611  c

attr(,"class")
[1] "group"

```



Anexo 9. Analisis estadístico del contenido de clorofila en el tiempo

Estimacion del error y coef. de variacion.

```

      Df Pillai approx F num Df den Df  Pr(>F)
trt    20  4.3614    1.4254   280   882 7.971e-05 ***
Residuals 63
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

      Df Wilks approx F num Df den Df  Pr(>F)
trt    20 0.0015992    1.646   280 615.39 2.442e-07 ***
Residuals 63
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

      Df Roy approx F num Df den Df  Pr(>F)
trt    20  3.9299   12.379    20    63 6.486e-15 ***
Residuals 63
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Univariate Type III Repeated-Measures ANOVA Assuming Sphericity

```

      Sum Sq num Df Error SS den Df  F value  Pr(>F)
(Intercept) 63794     1   12797    63 314.0610 < 2.2e-16 ***
trt          39291    20   12797    63  9.6716 1.683e-12 ***
tiempo       465     13   11324   819  2.5895 0.001584 **
trt:tiempo  15150   260   11324   819  4.2143 < 2.2e-16 ***
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Mauchly Tests for Sphericity

	Test statistic	p-value
tiempo	1.1308e-05	4.436e-88
trt:tiempo	1.1308e-05	4.436e-88

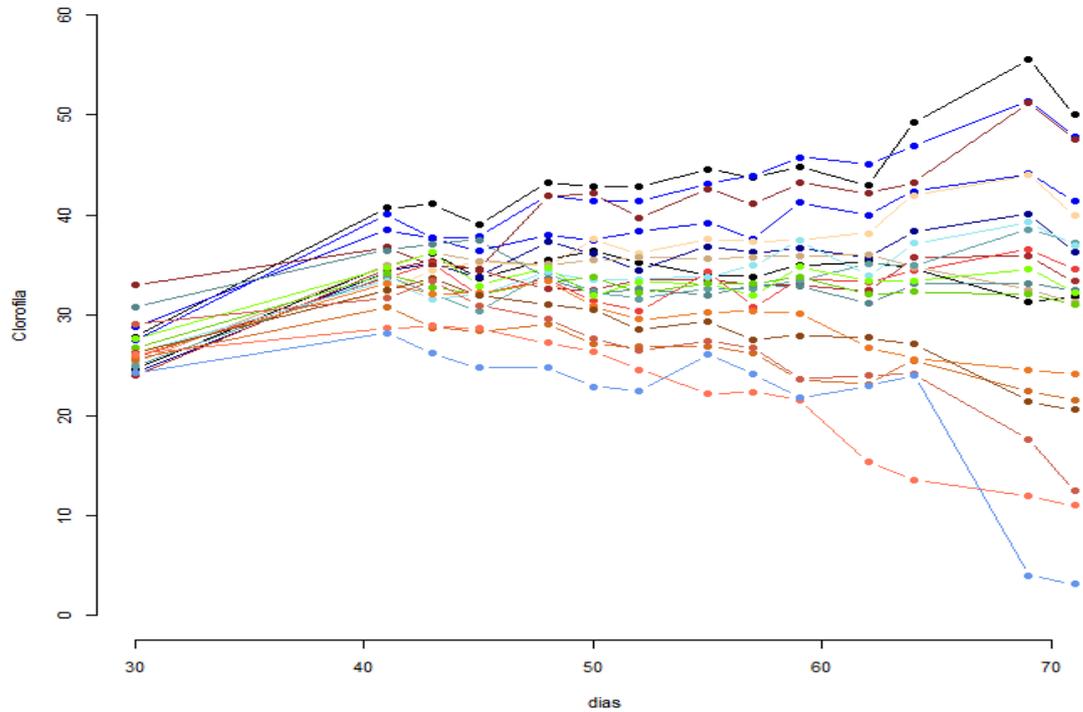
Greenhouse-Geisser and Huynh-Feldt Corrections
for Departure from Sphericity

	GG eps	Pr(>F[GG])
tiempo	0.23339	0.05354 .
trt:tiempo	0.23339	1.757e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

	HF eps	Pr(>F[HF])
tiempo	0.246524	5.021594e-02
trt:tiempo	0.246524	3.427396e-15

trt	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	
1	c1	24.675	34.975	36.150	33.675	35.500	36.400	35.275	33.950	33.850
2	c2	27.775	40.675	41.100	39.050	43.275	42.775	42.875	44.550	43.725
3	c3	27.500	40.075	37.675	37.825	41.925	41.325	41.350	43.100	43.925
4	T01	28.875	38.525	37.600	36.450	37.975	37.525	38.375	39.225	37.625
5	T02	24.225	34.375	35.175	33.800	37.350	36.100	34.500	36.875	36.250
6	T03	23.975	34.575	35.425	34.500	32.575	32.525	33.475	33.575	33.000
	d10	d11	d12	d13	d14					
1	34.925	35.325	34.675	31.350	31.800					
2	44.800	42.925	49.300	55.550	49.975					
3	45.750	45.100	46.825	51.375	47.825					
4	41.225	40.000	42.350	44.075	41.450					
5	36.650	35.800	38.400	40.075	36.350					
6	32.975	32.450	35.750	35.875	33.350					



Anexo 10. Comparativo entre producto y dosis con los diferentes volúmenes de riego



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 11. Comparativo entre productos y dosis a un mismo volumen de riego



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 12. Enmienda P1 en comparacion con los testigos



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 13. Enmieda P2 en comparación con los testigos



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 14. Comparativo entre productos, dosis y volúmenes de riegos iguales.



FUENTE: Elaboración propia.