

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

Evaluación de formulaciones y grosor de hidromulch para el control de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

Autoras:

María Fernanda Apolo Aguilar
Kerlyn Marcela Guañuna Criollo

Director:

Eduardo José Chica Martínez
ORCID: 0000-0001-6072-2142

Cuenca, Ecuador

2023-03-06

Resumen

La demanda de zanahoria (*Daucus carota*) se ha incrementado, pero la producción está disminuyendo por la falta de técnicas eficientes especialmente en el control de malezas. El uso de herbicidas y acolchados plásticos son muy utilizados y aunque son eficientes, se están estudiando alternativas para el control de malezas, debido a la resistencia que estas han presentado y al impacto de los residuos plásticos en el medio ambiente. El hidromulch representa una alternativa para controlar las malezas en la agricultura, reduciendo el impacto ambiental. El hidromulch es una mezcla líquida de papel reciclado y conglomerante, que previenen la aparición de muchas especies anuales de malezas. El propósito de este trabajo fue identificar la mejor formulación y grosor de hidromulch para el control de malezas en un cultivo de zanahoria. Las formulaciones evaluadas contenían diferentes concentraciones de yeso (15, 30 y 50 g por litro de pulpa de papel). Que se aplicaron en tres diferentes grosores (3,95, 6,81, y 10,06 mm). Los resultados mostraron un claro efecto del grosor, ya que el hidromulch más grueso obtuvo mejores resultados. En cuanto a la concentración de yeso, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres niveles. En términos económicos, el costo del control con hidromulch fue mayor que el control manual. El principal factor que influyó fue la mano de obra ya que el hidromulch fue preparado artesanalmente y aplicado a mano. Finalmente existe el potencial de reducir los costos mecanizando los procesos de preparación y aplicación de hidromulch en el campo.

Palabras clave: hidromulch, *Daucus carota*, control malezas, grosor, yeso

Abstract

The demand for carrot (*Daucus carota*) has increased, but production is declining due to the lack of efficient techniques especially in weed control. The use of herbicides and plastic mulches are widely used, although they are efficient, several alternatives are being explored due to the emergence of herbicide resistant weeds and the impact of plastic waste on the environment. Hydromulch represents an possible alternative to control weeds in agriculture, reducing the environmental impact. Hydromulch is a liquid mixture of recycled paper and hardening substances, which prevent the emergence of many annual weed species. The purpose of this work was to identify the best formulation and thickness of hydromulch for weed control in a carrot crop. The formulations evaluated contained different concentrations of gypsum (15, 30 and 50 g per liter of paper pulp) that were applied at different volumes that produced hidromulches of three different thicknesses (3,95, 6,81, and 10,06 mm). The results showed a clear effect on thickness, with thicker hydromulch performing better. Regarding the concentration of gypsum, no statistically significant differences were found between the three levels. In economic terms the cost of weed control with hydromulch was higher than manual control. The main influencing factor was prepared artisanally and applied by hand. How over, there is the potential to reduce costs by mechanizing the processes of preparation and application of hydromulch in the field.

Keywords: hydromulch, *Daucus carota*, weed control, thickness, plaster

Índice

1. Introducción.....	12
2. Objetivos	13
2.1. Objetivo General	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. Hipótesis	13
4. Revisión bibliográfica	14
4.1. Generalidades zanahoria	14
4.2. Propiedades zanahoria	14
4.3. Clasificación taxonómica.....	14
4.4. Manejo del cultivo	14
4.4.1. Preparación del suelo.....	14
4.4.2. Fertilización.....	15
4.5. Cultivo de Zanahoria en el Ecuador	15
4.6. Maleza	15
4.7. Tipos de controles.....	16
4.7.1. Control físico	16
4.7.2. Control químico.....	16
4.8. Malezas en el cultivo de Zanahoria	16
4.9. Hidromulch.....	16
5. Materiales y métodos	17
5.1. Materiales	17
5.2. Métodos	17
5.2.1. Establecimiento del cultivo	17
5.2.2. Preparación base hidromulch.....	18
5.2.3. Metodología para el objetivo 1: Establecer cuál de las formulaciones de hidromulch tiene mayor efecto en la disminución de incidencia de malezas en zanahoria.	18

5.2.4. Metodología para el objetivo 2: Determinar el grosor del hidromulch que tienen mayor efecto en la disminución de malezas en el cultivo de zanahoria.	18
5.2.5. Metodología para el objetivo 3: Determinar los costos variables de los tratamientos.	19
5.3. Diseño experimental	19
5.4. Análisis estadístico	20
6. Resultados	21
6.1. Cobertura cultivo	22
6.2. Cobertura malezas	23
6.3. Biomasa malezas final	23
6.5. Diámetro zanahoria	25
6.6. Riqueza de especies	25
6.7. Costo de los tratamientos.....	26
7. Discusión	27
8. Conclusiones.....	29
9. Recomendaciones.....	30
Referencias	31
Anexos	35

Índice de figuras

Figura 1. Gráfico de barras de la variable cobertura malezas de acuerdo a la prueba de Tukey. Barras con letras iguales no difieren entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p>0.05$).....	23
Figura 2. Gráfico de barras de la variable biomasa malezas fin de acuerdo a la prueba de Tukey. Barras con letras iguales no difieren entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p>0.05$).....	24
Figura 3. Gráfico de barras de la variable diámetro zanahoria de acuerdo a la prueba de Tukey. Barras con letras iguales no difieren entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p>0.05$).....	25
Figura 4. Riqueza de especies de malezas en los diferentes tratamientos en estudio	26
Figura 5. Gráfico de barras del costo estimado para cada tratamiento	27

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales utilizados en el estudio.....	17
Tabla 2. Grosor de hidromuchl correspondiente a cada tratamiento	19
Tabla 3. Prueba de Shapiro-Wilks a las variables estudiadas, para la distribución normal de los datos.....	21
Tabla 4. Prueba de Bartlett a las variables estudiadas, para la homogeneidad de varianzas	21
Tabla 5. Prueba de Friedman a las variables que no cumplieron con los supuestos del ANOVA	22
Tabla 6. Análisis de varianza de la variable cobertura cultivo.....	23
Tabla 7. Análisis de varianza de la variable cobertura malezas	23
Tabla 8. Análisis de varianza de la variable biomasa malezas final.....	24
Tabla 9. Análisis de varianza de la variable peso zanahoria	24
Tabla 10. Análisis varianza de la variable diámetro zanahoria	25

Agradecimientos

Quiero iniciar agradeciendo a Dios por ser mi guía, fortalecer mi corazón y ser el pilar fundamental para alcanzar a cumplir esta meta.

A mis padres Ramiro Apolo y Marjorie Aguilar por su trabajo y sacrificio que todos estos años me han dedicado, por darme su ejemplo de trabajo y honradez, y sobretodo agradecerles por su confianza y el apoyo que recibí en esta etapa.

A mi hermana y hermano por estar conmigo, por sus consejos y sobre todo por todo su amor brindado.

En especial al Ing. Eduardo Chica Ph.D., por su paciencia y ayuda incondicional, por compartirnos sus conocimientos y sabernos guiar de la mejor manera para realizar nuestro proyecto.

Agradezco a todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, que en base a su experiencia y sabiduría supieron direccionar mis conocimientos y me han visto crecer como persona.

María Fernanda Apolo Aguilar

Agradecimientos

Agradezco a mis profesores por el conocimiento impartido durante estos 5 años de vida universitaria especialmente al Ingeniero Eduardo Chica por haber puesto su confianza en nosotras para realizar esta investigación, brindándonos su amistad, respeto y compartir sus conocimientos, que fue un gran apoyo durante la realización de esta tesis.

Kerlyn Marcela Guañuna Criollo

Dedicatoria

Dedico este trabajo con mucho cariño a todas las personas que me han apoyado a lo largo de esta etapa, en especial a aquellos que me impulsaron a ser mejor.

A mis padres por ser mi motor y haberme apoyado en cada uno de mis pasos.

A mis hermanos, por el apoyo incondicional y acompañarme en todos mis sueños.

María Fernanda Apolo Aguilar

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mis padres por el apoyo y cariño que me brindaron en cada paso mi carrera universitaria.

A mi familia más cercana en especial a mi abuela paterna que siempre ha velado por mi bienestar. Y a todas las personas que han sido parte de este proceso y han aportado momentos importantes en esta etapa.

Kerlyn Marcela Guañuna Criollo

1. Introducción

La zanahoria es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas en todo el mundo (Cruz et al., 2018). Es considerada una de las verduras más saludables (Gamboa et al., 2012), debido a sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antianémicas y cicatrizantes (Doymaz, 2004). Dado que es una fuente rica en β -caroteno (López, 2011). La producción total en el Ecuador es de 28.130 toneladas anuales (Cofre & Saltos, 2018). Las principales provincias donde se cultiva son en Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua (Bastidas & Valencia, 2015). En la actualidad, mientras la demanda de zanahoria ha crecido notablemente, la producción va decreciendo debido al uso inadecuado de recursos, y a la falta de técnicas y métodos eficientes en el control de plagas y malezas (Barrionuevo, 2010).

El control de malezas en cultivos hortícolas constituye una de las labores más dificultosas y costosas por la elevada cantidad de mano de obra requerida (Vera & Enciso, 2017). La interferencia de las malezas a través de la competencia y alelopatía, se traducen en perjuicios directos y ocasionan pérdidas entre 30 y 40% en la producción de alimentos (Lorenzi, 2008). Debido a reducciones en el rendimiento y la calidad del producto comercializable (Pitelli et al., 2013). Con relación a la interferencia indirecta, las malezas asumen importancia cuando actúan como hospedantes de plagas, enfermedades y nematodos (Vera & Enciso, 2017). Además, la zanahoria es una de las hortalizas más sensibles a la competencia con las malas hierbas (INATEC, 2018). Por tanto, su control es de vital importancia para garantizar la productividad del cultivo, para ello se suelen utilizar métodos como herbicidas o acolchados plásticos (Labrada et al., 1996).

