



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

EFFECTO DE LA RETENCIÓN DE AGUA Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO, POR LA APLICACIÓN DE TRES TIPOS DE COBERTURAS, EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*), REGADO MEDIANTE GOTEÓ.

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

AUTOR: Eugenia Esperanza León Pacheco

DIRECTOR: MsC. Iván Rolando Belesaca Morocho

TUTOR: Phd. Javier Aguirre de Juana

CUENCA, ECUADOR

2016



RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en la granja El Romeral, cantón Guachapala, El objetivo a evaluar fue el consumo de agua y la producción de lechuga, bajo riego por goteo y la aplicación de tres tipos de coberturas de suelo (cascarilla de arroz, acículas de pino, polietileno negro); además de evaluar las propiedades físicas del suelo como son la densidad y la temperatura.

El diseño experimental utilizado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

El suministro de agua de riego se realizó de acuerdo a los resultados expresados por los TDRs instalados en cada unidad experimental.

El consumo de agua del tratamiento con acículas de pino presentó mayor efectividad en el consumo de agua. La reducción de las fluctuaciones de temperatura del suelo se demuestra la eficiencia de los tres acolchados.

La densidad aparente del suelo en los tres acolchados expresan valores superiores al testigo. Mientras el pH y la conductividad no se determinaron diferencias.

La producción de lechuga (*Lactuca sativa*) con acículas de pino fue de 0.91kg/planta, el polietileno con 0.87Kg/planta, testigo con 0.86 Kg/planta y la cascarilla de arroz con 0.77 kg/planta. Los diámetros medios del cogollo y los diámetros del tallo no presentan diferencias significativas

Palabras claves: PRODUCCION, MULCH, ACOLCHADO, CONTENIDO DE AGUA, LECHUGA.



ABSTRACT

This project was carried out on the farm El Romeral Guachapala Canton, the objective to evaluate was the consumption of water and lettuce production under drip irrigation and the application of three types of land cover (rice husks, pine needles, black polyethylene); In addition to evaluating soil physical properties such as density and temperature.

The experimental design was a complete block design at random (DBCA) with 4 treatments and 3 repetitions.

The irrigation water supply was performed according to the results expressed by the TDRs installed in each experimental unit.

Water consumption of treatment with pine needles introduced more effective water consumption. Reducing temperature fluctuations soil efficiency of three padded shown.

The bulk density of the soil in the three toppers expressed above control values. While the pH and conductivity no differences were determined.

The production of lettuce (*Lactuca sativa*) with pine needles was 0.91kg / plant, polyethylene with 0.87kg / plant, witness with 0.86 kg / plant and rice husks with 0.77 kg / plant. The mean diameters of the bud and stem diameters no significant differences

Keywords: PRODUCTION, MULCH, MULCH, WATER CONTENT, LETTUCE.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	14
2. CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 EL ACOLCHADO O MULCHING EN EL SUELO	16
2.1.1 Materiales utilizados para el acolchado	17
2.1.1.1 Materiales de origen orgánico	17
2.1.1.1.1 Acolchado cascarilla de arroz	18
2.1.1.1.2 Acolchado acículas de pino.....	18
2.1.1.2. Acolchado de origen inorgánico	19
2.1.1.2.1. Acolchado plástico	19
2.1.3. Aplicación de los acolchados sobre la superficie del suelo	20
2.1.4. Efectos del acolchado sobre el suelo	21
2.1.4.1 Humedad del suelo	21
2.1.4.2. Temperatura del suelo.....	23
2.1.4.3. Estructura y fertilidad del suelo	25
2.1.4.4. Control de malezas	26
2.1.4.5. Salinidad del suelo	27
2.1.5. Efectos del acolchado sobre las plantas	30
2.1.5.1. Transpiración de las plantas.....	30
2.1.5.2. Precocidad de las plantas	33
2.1.5.3. Calidad de la cosecha	33
2.1.6 Ventajas y desventajas del uso de acolchados sobre el suelo.	
34	
2.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN	36
2.2.2. Transpiración:	37
2.2.3. Evapotranspiración:	37
2.2.4. Evapotranspiración del cultivo (ETc):	37
2.2.5. Coefficiente de cultivo (Kc)	38
2.2.6. Cálculo de los parámetros de suelo.	38
2.2.6.1. Textura	38