El uso de los herbicidas ha permitido controlar diferentes malezas durante años (Vidal, 2019). Sin embargo, sus consecuencias han sido cada vez más perjudiciales, no solo por la contaminación del suelo, agua, aire y de plantas, sino por propiciar la aparición de variedades resistentes a dichos herbicidas (Dayan & Duke, 2014). Esta resistencia ha provocado que los agricultores busquen nuevas técnicas para poder controlarlas (Green & Owen, 2010). Además, en los últimos años existe un interés en los consumidores por la seguridad y calidad de sus alimentos, aumentando el consumo de alimentos orgánicos (Cofre & Saltos, 2018). De igual modo la técnica de acolchado con polietileno brinda un efectivo control de malezas (Mondino et al., 2017), pero la gestión de los residuos plásticos una vez sacados del campo es el principal inconveniente (Castillo, 2000). La utilización masiva del mencionado tipo de acolchado está constituyendo un problema por la gran generación de desechos (López et al., 2010), ya que al retirarse suelen contener restos de tierra, vegetación, pesticidas u otros materiales (Moreno & Moreno, 2008), esto hace que su reciclaje conlleve un alto costo, por lo que lo más común es su abandono en vertederos o

incinerarlos (Haapala et al., 2014).

Una alternativa a los problemas medioambientales generados tanto por el acolchado plástico como por los herbicidas es la utilización de materiales de acolchado biodegradables (Pérez, 2008). Como el uso de hidromulch, el cual es una aplicación líquida de pasta de papel que solidifica posteriormente en el suelo y sirve como acolchado (Baquero et al., 2019). Esta cobertura evita la emergencia de muchas especies anuales de malezas (Dayan & Duke, 2014). Warnick et al. (2006), comprobaron que la mezcla formada por agua y papel molido fue un método de control de malas hierbas igual de efectivo que el polietileno. Siendo la principal ventaja de esta mezcla el ser biodegradable y generar un impacto mínimo sobre el medio ambiente (Pérez, 2008). Frente al interés de encontrar nuevos enfoques de producción, esta investigación aportará con información útil para el control de malezas en el cultivo de zanahoria, evaluando diferentes formulaciones y grosores de hidromulch.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Identificar la mejor formulación y grosor de hidromulch para el control de malezas en el cultivo de zanahoria.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar la formulación de hidromulch que tiene mejor efecto en la disminución de incidencia de malezas en zanahoria.
- Determinar el grosor del hidromulch que tiene mayor efecto en la disminución de malezas en el cultivo de zanahoria.
- Determinar los costos variables de los tratamientos.

3. Hipótesis

La aplicación del hidromulch, influye positivamente en la disminución de la incidencia de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*), en distintas formulaciones y grosor.

4. Revisión bibliográfica

4.1. Generalidades zanahoria

La zanahoria es una especie originaria del centro de Asia y del Mediterráneo (García, 2002), la cual pertenece a la familia Apiaceae (López, 2011). Es una planta bianual que posee una raíz napiforme, con función almacenadora (Seymour, 1997). Se adapta muy bien a los valles altos interandinos, donde las temperaturas fluctúan entre 16 y 18°C (Reyes et al., 2017). Es de siembra directa, crece bien en suelos profundos, sueltos y ricos en materia orgánica (Andrade, 2005), con una profundidad de 60 cm y un pH óptimo de 5 a 6 (Allemann & Young, 2005).

4.2. Propiedades zanahoria

Se cultiva para el aprovechamiento de su raíz, muy apreciada por su sabor agradable y excelentes propiedades nutritivas (Goites, 2008). Esto gracias a sus altas fuentes de vitamina A, B3, B6 y un alto contenido en potasio, que permite normalizar el ritmo cardiaco y la presión arterial (Bastidas & Valencia, 2015). Además, es muy apreciada en la nutrición por su contenido en pigmentos beta carotenos, los cuales se distinguen por sus propiedades antimutagénicas, fotoprotectoras, inmunológicas y antioxidantes (Ventrera et al., 2013).

4.3. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Apiales

Familia: Apiaceae

Género: *Daucus*

Nombre científico: *Daucus carota*

Nombre común: Zanahoria (Méndez, 2017).

4.4. Manejo del cultivo

4.4.1. Preparación del suelo

La zanahoria es una planta activa por su raíz, por ello es necesario un suelo profundo para impedir el crecimiento de raíces mal formadas (León et al., 2013). La primera labranza que se debe hacer es remover la tierra a una profundidad de 25 a 35 cm utilizando la herramienta azadón, la otra labranza es la del gradeo para eliminar malezas y terrones (Castillo & García, 2006).

4.4.2. Fertilización

Actualmente no se ha definido con exactitud el nivel de fertilización adecuado que le permita lograr la máxima producción y calidad (Cofre & Saltos, 2018). Algunos agricultores utilizan fertilizantes con compuestos orgánicos, como compost o estiércol de pollos, para contribuir con nutrientes (Mbatha et al., 2014).

4.5. Cultivo de Zanahoria en el Ecuador

La producción de zanahoria en el Ecuador ha aumentado de manera formidable, la cual se da fundamentalmente en la región Sierra (SICA, 2006). Las principales provincias donde se cultiva son en Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua, que aportan con un 94% de la producción nacional (Bastidas & Valencia, 2015). En Ecuador se cultiva anualmente alrededor de 2.932 ha (Pereira, 2021), con una producción de 38.193,00 toneladas métricas y un rendimiento de 8.470,30 kg/ha (Soldado et al., 2017). El consumo per cápita de la zanahoria en Ecuador es de 1,64 kg/año (Bastidas & Valencia, 2015), ya que la mayor parte de la producción de zanahoria es para consumo interno, y solo se exporta un 3.9% (Aragundi & Plúa, 2011). En la actualidad, no existe un incremento de producción de zanahoria en Ecuador, debido a que el manejo no se ha realizado de manera satisfactoria, lo cual determina que el país no pueda ser competitivo en los canales de comercialización internacionales (Cofre & Saltos, 2018).

4.6. Maleza

Las malezas son todas las plantas que crecen en lugares no deseados por el hombre (Parodi, 1984), y que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor (FAO, 2006). El principal problema es que compiten por agua, radiación solar y nutrientes (Heap, 2014). Además de obstaculizar las labores del cultivo y cosecha (Dotor et al., 2018). Cuando el cultivo detecta la competencia reduce su tasa de crecimiento y, por lo tanto, afecta a la rentabilidad y genera pérdidas económicas (Esperbent, 2015). Al competir con las malezas, los cultivos son más vulnerables al ataque de plagas e infecciones por enfermedades. Las especies que son consideradas malas hierbas suelen tener algunas características en común como tratarse de plantas arvenses y tener una propagación rápida (Moradillo, 2006), pero principalmente la condición que debe cumplir es la de ser mucho más competitiva frente a la especie cultivada (Heap, 2014).

4.7. Tipos de controles

4.7.1. Control físico

Incluye los métodos o procedimientos de arranque manual, escarda con azadón, acolchado, corte con machete u otras herramientas y labores de cultivo (Silva, 2017).

4.7.2. Control químico

La aplicación de herbicidas es un método eficiente ya que controlar las malezas manualmente resulta poco económico (Silva, 2017). Los principios activos de los herbicidas que se utilizan antes de la germinación son: prometrina, cloroxurón, telirón, pedimetalín. En la etapa de pos emergencia se utiliza telirón, metribuzin y solan (Bastidas, 2015).

4.8. Malezas en el cultivo de Zanahoria

La zanahoria es uno de los cultivos más sensibles a las malezas, sobre todo en el primer mes del establecimiento del cultivo. El manejo apropiado constituye un factor determinante en el rendimiento y éxito comercial del cultivo (Dotor et al., 2018). De acuerdo con Coelho et al. (2009) al no generar un control rápido en este cultivo, se puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 94%. Pues la capacidad competitiva de la zanahoria es baja (Reginaldo et al., 2021). Durante las primeras 4 semanas de establecimiento se concentra el período crítico de interferencia (PCI), entre las malezas y el cultivo (Murrugarra, 2019). Puesto que en la primera etapa del cultivo las raíces son débiles, la planta es muy pequeña y su velocidad de crecimiento es muy baja; en esta etapa se sugiere que se mantenga el campo libre de malezas por unos 60 días después de la emergencia de la zanahoria (Morales, 1995). Murrugarra (2019), señala que lo mejor sería la utilización de un programa integrado en el manejo de malezas, ya que muchos de los herbicidas registrados, no presentan un gran espectro de control y el control mecánico se ve impedido por la alta población de raíces de zanahoria. Además, gran parte de los costos de producción en zanahoria, corresponden al control de malezas de forma manual (Montenegro, 1998).

4.9. Hidromulch

El uso de cubiertas sobre el suelo para el control de malezas, es una técnica para la reducción del impacto de éstas plantas sobre cultivos hortícolas (Anzalone et al., 2011). Esta técnica se conoce como acolchado, cubiertas o mulch y ha demostrado ser eficiente, por lo que es una opción frente al uso de herbicidas (Pardo et al., 2005). El papel es una alternativa como acolchado, ya que es un material económico, biodegradable y que ofrece facilidades para su adquisición. Además cumple de manera satisfactoria con el control de malas hierbas (Vidal, 2019). El hidromulch se basa en elaborar una mezcla líquida

compuesta principalmente por pasta de papel reciclado, residuos de la agricultura, u otras sustancias endurecedoras como el yeso (Cirujeda et al., 2012). Esta aplicación líquida de pasta posteriormente solidifica y sirve como acolchado (Baquero et al., 2019). En esta técnica, el grosor jugará un papel muy importante, puesto que, a mayor grosor, mayor efecto inhibitor del establecimiento de malezas tendrá el hidromulch. Entre las principales ventajas se encuentra su biodegradabilidad y su menor precio (Vidal, 2019). Su aplicación se realiza mediante bombeo y directa en el campo con ayuda de mangueras u otros métodos de dispersión (Cirujeda et al., 2012).

5. Materiales y métodos

5.1. Materiales

El proyecto consistió en la evaluación de diferentes formulaciones de hidromulch usando diferentes concentraciones de yeso y aplicadas a diferente grosor, en un cultivo experimental de zanahoria. El cultivo se desarrolló en una parcela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en el campus Yanuncay (latitud: 2°55'15.5"S, longitud: 79°01'29.3"W) a una altitud de 2560 msnm, utilizando un experimento bifactorial (concentración yeso x grosor).

Tabla 1. *Materiales utilizados en el estudio*

Herramientas y equipos	Físicos	Bioquímicos
- Azadillas	- Papel	- Semillas de
- Rastrillo	reciclado	zanahoria
- Palas	- Agua	- Yeso
- Motocultor	- Fertinaza	
- Flexómetro	- Tamo	
- Calibrador Vernier		
- Cámara		
- Balanza		
- Licuadora		
- Software ImageJ		
- Software Infostat		
- Baldes		
- Estufa de secado laboratorio		

5.2. Métodos

5.2.1. Establecimiento del cultivo

Previo al establecimiento del cultivo se preparó el terreno, en el cual se realizó un deshierbe,

arado manual e incorporación de fertilizante y tamo. Posteriormente se pasó un motocultor hasta obtener un terreno completamente mullido. La siembra fue de forma manual con semillas de la variedad Chantenay Red Core en camas previamente trazadas. Las camas tuvieron un ancho de 80 cm y el cultivo se sembró en hileras cuádruples con un espaciamiento de 20 cm entre hileras. Las semillas fueron sembradas a chorro continuo y posteriormente raleadas quedando al final una distancia de 10 cm entre plantas.

5.2.2. Preparación base hidromulch

Se trabajó con pulpa de papel como componente base para realizar el hidromulch, para su preparación se utilizaron 28 kg de residuos de papelería. Primero cortamos los residuos en trozos pequeños, y los colocamos en un recipiente con agua para su remojo. Luego de esto con la ayuda de una batidora colocamos agua con los trozos de papel remojados y se licó hasta conseguir la consistencia deseada. Al final del proceso se obtuvieron 360 litros de mezcla, a la cual se dejó en reposo hasta su aplicación.

5.2.3. Metodología para el objetivo 1: Establecer cuál de las formulaciones de hidromulch tiene mayor efecto en la disminución de incidencia de malezas en zanahoria.

Las formulaciones a evaluar se prepararon a partir de diferentes concentraciones de yeso añadido a la preparación base del hidromulch. Las concentraciones determinadas de acuerdo a la literatura fueron de 15, 30 y 50 g por cada litro de pulpa de papel (Micó, 2018).

5.2.4. Metodología para el objetivo 2: Determinar el grosor del hidromulch que tienen mayor efecto en la disminución de malezas en el cultivo de zanahoria.

Debido a la consistencia de la mezcla, en pruebas preliminares se determinó que sería más sencillo obtener los distintos niveles de grosor de hidromulch a través de la aplicación de diferentes volúmenes de mezcla de pulpa de papel sobre una misma área de aplicación. Los tres volúmenes de hidromulch aplicados fueron de 4, 8 y 12 L por parcela, los mismos que produjeron grosores promedio de 3,95 mm, 6,81 mm, y 10,06 mm, respectivamente. Los valores de grosores promedio de cada tratamiento se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Grosor de hidromulch correspondiente a cada tratamiento

TRATAMIENTO	VOLUMEN APLICADO (L/parcela)	GROSOR (mm)	GROSOR (mm)
TIY1		3,89	
TIY2	4	3,78	3,9
TIY3		4,18	
T2Y1		6,56	
T2Y2	8	6,71	6,8
T2Y3		7,18	
T3Y1		9,81	
T3Y2	12	9,96	10,1
T3Y3		10,42	

Nota. Por cada nivel de volumen aplicado de hidromulch (4 - 8 - 12 L), se obtuvo un promedio del grosor conseguido (3,9 - 6,8 - 10,1 mm).

5.2.5. Metodología para el objetivo 3: Determinar los costos variables de los tratamientos.

Para determinar los costos se establecieron los precios de los elementos utilizados: papel, yeso y tiempo de elaboración y aplicación, los cuales varían dependiendo de la cantidad que utilizamos de hidromulch. También se tomó en cuenta el tiempo empleado para el deshierbe final en los diferentes tratamientos, para intentar determinar con mayor exactitud el costo para el control de malezas en los diferentes tratamientos en estudio.

5.3. Diseño experimental

El ensayo se desarrolló usando un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial y un control (3 x 3 + 1) con 5 repeticiones, donde el factor A fue la concentración de yeso y el factor B el grosor de hidromulch aplicado. Como factor bloque tuvimos la ubicación de cada cama dentro de la terraza de cultivo. El control consistió en parcelas de cultivo de zanahoria manejadas de forma tradicional. Cada parcela experimental consistió en 1,1 m de cama sembradas como se indicó anteriormente con un espaciamiento de 20 cm entre camas. La unidad de muestreo fueron las 6 plantas centrales dentro de cada parcela, descartando las plantas de los bordes.

Las variables tomadas fueron:

- Emergencia de la zanahoria a los 7, 15 y 21 días desde la siembra: Se contabilizó el número de plantas emergidas, considerando como planta emergida, aquella cuyas

hojas se apreciaban en la superficie del terreno.

- Cobertura del cultivo en la parcela: Para poder cuantificar la cobertura del cultivo utilizamos el software ImageJ. Con la ayuda de una cámara fotográfica se capturaron las imágenes de las diferentes parcelas a los 30 días después de la siembra, posteriormente se realizó el procesamiento de las imágenes y su análisis.
- Cobertura de malezas en la parcela: De igual manera a los 30 días después de la siembra se trabajó con el software ImageJ, para el análisis de las imágenes de las parcelas.
- Riqueza de especies de malezas: Para la estimación de la riqueza se realizó un conteo de los individuos de cada especie de malezas presente en cada una de las parcelas, y para identificar a cada maleza nos apoyamos de diferentes herbarios.
- Biomasa acumulada de malezas a los 35 días después de la siembra y al final del cultivo: Por cada parcela se cortó las malezas al ras del suelo (sin tomar en cuenta la raíz), las cuales fueron secadas en un horno a 72 °C por 72 h, posteriormente se determinó el peso seco de las mismas con la ayuda de una balanza.
- Tiempo deshierbe: Se cronometró el tiempo empleado en el deshierbe final.
- Número de hojas del cultivo de zanahoria: Se contó el número de hojas de las plantas a los 28 días y al final del cultivo.
- Largo de la hoja madura más joven del cultivo: Esta variable se registró en centímetros y para su medición utilizamos un flexómetro.
- Peso zanahoria: Luego de la cosecha se lavaron las zanahorias y con la ayuda de una balanza estas se pesaron en gramos.
- Longitud zanahoria: Con la ayuda de un flexómetro se midió desde el ápice de la raíz hasta el cuello de la planta.
- Diámetro zanahoria: Con un calibrador Vernier se midió el diámetro en el cuello en cm.

5.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en Infostat y RStudio. Se inició revisando las características de los datos con relación a su distribución normal (prueba de Shapiro-Wilks) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett), para luego seleccionar los métodos de análisis más apropiados para cada variable. Para el análisis de datos paramétricos se aplicó un ANOVA y una prueba de Tukey a una confiabilidad del 95% y en caso de obtener datos no paramétricos se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman.

6. Resultados

En los primeros 7 días posteriores a la siembra no se observó ningún indicio de emergencia en las parcelas estudiadas, a partir de los 15 días emergieron las primeras plantas. Se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilks y Bartlett a todas las variables estudiadas, las cuales nos indican si cumplen o no con el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas respectivamente ($p > 0.05$).

Como se observa en la siguiente tabla (Tabla 3) las variables que no cumplen con una distribución normal de los datos ($p < 0.05$) son: emergencia 15 días, emergencia 21 días, hojas cultivo 28 días, largo de la hoja madura más joven, hojas cultivo final y longitud zanahoria. Del mismo modo la (Tabla 4) muestra las variables que no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas ($p < 0.05$): hojas cultivo 28 días, biomasa malezas 35 días y hojas cultivo final.

Tabla 3. Prueba de Shapiro-Wilks a las variables estudiadas, para la distribución normal de los datos

Variable	n	p
Emergencia 15 días (número plantas emergidas)	50	5,75E-05
Emergencia 21 días (número plantas emergidas)	50	0,000126
Hojas cultivo 28 días (número hojas)	50	2,09E-09
Cobertura cultivo (%)	50	0,2754
Cobertura malezas (%)	50	0,3765
Biomasa malezas 35 días (g)	50	0,1013
Largo de la hoja madura más joven (cm)	50	0,0037
Hojas cultivo final (número hojas)	50	1,26E-06
Biomasa malezas final (g)	50	0,3283
Peso zanahoria (g)	50	0,0675
Longitud zanahoria (cm)	50	0,0123
Diámetro zanahoria (cm)	50	0,2063

Nota. Valores ($p < 0,05$) no cumplen con el supuesto de normalidad.