2.2.6.2.	Densidad aparente	38
2.2.6.3.	Potencial hidrogeno (pH).....	38
2.2.6.4.	Conductividad eléctrica	39
2.2.6.5.	Conductividad hidráulica	39
2.2.6.6.	Temperatura del suelo.....	39
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		40
3.1	UBICACIÓN DE UNIDAD EXPERIMENTAL	40
3.2	MANEJO DEL ACOLCHADO O “MULCHING	41
3.3	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA DEL CULTIVO LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), BAJO TRES TIPOS DE COBERTURA . 41	
3.3.2	Conductividad Hidráulica: es calculada mediante el método de pozo invertido en cm/hora.....	41
3.4	MÉTODOS PARA EVALUAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO (TEMPERATURA DEL SUELO, Y DENSIDAD APARENTE).	44
3.4.1	La temperatura del suelo:	44
	Esta variable fue evaluada a 10 cm de profundidad, medido en grados centígrados (°C) por medio de la utilización de Dielectric Water Potential Sensor MPS – 6 en cada unidad experimental.....	45
3.5	MÉTODOS PARA EVALUAR LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO (POTENCIAL HIDROGENO (pH), Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 47	
3.5.2	Conductividad eléctrica (CE): fue determinada por medio de un conductímetro de suelo.....	47
3.6	MÉTODO PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (<i>LACTUCA SATIVA</i>) CON LAS DIFERENTES COBERTURAS.....	47
3.6.6	Cosecha	50
3.7	PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	53
3.7.1	Determinación de variables	53
3.7.1.1	Variables independientes:	53
3.7.1.2	Variables dependientes:.....	53
3.7.1.3	Control de las variables:.....	53
3.7.1.3.2	Variable de bloqueo: Pendiente.	53
3.7.3	Detalles de la unidad experimental	54
3.7.4	Estructuración del experimento.	54
3.7.5	Diseño del experimento	55
3.7.7	Análisis estadístico de los datos:	55



LISTA DE TABLAS

	página
Tabla N1. Ventajas y desventajas del uso de acolchados en el suelo.	36
Tabla N2. Necesidad neta diaria en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), considerado el día de trasplante el día 1 y la cosecha el día 58.	57
Tabla N3. Análisis ANOVA para el consumo de agua, durante el periodo de cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	58
Tabla N4. Medias de las temperaturas máximas y mínimas de las fluctuaciones de temperatura de cada tratamiento.	59
Tabla N5. Análisis ANOVA al 95% de las temperaturas máximas del suelo para cada tratamiento.	59
Tabla N6. Resultados de la densidad aparente del suelo, medidos por muestra volumétrica, determinada después de la cosecha del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).	61
Tabla N7. Análisis ANOVA para la densidad del suelo después de la cosecha de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	61
Tabla N8. Potencial hidrogeno al inicio y al final de la investigación	63
Tabla N9. Análisis ANOVA al 95% del pH inicial antes del trasplante del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	63
Tabla N10. Conductividad eléctrica al inicio y al final de la investigación.	64
Tabla N11. Resultados de la producción del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) de las variables: peso en kilogramos del producto, diámetro del cogollo y diámetro del tallo	65
Tabla N12. Análisis de varianza de la producción en kilogramos (kg) del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) a los 53 días después del trasplante.	65
Tabla N13. ANOVA del diámetro del tallo del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), medido en cm.	66
Tabla N14. ANOVA al 5 % de los diámetros medios del cogollo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	67
Tabla 15: Correlaciones entre las variables productivas de las lechugas. “r”: coeficiente de correlación de Pearson; “p”: significación; y “N”: número de observaciones.	96



LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura N1. Instalación de la Unidad de suelos	46
Figura N2. Adecuación de potenciómetros para la instalación en el área de estudio.	47
Figura N3. Instalación de potenciómetros en el área de estudio.	47
Figura N4. Preparación manual del suelo	49
Figura N5. Distribución de las unidades experimentales	49
Figura N6. Producción de plantas	49
Figura N7. Trasplante de lechugas en cada unidad experimental.	50
Figura N8. Abonadora manual de lechuga	51
Figura N9. Cosecha de lechuga	52
Figura N10. Pesado en libras de cada lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	52
Figura N11. Medición del diámetro del cogollo	53
Figura N12. Medición de la profundidad de la raíz	54
Figura N13. Promedio de las temperaturas del suelo a 10 cm de profundidad, distribuidas durante las diferentes horas del día, medidas en tres tipos de acolchados y el control.	59
Figura N14. Diagrama de caja de las temperaturas máximas encontradas en cada tratamiento.	60
Figura N15. Diagrama de caja de las diferencias entre las densidades del suelo y los rangos generados por Tukey al 95%.	62
Figura N16. Diagrama de caja de la producción de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) de los diferentes tratamientos con acolchado frente al testigo.	66
Figura N17. Diagrama de caja del diámetro de tallo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), bajo tres tipos de cultivo y un testigo, medido en cm.	67
Figura N18. Diagrama de caja del diámetro medio de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) de los diferentes tratamientos con acolchado frente al testigo	68



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

Constante psicrométrica (kpa °C-1).	Y
Déficit de presión de vapor (kpa)	es - ea
Presión real de vapor (kpa)	ea
Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1)	Rn
Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)	T
Coeficiente de cultivo	Kc
Constante dieléctrica	Ka
Evapotranspiración del cultivo	ETc
Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar	ETc
Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar	ETc aj
Evapotranspiración del cultivo de referencia	Eto
Factor de agotamiento	P
Flujo del calor de suelo (MJ m-2 día-1)	G
Kilogramos	kg
Milímetros	mm
Pendiente de la curva de presión de vapor (kpa °C-1)	Δ
Presión de vapor de saturación (kpa)	es
Radiación extraterrestre (mm día-1)	Ra
Time Domain Reflectometry	TDR
Velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)	u2



Eugenia Esperanza León Pacheco, autora de la tesis "EFECTO DE LA RETENCIÓN DE AGUA Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO, POR LA APLICACIÓN DE TRES TIPOS DE COBERTURAS, EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*), REGADO MEDIANTE GOTEO", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Agroecología y Ambiente. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 25 de abril de 2016

EUGENIA ESPERANZA LEÓN PACHECO

C.I: 0105631741



Eugenia Esperanza León Pacheco, autora de la tesis "EFECTO DE LA RETENCIÓN DE AGUA Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO, POR LA APLICACIÓN DE TRES TIPOS DE COBERTURAS, EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*), REGADO MEDIANTE GOTEÓ", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 25 de abril de 2016

EUGENIA ESPERANZA LEÓN PACHECO

C.I: 0105631741



AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a Dios Jehová por bendecirme para llegar a cumplir un sueño.

A la UNIVERSIDAD DE CUENCA, en especial a la FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS por darme la oportunidad de educarme. A los Docentes y compañeros por su esfuerzo y experiencia, paciencia y motivación han apoyado a la ejecución de este trabajo. En especial al señor director Ing. Ivan Belsesaca por su rectitud en su profesión, sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Además quiero agradecer a mi familia y a las personas que han formado parte de mi vida profesional por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Eugenia León



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Jehová quién me guía por el buen camino, regalándome las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las adversidades. A toda mi familia ya que por su apoyo soy lo que soy. A mi Madre y a hermanos por su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles, y en especial por ayudarme con los recursos necesarios para educarme. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Eugenia León



1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Debido a la escasez de agua a nivel mundial se requiere su conservación, al ser un recurso imprescindible para la vida (Granda J. y López C. 2009), el riego demanda el 80% de agua de los cuales solo el 25% es factible para ser utilizado y el 9% del total de recursos hídricos(PNRD, 2011).

La disponibilidad de agua en Ecuador puede variar de 4320.000 hm³ en la estación lluviosa hasta sólo 146.000 hm³ en la estación seca. La precipitación media anual asciende a 2.274 mm (PNRD, 2011); el área regable neta es de aproximadamente 942.100 ha; sin embargo se presentan pérdidas en la captación, conducciones primarias, secundarias y terciarias y en el ámbito de parcela, lo que causa un nivel de eficiencia entre el 15% y 25% (PNRD, 2011).