Tabla 4. Prueba de Bartlett a las variables estudiadas, para la homogeneidad de varianzas

Variable	n	p
Emergencia 15 días (número plantas emergidas)	50	0.7902
Emergencia 21 días (número plantas emergidas)	50	0.4957
Hojas cultivo 28 días (número hojas)	50	< 2.2e-16

Cobertura cultivo (%)	50	0,6759
Cobertura malezas (%)	50	0,4193
Biomasa malezas 35 días(g)	50	0,0139
Largo de la hoja madura más joven (cm)	50	0,1906
Hojas cultivo final (número hojas)	50	< 2.2e-16
Biomasa malezas final (g)	50	0,4558
Peso zanahoria (g)	50	0,8559
Longitud zanahoria (cm)	50	0,2905
Diámetro zanahoria (cm)	50	0,8636

Nota. Valores ($p < 0,05$) no presentan homogeneidad de varianzas entre tratamientos.

Para las variables que no cumplieron con la normalidad de datos o homogeneidad de varianzas se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman (Tabla 5), con las variables que cumplieron los supuestos del ANOVA se corrió el análisis de varianza y prueba de Tukey.

Como observamos en esta tabla (Tabla 5) las variables que no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) son: hojas cultivo 28 días y largo de la hoja madura más joven, es decir todos los tratamientos registraron una respuesta similar para estas dos variables. Las demás variables presentan diferencias significativas de acuerdo a esta prueba.

Tabla 5. Prueba de Friedman a las variables que no cumplieron con los supuestos del ANOVA

Variable	n	p
Emergencia 15 días (número plantas emergidas)	50	0,02993
Emergencia 21 días (número plantas emergidas)	50	0,003593
Hojas cultivo 28 días (número hojas)	50	0,638
Biomasa malezas 35 días(g)	50	1,337 e-06
Largo de la hoja madura más joven (cm)	50	0,1906
Hojas cultivo final (número hojas)	50	0,0002234
Longitud zanahoria (cm)	50	0,01139

Nota. Valores ($p > 0,05$) tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas.

6.1. Cobertura cultivo

Para la variable cobertura cultivo los resultados del ANOVA (Tabla 6) reflejan que en todos los tratamientos se presentó una cobertura del cultivo similar, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 6. Análisis de varianza de la variable cobertura cultivo

ANOVA	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	p-valor
TRATAMIENTO	9	2,02	0,56	0,8165

Nota. Valor ($p > 0,05$) no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

6.2. Cobertura malezas

Respecto a la cobertura de malezas se evidencian diferencias estadísticamente significativas (Tabla 7), distinguiéndose 6 rangos de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey (Figura 1). Los tratamientos del primer rango (A) cuentan con una mayor cobertura de malezas los cuales son el control y TIY2, es decir que existió un deficiente control de malezas con estos tratamientos. En cambio los tratamientos del último rango (F) son los que presentaron un mejor control, ya que obtuvieron una menor cobertura de malezas, los cuales son los tratamientos T3Y1, T3Y2 y T3Y3.

Tabla 7. Análisis de varianza de la variable cobertura malezas

ANOVA	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	p-valor
TRATAMIENTO	9	0,80	27,96	< 0,0001

Nota. Valor ($p < 0,05$) se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

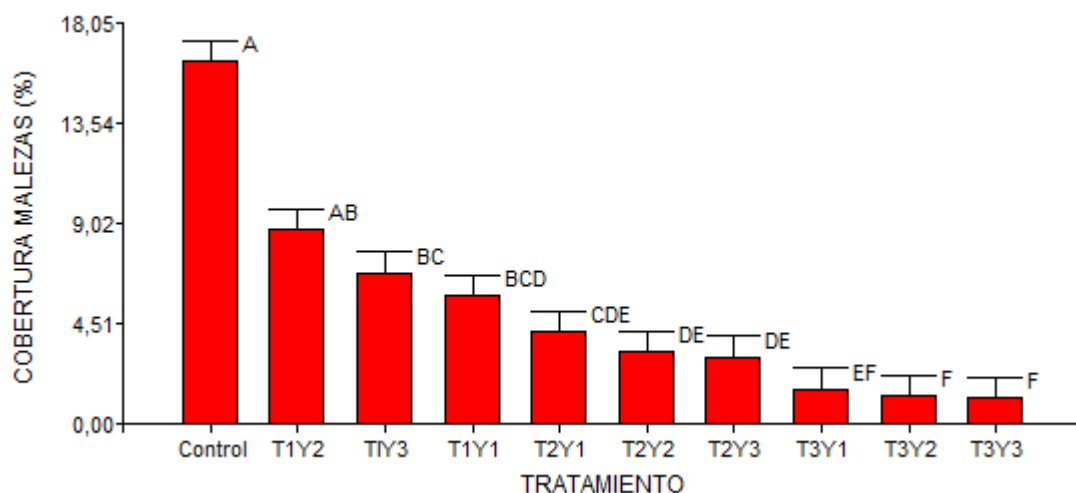


Figura 1. Gráfico de barras de la variable cobertura malezas de acuerdo a la prueba de Tukey. Barras con letras iguales no difieren entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

6.3. Biomasa malezas final

Para la variable biomasa de malezas final, se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas (Tabla 8), distinguiéndose claramente 4 rangos de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey (Figura 2). El primer rango (A) corresponde al

tratamiento control, el cual presentó la mayor biomasa de malezas al final del cultivo. El segundo rango está conformado por los tratamientos T1Y1, T1Y2 y T1Y3 y en el tercer rango encontramos los tratamientos T2Y1, T2Y2 y T2Y3; evidenciando que mientras existe un mayor grosor de hidromulch disminuye notoriamente la cantidad de malezas. En el último rango (D) encontramos a los tratamientos que obtuvieron la menor cantidad de biomasa de malezas, los cuales fueron T3Y2, T3Y1 y T3Y3; reflejando que al utilizar el mayor grosor de hidromulch se logró un mejor control de malezas.

Tabla 8. Análisis de varianza de la variable biomasa malezas final

ANOVA	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	p-valor
TRATAMIENTO	9	0,38	74,28	< 0,0001

Nota. Valor ($p < 0,05$) se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

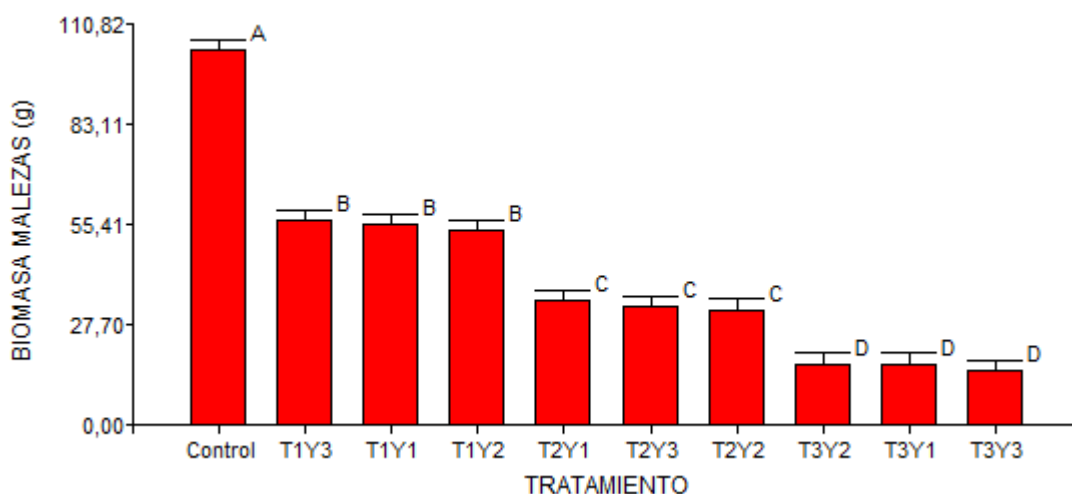


Figura 2. Gráfico de barras de la variable biomasa malezas fin de acuerdo a la prueba de Tukey. Barras con letras iguales no difieren entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

6.4. Peso zanahoria

En cuanto la variable peso zanahoria, los resultados del ANOVA (Tabla 9) reflejan que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, es decir con todos los tratamientos se obtuvo un peso similar en la zanahoria.