Entre los principales problemas que limitan el incremento de la producción y la productividad de los cultivos es la disponibilidad y el alto costo del agua de riego, además del uso y manejo ineficiente de este recurso (López. et al., 2009).

El déficit de humedad en el suelo afecta la división celular, proceso indispensable en el crecimiento de las plantas y el daño ocasionado se relaciona directamente con la intensidad, duración y etapa fenológica del cultivo. Su efecto se manifiesta en la reducción de la transpiración, fotosíntesis y, finalmente, en la producción de biomasa (Chalmers. et al., 1985), por lo que el rendimiento y la calidad del producto son afectados (Shock et al., 1998).

Como alternativa para un mejor aprovechamiento del agua, se considera utilizar cubiertas superficiales de origen sintético (plásticos) u orgánico(mulch),



las cuales pueden ser altamente eficaces para conservar la humedad, prevenir el desarrollo de malezas, así como mejorar algunas propiedades físicas y químicas del suelo (Eduardo del Angel y Tijerina, 2001).

El uso de cubiertas orgánicas, dependiendo del tipo de cobertura, cantidad y forma de aplicación; puede incrementar la tasa de infiltración hasta 11 cm h⁻¹ (Razeto y Rojas, 1986), mantiene húmedo el suelo, aumenta el crecimiento de las raíces, reducción significativa de la evapotranspiración, mejorar y estabilizar la estructura del suelo, reduce la compactación (Gomero y Velásquez, 1999).

Con el presente estudio y conociendo los beneficios de las coberturas en el suelo como evitar erosión por efecto de la lluvia (García. 2008 & Nieto. et al, 2012); optimizar el aprovechamiento del agua (Schertz y Bushnell, 1993), mejora la capacidad de retención de humedad del suelo (Vega, et al, 2013), se analizará el comportamiento de coberturas tres coberturas: cascarilla de arroz, acículas de pino y polietileno negro en el cultivo de lechuga, mismo que se caracteriza por estar entre las principales hortalizas que se cultivan en el Azuay (Idrovo, 2012), pero se dificulta su cultivo por el mal manejo de agua (Martínez, 2012).



2. CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL ACOLCHADO O MULCHING EN EL SUELO

El término acolchado o mulching se considera como el proceso de cubrir el suelo con cualquier cubierta protectora que constituye una barrera más o menos efectiva a la transferencia de calor y de vapor de agua, pueden ser de origen vegetal (Turney y Menge, 1994; González, 2012) o sintéticos (Robinson, 1988; Green et al., 2007).

El uso del acolchado o mulching es una práctica de hace por lo menos 300 años, siendo los primeros materiales usados los residuos vegetales y el estiércol animal; sin embargo a inicios de 1950 las películas de polietileno logran un desarrollo espectacular especialmente en los Estados Unidos (FAO, 2002).

Los materiales más utilizados en esta práctica se clasifican en orgánicos e inorgánicos. Los materiales orgánicos proceden generalmente de restos de cultivos o de una gran variedad de otros productos generalmente derivados de los restos vegetales o restos de tejidos naturales; su descomposición varía de acuerdo al material y a las condiciones ambientales. Los materiales inorgánicos incluyen varios tipos de piedras (piedra volcánica, gravas), arena, materiales plásticos y materiales geotextiles, entre otros. El más utilizado en cultivos de hortalizas es el material plástico (McCraw y Motes, 2009).

Las ventajas del acolchado de suelo son diversas, pero pueden tener algunos problemas prácticos de manejo. Los acolchados orgánicos necesitan renovación periódica ya que pierden sus efectos benéficos debido al proceso



de descomposición (Haynes, 1980). Los acolchados plásticos son en general duraderos pero acaban deteriorándose con el tiempo, por lo que hay que reponerlos y eliminar los restos adecuadamente, requieren un manejo manual muy laborioso que aumenta los costos de producción.

2.1.1 Materiales utilizados para el acolchado

2.1.1.1 Materiales de origen orgánico

Los materiales de acolchado orgánico se derivan de materiales de origen vegetal. Estos materiales se descomponen con el tiempo, incorporando materia orgánica al suelo, favoreciendo el desarrollo y la actividad de los microorganismos del suelo, y ayudando a mantener una temperatura relativamente constante para garantizar su actividad (Infante, 2004). Este aumento de la actividad de los microorganismos produce un cambio en las propiedades de transmisión de agua del suelo y un aumento de la retención de agua, lo que resulta en una mayor disponibilidad de agua para el cultivo y una menor evaporación (Hatfield et al., 2001). La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y el aporte de elementos fertilizantes dependen de un conjunto de variables como la naturaleza de los productos, las características del suelo, las poblaciones y actividad de los organismos del suelo, y las características climáticas (Matheus et al., 2007).

Existen muchos productos de origen vegetal que pueden ser utilizados como cubierta orgánica del suelo, tales como el serrín, astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de pino, restos de madera de poda, paja de distintos cereales, cascarilla de cereales y otros residuos vegetales. El uso de unos u otros depende de su disponibilidad y costo. El acolchado de suelo con



residuos orgánicos se utiliza ampliamente en la producción integrada de frutales (Mika et al., 1998; Autio y Greene, 1991; Neilsen et al., 2003).

2.1.1.1.1 Acolchado cascarilla de arroz

Este es un acolchado orgánico, se deriva de material de origen vegetal, favorece la aireación del suelo, absorbe y conserva la humedad del suelo (Centurión. Et al, 2003), con un pH ligeramente alcalino, es liviano, de buen drenaje, buena aireación, la tasa de descomposición es baja (Calderón, 2002), su aplicación es directa, la tasa de descomposición es baja, el contenido del 87% de materia orgánica (FAO, 2002).

Entre las principales desventajas es su baja capacidad de retención de humedad y la dificultad de lograr el reparto homogéneo (Calderón, 2002).

2.1.1.1.2 Acolchado acículas de pino

Las acículas de pino son otro material de origen vegetal, considerado como la hojarasca del pino, su uso no es muy extensivo, entre sus principales características son: permite una excelente aireación del suelo lo que favorece el desarrollo radicular (CID. 1993), permite mejorar el vigor de las plantas (ROBINSON, 1988), conserva bien el agua del suelo (STINSON et al, 1990), se descompone rápidamente y adquiere una coloración grisácea con el tiempo, por lo que necesita ser reemplazado al menos una vez al año, las acícula de pino se considera como el tercer acolchado más estético (SKROCH et al, 1992)



El uso de acículas de pino tiende a bajar el pH del suelo pudiendo llegar a valores de 4 o menores (STINSON et al., 1990), PEGG.1977 citado por SPENCER (1982), establece que los sustratos más ácidos pueden inhibir la producción de esporangios de ciertos patógenos y estimular el desarrollo de microorganismos antagónicos. También se han descrito problemas relacionados con deficiencia de Nitrógeno o problemas de caracoles o babosas cuando el acolchado está muy húmedo e incluso de roedores. Con respecto al pH, el acícula de pino tiende a bajar el pH mientras que la corteza de árbol puede elevarlo (STINSON et al, 1990).

2.1.1.2. Acolchado de origen inorgánico

2.1.1.2.1. Acolchado plástico

Los acolchados plásticos se han utilizado desde 1950 utilizados especialmente con el propósito de mejorar la producción de hortalizas (Lamont, 1993). Es de origen inorgánico varía en cuanto al material, espesor y color, se utiliza diferentes tipos de láminas de plástico dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región.

El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros. La anchura de la lámina de plástico utilizada en los acolchados varía generalmente de 0.9 m a 1.5 m. En cuanto al espesor, inicialmente se utilizaban láminas más gruesas (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el uso de láminas de unas 15 micras (Gutiérrez et al., 2003).