Tabla 9. Análisis de varianza de la variable peso zanahoria

ANOVA	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	p-valor
TRATAMIENTO	9	46,51	1,67	0,1325

Nota. Valor ($p > 0,05$) no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

6.5. Diámetro zanahoria

Al realizar el análisis de varianza para la variable diámetro zanahoria, se observó que existen diferencias estadísticamente significativas (Tabla 10). La prueba de Tukey detectó 2 rangos de significancia (Figura 3), en el cual los tratamientos T3Y2 y T3Y3 fueron los que presentaron un mayor diámetro con respecto al resto de tratamientos que se encontraban también en el segundo rango (B), los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Tabla 10. Análisis varianza de la variable diámetro zanahoria

ANOVA	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	p-valor
TRATAMIENTO	9	0,05	4,46	0,0006

Nota. Valor ($p < 0,05$) se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

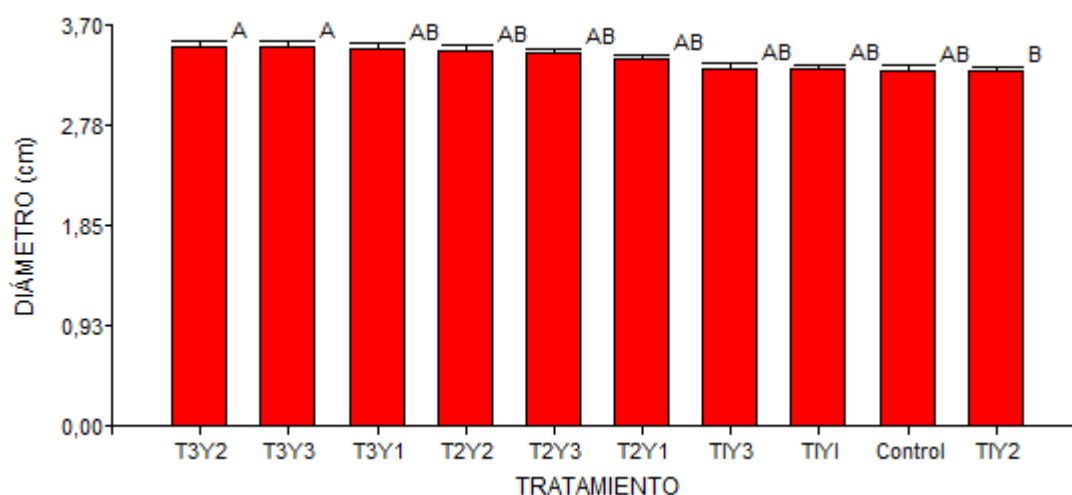


Figura 3. Gráfico de barras de la variable diámetro zanahoria de acuerdo a la prueba de Tukey. Barras con letras iguales no difieren entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

6.6. Riqueza de especies

Al analizar la información sobre la riqueza de malezas se pudo evidenciar 11 especies diferentes en los tratamientos evaluados. Tal como vemos en el gráfico de barras (Figura 6), se presenta una mayor cantidad y diversidad en el tratamiento control, el cual es el que no contiene ninguna aplicación de mulch, seguido de este tenemos los tratamientos T1 con el menor grosor de hidromulch (T1 = 3,9 mm) y T2 (T2 = 6,8 mm) respectivamente; donde podemos notar que la diversidad y cantidad de malezas va disminuyendo conforme aumenta el espesor de hidromulch. Por último encontramos los tratamientos T3 (T3 = 10,1 mm) que son los que mayor grosor de hidromulch presentan, indicando que con el mayor grosor de mulch se obtuvo la menor cantidad de malezas y algunas especies ya no se presentaban, siendo controladas en su totalidad. Este fue el caso de la cerraña (*Sonchus oleraceus*), que

en el tratamiento control se presenta en gran cantidad y a medida que aumenta el grosor del hidromulch va disminuyendo, hasta desaparecer en los tratamientos T3. En cambio, las especies que encontramos en todos los tratamientos son el trébol blanco (*Trifolium repens*), verónica (*Stachys arvensis*), diente de león (*Taraxacum officinale*) y amor seco (*Bidens pilosa*), estas especies no pudieron ser controladas en su totalidad con ningún grosor de hidromulch evaluado, siendo la especie de mayor riqueza el trébol blanco con un total de 271 individuos en todo el estudio.

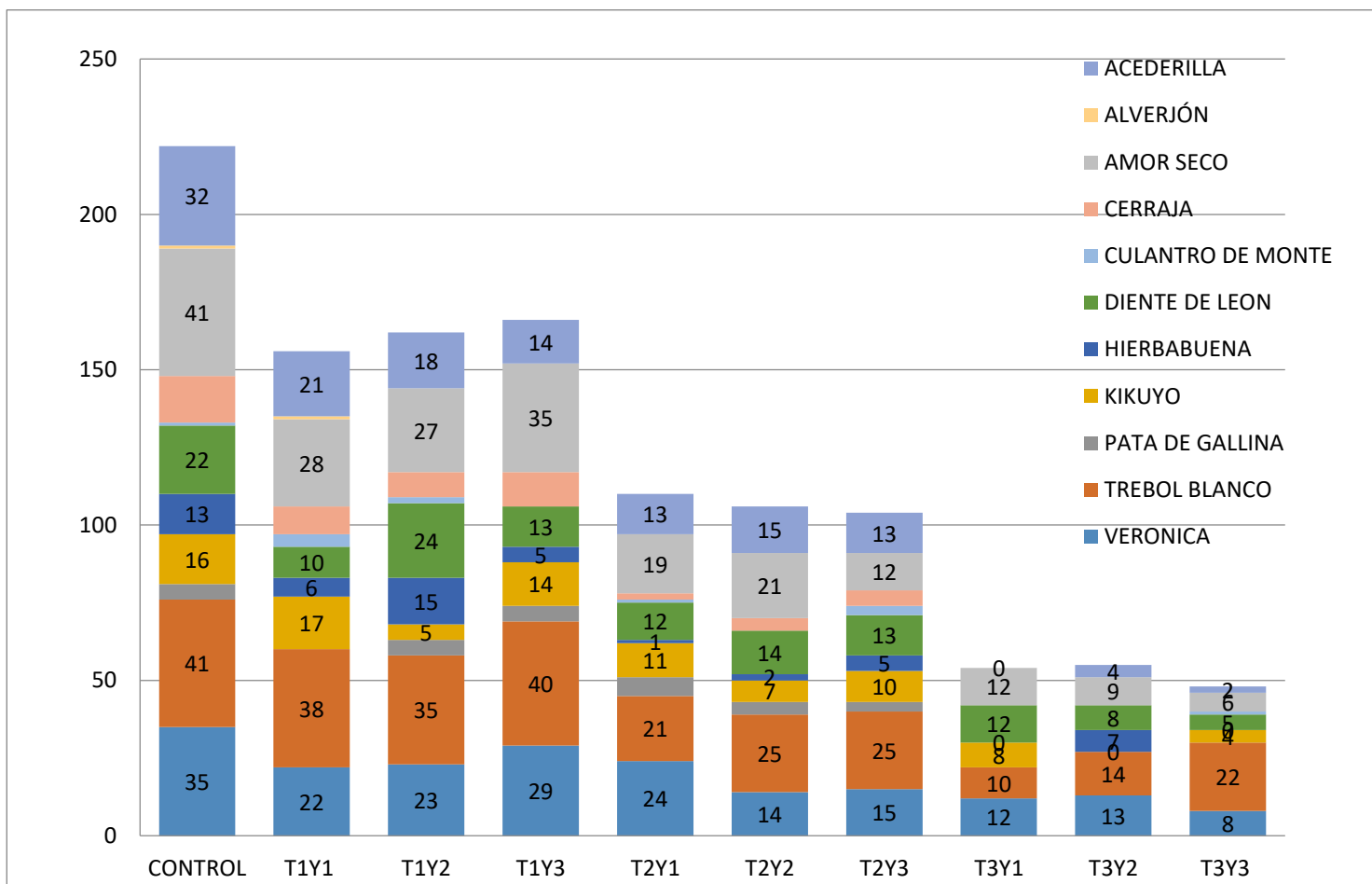


Figura 4. Riqueza de especies de malezas en los diferentes tratamientos en estudio

6.7. Costo de los tratamientos

Al analizar todas las variables que fueron empleadas para poder calcular los costos por tratamiento (Figura 7), pudimos determinar que el tratamiento con menor valor fue el tratamiento control, ya que aquí no se aplicó mulch y el tiempo empleado para el deshierbe fue de 16 minutos aproximadamente. Cabe recalcar que los demás tratamientos obtuvieron valores elevados debido a que en estos se tomó en consideración el costo de la mano de

obra para la preparación del hidromulch, aumentando considerablemente el valor de cada uno de ellos, ya que los costos por tratamiento fueron de T1= \$2,40: T2= \$4,80 y T3= \$7,20: debemos considerar que estos valores fueron calculados en base a la jornada laboral de dos operarios trabajando con equipamiento de baja capacidad de procesamiento a escala doméstica. Mientras tanto el tratamiento que resultó ser el más costoso fue el T3Y3 el cual presenta 12 L de hidromulch y 600 g de yeso. Es importante recalcar que en los costos de los tratamientos no se han incluido los costos preliminares, que en este caso serían, preparación de terreno (\$0.27) y siembra (\$0.16) que fueron calculados en base al área de las camas de los tratamientos (0.88m²), esto debido a que son costos fijos que van a estar presentes durante la implementación de un cultivo independientemente del tipo de control de malezas que se aplique en él.