Con el acolchado plástico se forma una barrera impermeable al flujo de vapor de agua que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984). Este sistema afecta directamente al microclima alrededor de la planta, así como a otros parámetros como la humedad, la temperatura, la rugosidad, la resistencia aerodinámica y el albedo de la superficie del suelo (Tarara y Ham, 1999) lo que resulta en una mayor uniformidad de la humedad del suelo y en la reducción de las necesidades de agua de riego para los cultivos en zonas con alta demanda evaporativa. El acolchado plástico de color negro es el estándar de la industria (Tarara, 2000), pero también se fabrica en otros colores con diferentes propiedades ópticas (Ngouajio y Ernest, 2005). Estas diferencias en las características ópticas afectan al modo en el que el acolchado plástico modifica el microclima alrededor del cultivo (Tarara, 2000).

El uso de acolchados plásticos puede suponer un grave problema medioambiental y paisajístico debido a su lenta degradación, su permanencia en el campo y la contaminación potencial del suelo por los restos que pueden quedar si no se retiran adecuadamente. El coste de la retirada de los restos plásticos es muy alto (Moreno et al., 2004), por lo que el uso de materiales biodegradables tiene un gran futuro. Esta degradación puede ser biológica (bacterias u otros agentes biológicos) o por la acción de la radiación solar.

2.1.3. Aplicación de los acolchados sobre la superficie del suelo

Las cantidades necesarias de acolchados orgánicos se definen de acuerdo al objetivo para coberturas de origen vegetal por lo general se utiliza una capa



desde 3 cm hasta 13.5 cm de espesor (Brechelt A, 2004); sin embargo la FAO 2003 considera eficientes las determinadas por Departamento Idaho de Calidad Ambiental, 2002 que recomienda el uso de paja o hierba 5 a 8 cm de grosor (40 a 50 Kg/ha), fibras de celulosa derivadas de la madera (10 a 50 Kg/ha), también el Instituto de Investigaciones de los Estados Unidos considera un grosor de la hierba o paja 5 a 8 cm (USDA, 2008), para cascarilla de arroz un grosor de 5 cm (Valter C. et al, 2005), mientras que el uso de plástico es común el uso de láminas de unas 15 micras (Gutiérrez et al., 2003).

2.1.4.Efectos del acolchado sobre el suelo

2.1.4.1 Humedad del suelo

Se ha realizado varios estudios para determinar la influencia del acolchado en la evaporación de agua desde el suelo y en su contenido de humedad (Cook et al., 2006; Ramakrishna et al., 2006; Yang et al., 2006). El acolchado debilita la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que reduce su evaporación

(Dong y Qian, 2002). Turney y Menge (1994) permitiendo decir que el acolchado favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua. Tiwari et al. (1998) muestran la utilidad del acolchado combinado con el riego por goteo en la conservación de la humedad del suelo. Estas técnicas de conservación de agua en el suelo reducen el estrés hídrico entre riegos y pueden permitir un aumento de los intervalos entre riegos sin afectar a la producción del cultivo (Baxter, 1970).



Los resultados de Zhang et al. (2008) muestran que la aplicación de acolchados aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0-5 cm) en comparación con el suelo desnudo. Chaudhry et al. (2004) indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados permeables llega a aumentar en un 30% en comparación con el suelo desnudo.

Los residuos vegetales provenientes de restos de cosecha reducen la evaporación al disminuir la cantidad de energía radiante absorbida por el suelo y al reducir el flujo de aire en la superficie del suelo. Dahiya et al. (2007) concluyen que estos residuos reducen la evaporación del suelo en un valor medio de 0.39 mm/día en comparación con el suelo desnudo. En un cultivo de vid, Stewart (2005) observó un mayor contenido de humedad del suelo acolchado con paja que en el suelo desnudo. Sin embargo, Mellouli et al. (2000) concluyen que la reducción de la evaporación con acolchados orgánicos disminuye con el tiempo. Faber et al. (2003) encontraron en un ensayo de cuatro años de duración que el acolchado de suelo con residuos de poda en dos plantaciones de aguacate y dos de cítricos conservaban de forma muy eficiente la humedad del suelo debido a la reducción significativa de las pérdidas de agua por evaporación en comparación con el suelo desnudo. Esta conservación de agua depende de las características del material usado.