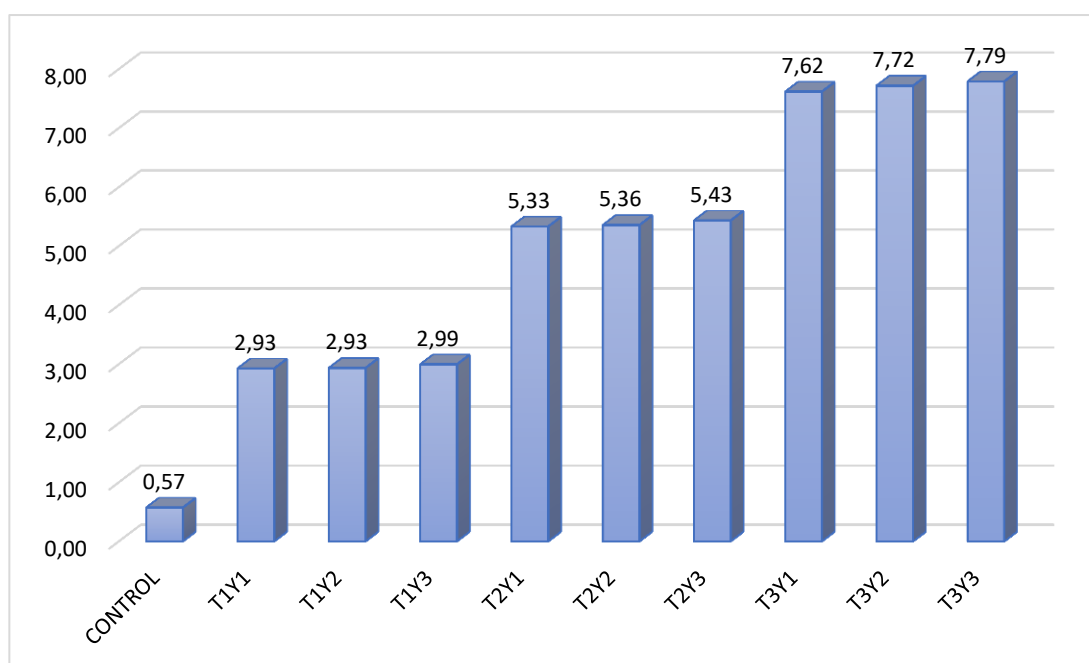


Figura 5. Gráfico de barras del costo estimado para cada tratamiento

7. Discusión

Los resultados de este estudio evidencian que el hidromulch sí produce un efectivo control de malezas, esto concuerda con la investigación realizada por Claramunt et al. (2019), donde el hidromulch redujo la emergencia de malezas del 64,6% al 95,9%; ellos concluyeron además que el hidromulch es una herramienta prometedora para controlar la emergencia de malezas. Es importante mencionar que el grosor del hidromulch fue un factor determinante en nuestro estudio para reducir las malezas, obteniendo los mejores resultados al aplicar un

volumen de 12 L, el cual generó un grosor de 10,1 mm aproximadamente; estos resultados fueron similares a un estudio realizado en Zaragoza en un cultivo de pimiento, donde aplicaron entre 0,3 a 0,5 cm de hidromulch a base de pasta de trigo, reportando que cuanto más gruesa es la capa, mejor es el control de malezas (Cirijueda et al., 2012). En cuanto al factor yeso no se encontraron diferencias notables entre sus niveles, esto podría deberse a que la cantidad mínima necesaria de yeso para obtener una matriz continua debe ser superior a 50 g/L de pasta de papel (Claramunt et al., 2019) y en nuestro estudio trabajamos solamente con 15, 30 y 50 g de yeso/L, por lo cual no observamos diferencias entre las concentraciones. Aun cuando, de acuerdo a la literatura, el hidromulch es una técnica eficaz para el control de malas hierbas, en nuestro experimento existieron plantas que no pudieron ser controladas en su totalidad, como es el caso del trébol blanco que fue la especie de mayor riqueza en nuestro estudio, el cual no tuvo problemas para emerger, ni en su desarrollo. Esto coincide con lo presentado por Altés (2020), donde indica que el hidromulch consigue reducir significativamente en casi un 50% la capacidad de *Sorghum halepense* L. de emerger a la superficie del cultivo. No obstante, aquellos rizomas que consiguen emerger no parecen presentar alteraciones que reduzcan su crecimiento y viabilidad.

Con relación al peso de la zanahoria no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo cual difiere con un estudio donde mencionan que al no implementarse ninguna estrategia de manejo de malezas durante el ciclo agrícola del cultivo, la pérdida del rendimiento comercial de raíces puede llegar al 93% (Vera & Enciso, 2017), asimismo mencionan que el diámetro de la zanahoria fue afectado negativamente por la presencia de malezas, en donde el tratamiento que estuvo en convivencia permanente presentó una media de 2,59 cm, que representa un 43,32% menos que el tratamiento que se mantuvo sin la presencia de malezas que fue de 4,57 cm; en cambio en nuestro estudio las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre las medias del tratamiento que obtuvo el mayor diámetro (3,5 cm) con respecto al tratamiento control (3,28 cm). Estas variaciones pueden deberse a que el cultivo de zanahoria es exigente en calidad y profundidad de suelos (Campos, 2019) y nuestra parcela experimental al no contar con una profundidad y características adecuadas pudo influenciar negativamente en el desarrollo de las mismas.

Utilizar maquinaria adecuada para la reducción de costos en la elaboración y aplicación del hidromulch es un punto importante a tomar en cuenta en futuros estudios, como lo sugieren Anzalone et al. (2011) cuando mencionan que la cubierta con papel que ellos utilizaron presentó un elevado potencial para sustituir al polietileno como cubierta de suelo, pero se requiere mejorar aspectos de la mecanización en la colocación y reducción de sus costos,

para así lograr niveles de beneficio económico más atractivos. Otro aspecto que se puede tomar en cuenta en futuras investigaciones es el riego que se utiliza, en nuestro estudio fue por aspersión y lluvia, pero Cirijueda et al., (2012) señalan que si llueve y la lluvia es persistente se reducirá el efecto del acolchado sobre la flora arvense, ya que se reblandece el acolchado. Por lo contrario en el trabajo de Altés (2020), no evidencian la existencia de una relación estadística significativa entre la humedad del hidromulch y sus características mecánicas. En resumen, al ser una técnica reciente no existe mucha bibliografía sobre la aplicación de acolchado líquido con pasta de papel en la agricultura (Hogue et al., 2010), pero es importante seguir estudiándola para encontrar nuevas técnicas de control de malezas que sean eficaces y de menor impacto ambiental.

8. Conclusiones

- El grosor del hidromulch es un factor importante a considerar para el control de malezas, ya que en este estudio los tratamientos con una capa de mayor grosor (10,1 mm), destacaron estadísticamente en la reducción de biomasa seca de malezas, frente a capas más delgadas.
- En cuanto a la cantidad de yeso adicionada a la mezcla de hidromulch, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres niveles de concentración evaluados.
- El hidromulch es una alternativa eficaz en el control de malezas, ya que impide la emergencia de una gran cantidad de ellas; sin embargo no debe ser utilizado como una solución única, ya que su control no elimina completamente las malezas, y aquellas especies que logran emerger a la superficie no se ven afectadas en su desarrollo.
- Nuestro estudio no presenta diferencias estadísticamente significativas en cuanto al peso de la zanahoria, esto puede deberse a que las condiciones del suelo no fueron del todo favorables; por ende sería interesante seguir investigando este tipo de control de malezas, para determinar cómo influye en el rendimiento de la zanahoria.
- Los mejores tratamientos de hidromulch para el control de malezas presentaron los mayores costos, debido a que se empleó una mayor cantidad de material y mano de obra. Por ende es importante determinar mejores métodos de elaboración y

aplicación, para reducir su valor económico.

9. Recomendaciones

- Las futuras investigaciones sobre el hidromulch deben ir encaminadas en encontrar la concentración de conglomerante (yeso) más eficaz para el control de malezas.
- Para reducir los costos del control de malezas con hidromulch, es necesario utilizar maquinaria adaptada para la elaboración y aplicación, para que los procesos sean más sencillos, de menor tiempo y con menor mano de obra.
- Se recomienda continuar el estudio de hidromulch en suelos con mejores condiciones; para poder determinar cómo influye en el rendimiento del cultivo.
- Tomar en cuenta épocas o zonas con menos lluvias y encontrar un sistema de riego que se adapte a este tipo de control de malezas, para evitar posibles interferencias en la eficacia del hidromulch.

Referencias

- Allemann, L., & Young, B. (2005). Vegetable production in a nutshell. Sudáfrica: KwaZulu-Natal Department of Agriculture.
- Altés, M. (2020). *Propiedades mecánicas del hiromulch y estudio de su eficiencia en Sorghum halepense L.*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Andrade, R. (2005). *Boletín Técnico del cultivo de zanahoria, Segunda Edición*. Bolivia.
- Anzalone, A., Ramírez, H., Lugo, A., Cirjueda, A., Zaragoza, C., & Aibar, J. (2011). Evaluación de cubiertas de suelo para el control de malezas en la producción integrada de tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ*, 71-90.
- Aragundi, K., & Plúa, B. (2011). *Utilización de harina de zanahoria amarilla (Daucus carota) en la elaboración de pan*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Baquero, R., Pardo, G., Aibar, J., & Cirujeda, A. (2019). Acolchado de aplicación líquida o hidroacolchados: primeros resultados sobre el control de malas hierbas en melocotoneros. *Sociedad Española de Malherbología*, 290-295.
- Barrionuevo, M. (2010). *Estudio bioagronómico de 12 cultivares de zanahoria (Daucus carota L.) tipo nantes, a realizarse en la ESPOCH, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Bastidas, R. (2015). *Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (Daucus carota) de IV gama*. Quito : Escuela Politécnica Nacional.
- Bastidas, R., & Valencia, S. (2015). Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (*Daucus carota L.*) de IV gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 307-312.
- Campos, B. (2019). *Efecto de tres biofermentos en el rendimiento de zanahoria (Daucus carota L.) var. Royal Chantenay en condiciones agroecológicas de Huacrachuco-Huánuco*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Castillo, J., & García, R. (2006). Revisión de las técnicas de producción de la zanahoria. *Vida rural 1* (231), 36–42.
- Castillo, M. (2000). *Efecto de diversos tipos de acolchados plásticos sobre la temperatura del suelo y su influencia sobre el desarrollo de malezas, precocidad y rendimiento del cultivo de brócoli*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Cirijueda, A., Aibar, M., Anzalone, A., & Zaragoza, C. (2012). Primeras impresiones de la aplicación de hidromulch en cultivo de pimiento. *CORE*, 10-14.
- Claramunt, J., Masa, T., Pardo, G., Cirijueda, A., & Verdu, A. (2019). Caracterización mecánica de mezclas que contienen pulpa de papel reciclada y otros materiales lignocelulósicos para desarrollar hidromulches para el control de malezas. *ELSEVIER*, 36-47.
- Coelho, M., Bianco, S., & Carvalho, L. (2009). Interferência de plantas daninhas na cultura da cenoura (*Daucus carota*). *Planta Daninha*, 913-920.
- Cofre, F., & Saltos, R. (2018). Evaluación del rendimiento y calidad de la zanahoria (*Daucus Carota L.*) en dos sistemas de producción orgánico y convencional. *Ambiente y sustentabilidad*, 193-205.
- Cruz, E., Vega, J., Gutiérrez, A., González, M., Saltos, R., & Víctor, G. (2018). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de zanahoria (*Daucus carota L.*). *Revista de*

Investigación Talentos, II, 26-35.

- Dayan, F., & Duke, S. (2014). Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiology*, 1090-1105.
- Dotor, M., González, L., & Morillo, A. (2018). Período crítico de competencia de la zanahoria (*Daucus carota* L.) y malezas asociadas al cultivo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 5-15
- Doymaz, I. (2004). Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 359-364.
- Esperbent, C. (2015). Malezas: el desafío para el agro que viene. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 235-240.
- FAO. (2006). Recomendaciones para el manejo de malezas. Roma.
- Gamboa, J., Montilla, A., Soria, A., & Villamiel, M. (2012). Efectos del blanqueamiento convencional y por ultrasonidos sobre la inactivación enzimática y el contenido de carbohidratos de las zanahorias. *Investigación y Tecnología Europea de Alimentos*, 234-243.
- García, M. (2002). *El Cultivo de la Zanahoria*. Montevideo: Departamento de Producción Vegetal, Universidad de la República, Facultad de Agronomía.
- Green, J.M. & Owen, M.D.K. (2010). Herbicide resistant crops: utilities and limitations for herbicide resistant weed management. *Journal of agricultural and food chemistry*, 5819-5829.
- Haapala, T., Palonen, P., Korpela, A., & Ahokas, J. (2014). Feasibility of paper mulches in crop production. *Agricultural and Food Science*, 60-79.
- Heap, I. (2014). Herbicide Resistant Weeds. *Integrated Pest Management*, 281-301.
- Hogue, E., Cline, J., Neilsen, G., & Neilsen, D. (2010). Growth and Yield Responses to Mulches and Cover Crops under Low Potassium Conditions in Drip-irrigated Apple Orchards on Coarse Soils. *HortScience*, 45-56.
- INATEC. (2018). *Manual cultivo de hortalizas*. En *Segunda Edición* (págs. 68-73). Nicaragua: JICA.
- Labrada, R., Caseley, J., & Parker, C. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. En *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120* (págs. 298-308). Roma: FAO.
- León, P., López, A., Migenes, C., & Llanes, V. (2013). Comparación de profundidades de Labranza Reducida y Siembra Directa con y sin humus de lombriz en el cultivo de la zanahoria. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3), 42-45.
- López, A. (2011). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la zanahoria (Daucus carota L.), híbrido Cupar, en el Chaupi, provincia de Pichincha*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- López, J., González, A., Rodríguez, M., & Fernández, J. (2010). Materiales degradables de acolchado. *Horticultura global*, 12-23.
- Lorenzi, H. (2008). *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. Brasil: Plantarum.

- Mbatha, A. N., Ceronio, G. M., & Coetzer, G. M. (2014). Response of carrot (*Daucus carota* L.) yield and quality to organic fertiliser. *South African Journal of Plant and Soil*, 31(1), 1–6.
- Méndez, K. (2017). *Comportamiento de dos cultivares de zanahoria (Daucus carota L.) frente a patógenos*. Universidad de Guayaquil.
- Micó, M. (2018). *Desarrollo y caracterización de un acolchado biodegradable para el control de malas hierbas*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Mondino, M., Balban, D., Cavalieri, O., & García, S. (2017). Efecto de la cobertura del suelo con acolchados plásticos sobre el comportamiento del cultivo de alcaucil (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). *Revista FAVE*, 61-68.
- Montenegro, V. (1998). Efecto de diferentes dosis de afalon sobre las malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Revista Esso Agrícola*, 68-74.
- Moradillo, J. (2006). Atlas de malas hierbas, segunda edición . Madrid: Mundi-Prensa.
- Morales, J. (1995). El cultivo de zanahoria. República Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario (FDA).
- Moreno, M., & Moreno, A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 256-263.
- Murrugarra, R. (2019). *Efecto de los herbicidas en el control de malezas del cultivo de zanahoria (Daucus carota L.) var Royal Chantenay en condiciones del CIFO – UNHEVAL – HUÁNUCO*. Huánuco: UNHEVAL.
- Pardo, G., A. Anzalone, A., Cirujeda, S., C, F., Aibar, J., & Zaragza, C. (2005). Different weed control systems in tomato. *European Weed Research Society*, 91-96.
- Parodi, L. (1984). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Volumen II. Buenos Aires: Editorial ACME.
- Pereira, J. (2021). *Efecto de trasplante de plántulas en parámetros morfoagronómicos del cultivo de zanahoria (Daucus carota)*. Machala: Universidad técnica de Machala.
- Pérez, S. (2008). *Evaluación de cubiertas biodegradables y restos vegetales para el control de malas hierbas en tomate de industria*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Pitelli, R., Durigan, J., & Machado, R. (2013). Determinação dos períodos críticos na relação e interferência entre plantas daninhas e culturas anuais. Jabotical, Brasil: Funep.
- Reginaldo, L., Lins, H., Sousa, M., Teófilo, T., Mendonça, V., & Silva, D. (2021). Weed interference in carrot yield in two localized irrigation systems. *Revista Caatinga*, 119-131.
- Reyes, J., Abasolo, F., Yépez, Á., Luna, R., Zambrano, D., Vázquez, V., Rodríguez, W. (2017). Ácidos húmicos y su efecto sobre variables morfométricas en plantas de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 25-29.
- Seymour, J. (1997). El Horticultor Autosuficiente. Umbelíferas. Barcelona: Blume.
- SICA. (2006). *Estimación de la producción de Zanahoria*. Obtenido de <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/estimaci>
- Silva, V. (2017). El Cultivo De Las Hortalizas. In Cultivos Tropicales (IMPRESIONE, Vol. 28, Issue 1).

- Soldado, G., Valiño, E., Fernández, L., Viafara, B., Huilca, W., Morocho, E., .Andrade, V. (2017). Efecto de los tiempos de recolección post cosecha de *Daucus carota* sobre la composición química del tubérculo, hojas y tallos como sustrato para ensilaje. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 20-24.
- Ventrera, N., Vignoni, L., Alessandro, M., Césari, M., Césari, R., & Guinle, V. (2013). Caracterización por contenido de β -carotenos de ocho cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L.) y su relación con el color. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 211-218.
- Vera, P., & Enciso, C. (2017). Periodo crítico de interferencia de malezas en el cultivo de zanahoria. *Investigación Agraria*, 77-85.
- Vidal, A. (2019). *Diseño y viabilidad de acolchados de vía húmeda para el control de malas hierbas*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Warnick J, Chase C, Roskopf E, Scholberg J, Simonne E, Koenig R, Roe N (2006). Hydramulch for muskmelon and bell pepper crop production systems. *Journal of Vegetable Science*, 39-55.

Anexos

Anexo A. *Preparación del terreno*



Anexo B. *Pase del motocultor sobre el terreno*



Anexo C. *Preparación del hidromulch*



Anexo D. Implementación del proyecto



Anexo E. Germinación de las plántulas de zanahorias



Anexo F. *Raleo de las plántulas de zanahoria*



Anexo G. *Distancia de las plántulas luego del raleo*



Anexo H. *Crecimiento del cultivo*



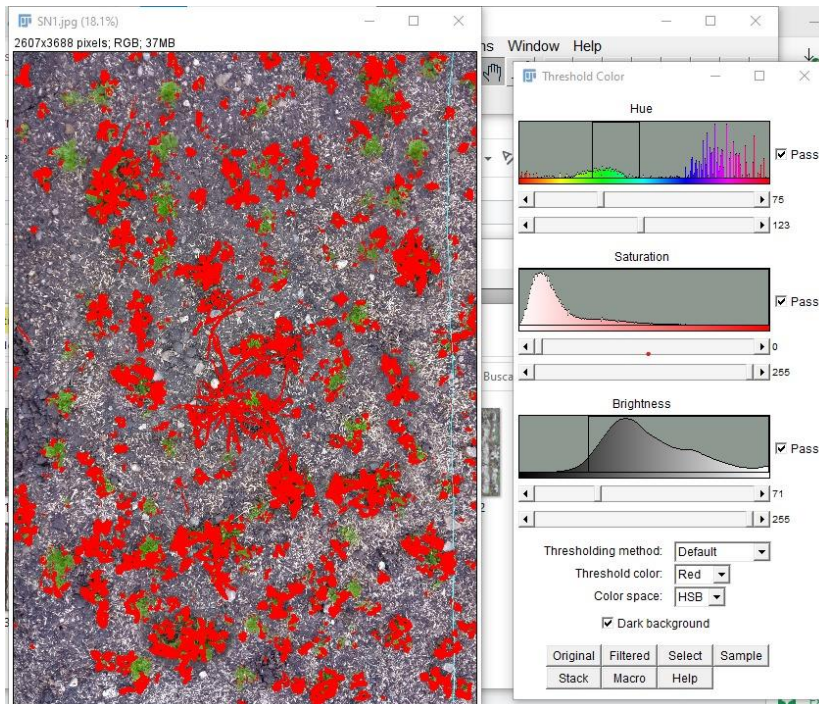
Anexo I. *Malezas presentes en el tratamiento control*



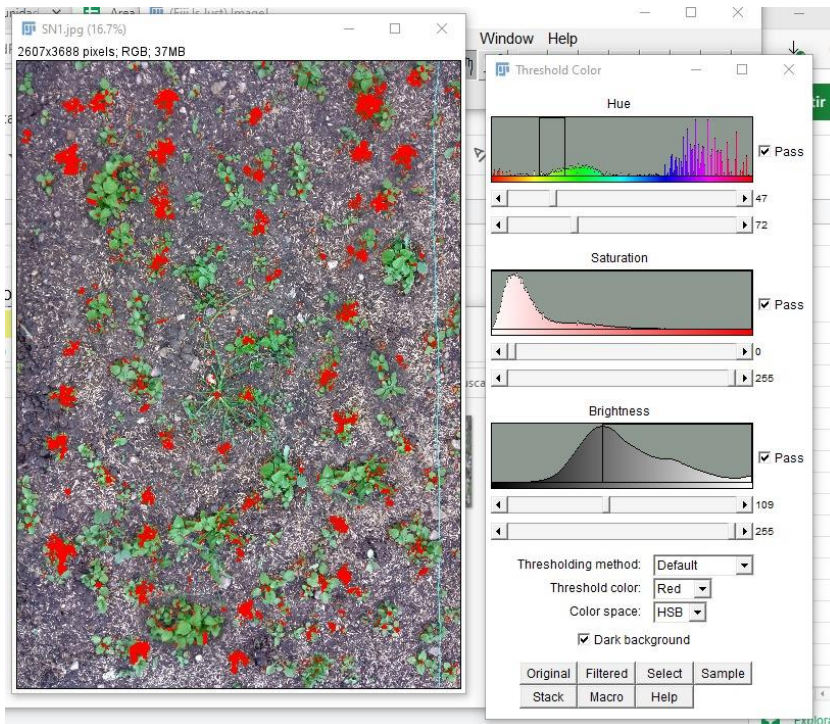
Anexo J. *Efectivo control malezas en el tratamiento con mayor grosor.*



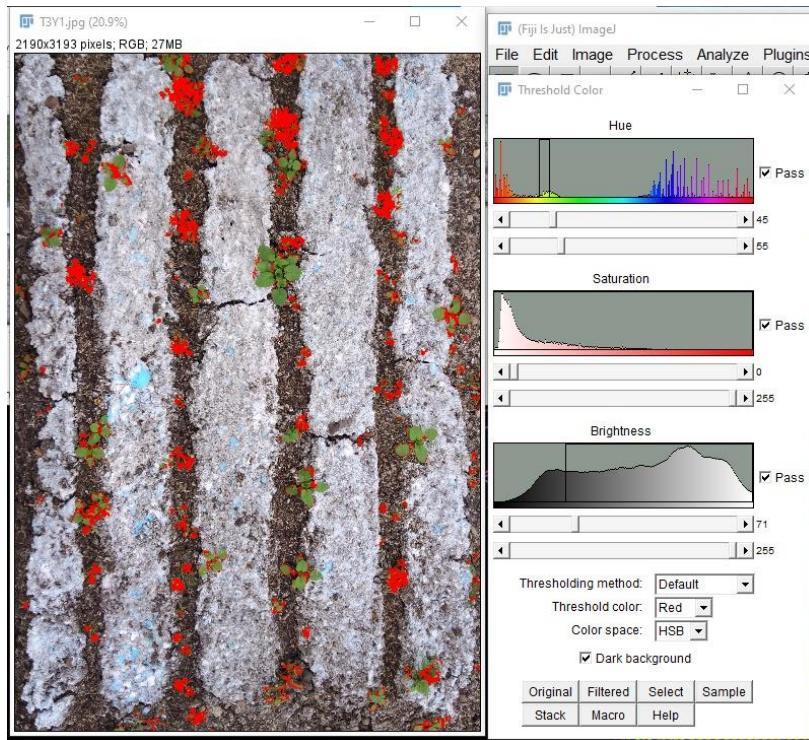
Anexo K. *Cálculo de área de cobertura de las malezas mediante el programa Image J, en el tratamiento control*



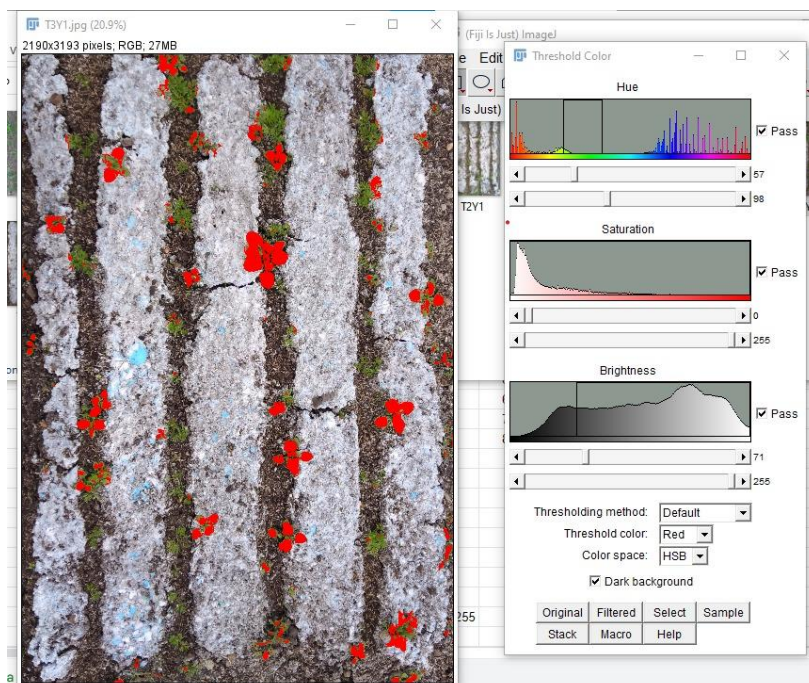
Anexo L. *Cálculo de área cobertura cultivo s mediante el programa Image J, en el tratamiento control*



Anexo M. *Cálculo de área cobertura cultivo mediante el programa Image J, en el tratamiento de mayor grosor de hidromulch*



Anexo N. *Cálculo de área cobertura malezas mediante el programa Image J, en el tratamiento de mayor grosor de hidromulch*



Anexo O. Tabla de costos para determinar el valor de los tratamientos

CULTIVO ZANAHORIA				
Rubro / descripcion	Uni	cantidad	valor/unit	total
PRELIMINARES				
Preparacion del terreno	m2	78	0,33	25,74
SIEMBRA	m2	48	0,33	15,84
				41,58
ADICIONAL				
Preparacion Hidromulch	min	2700	0,08	216,00
				216,00
MATERIALES				
SEMILLA	gr	150	0,05	7,5
PAPEL	gr	28000	0,00009	2,52
YESO	gr	11400	0,0005	5,7
				15,72
TOTAL				231,72
TRATAMIENTO				
T1Y3	m2	0,88		
PAPEL	gr	308	0,00009	0,02772
YESO	gr	200	0,0005	0,1
APLICACIÓN	min	2,5	0,04	0,1
DESHIERVE	min	11,2	0,04	0,448
				0,67572
T3Y3	m2	0,88		
PAPEL	gr	924	0,00009	0,08316
YESO	gr	600	0,0005	0,3
APLICACIÓN	min	4	0,04	0,16
DESHIERVE	min	3,2	0,04	0,128
				0,67116
T2Y2	m2	0,88		
PAPEL	gr	616	0,00009	0,05544
YESO	gr	240	0,0005	0,12
APLICACIÓN	min	3,1	0,04	0,124
DESHIERVE	min	8,3	0,04	0,332
				0,63144
T2Y1	m2	0,88		
PAPEL	gr	616	0,00009	0,05544
YESO	gr	120	0,0005	0,06
APLICACIÓN	min	3,1	0,04	0,124
DESHIERVE	min	9,1	0,04	0,364
				0,60344

T1Y1	m2	0,88		
PAPEL	gr	308	0,00009	0,02772
YESO	gr	60	0,0005	0,03
APLICACIÓN	min	2,5	0,04	0,1
DESHIERVE	min	11	0,04	0,44
				0,59772
T1Y2	m2	0,88		0
PAPEL	gr	308	0,00009	0,02772
YESO	gr	120	0,0005	0,06
APLICACIÓN	min	2,5	0,04	0,1
DESHIERVE	min	10,5	0,04	0,42
				0,60772
T3Y2	m2	0,88		
PAPEL	gr	924	0,00009	0,08316
YESO	gr	360	0,0005	0,18
APLICACIÓN	min	4	0,04	0,16
DESHIERVE	min	4,1	0,04	0,164
				0,58716
T3Y1	m2	0,88		
PAPEL	gr	924	0,00009	0,08316
YESO	gr	180	0,0005	0,09
APLICACIÓN	min	4	0,04	0,16
DESHIERVE	min	3,5	0,04	0,14
				0,47316
CONTROL	m2	0,88		
DESHIERVE	min	16,2	0,04	0,648
				0,648
T2Y3	m2	0,88		
PAPEL	gr	616	0,00009	0,05544
YESO	gr	400	0,0005	0,2
APLICACIÓN	min	3,1	0,04	0,124
DESHIERVE	min	8,5	0,04	0,34
				0,71944