El acolchado plástico es el más impermeable al vapor de agua ya que evita la evaporación directa y es el que conserva de forma más eficiente la humedad del suelo (Maurya y Lal, 1981; Jia et al., 2006; Ramakrishna et al., 2006). Sin embargo el plástico impide la infiltración de la lluvia en el suelo. Así, Hogue y Neilsen (1987) concluyeron que el acolchado orgánico fue más eficiente que el



inorgánico en el aumento de la humedad del suelo en una plantación de manzanos debido probablemente a que la lluvia contribuyó a dicho aumento en el acolchado orgánico pero no en el inorgánico.

2.1.4.2. Temperatura del suelo

Un resultado positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo que se amortiguan en sus picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). Esta amortiguación genera un mayor crecimiento radicular (Turney y Menge, 1994). Debido al calentamiento del suelo, el acolchado proporciona al productor una herramienta de gran interés para aumentar la precocidad de los cultivos, especialmente en hortalizas.

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características del material utilizado, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que en el suelo desnudo (Robinson, 1988). El acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumulando calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y perdiendo parte del mismo durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el film plástico detiene, en cierto grado, el paso de la radiación de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Valenzuela y Gutiérrez, 2003).

Munguía et al. (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo.



Asimismo, la radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo. Gaikwaid et al. (2004) encontraron en una plantación de mandarina bajo cuatro tratamientos de acolchado (plástico, césped de 5 y 10 cm de altura, y un suelo desnudo) que la temperatura del suelo fue máxima bajo el tratamiento plástico. Sin embargo, la evolución de la temperatura del suelo varía considerablemente según el color del acolchado y su composición. El plástico transparente permite el paso de la radiación luminosa que aumenta la temperatura del suelo, mientras que el plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación y obstaculiza hasta cierto grado el calentamiento del suelo.

Stinson et al. (1990) indican que el acolchado orgánico permite mantener la temperatura del suelo más baja en verano y más alta en invierno, siendo las temperaturas de los diferentes acolchados significativamente más bajas en verano en comparación con el suelo desnudo.

Asimismo, Walsh et al. (1996) indican que la paja mantiene una temperatura más constante y más baja que el suelo desnudo. Yang et al. (2006) encontraron que la temperatura del suelo bajo acolchado de paja se mantiene tanto en días soleados como en días nublados por debajo de la temperatura del suelo bajo acolchado plástico.

El incremento de la temperatura del suelo por efecto del acolchado puede ser beneficioso para los cultivos debido al aumento en la mineralización de nutrientes, pero puede también aumentar la desecación del suelo y generar un estrés hídrico en el cultivo (Walsh et al., 1996).



2.1.4.3. Estructura y fertilidad del suelo

La estructura del suelo acolchado se mantiene en un mejor estado que la del suelo desnudo gracias a su protección contra los agentes atmosféricos. El efecto beneficioso del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia principalmente de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenstein, 2002). Además el aumento de la temperatura y de la humedad del suelo favorece la mineralización del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas y un aumento de la materia orgánica del suelo. El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009).

Los acolchados orgánicos favorecen la actividad de la microfauna del suelo y la proliferación de raíces, lo que disminuye la compactación del suelo debido a la agregación de las partículas finas de arcilla. Además, en la descomposición de la materia orgánica se forman compuestos cementantes que crean agregados más estables, lo que favorece el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ y aumenta la fertilidad del suelo (Turney y Menge, 1994).

Según Ceccanti et al. (2007), la aplicación de paja en la superficie del suelo aumenta el contenido de materia orgánica caracterizada por un alto índice de humificación. Ghosh et al.

(2006) confirman estos resultados, encontrando que el acolchado de suelo con paja de trigo genera hábitats más favorables para las lombrices, insectos y microorganismos, lo que contribuye a reducir la densidad aparente del suelo en



comparación con el acolchado del suelo con polietileno. Así, uno de los efectos más significativos del acolchado del suelo con material orgánico es el relacionado con la porosidad, que aumenta hasta una profundidad de 50 cm, permitiendo una buena aireación del suelo y un desarrollo mayor del sistema radicular (Tesi, 2000), lo que conduce a una mejor absorción del agua y de los nutrientes del suelo. Jordán et al. (2010) encontraron en una zona semiárida el acolchado con diferentes cantidades de paja de trigo (0, 1, 5, 10 y 15 Mg ha⁻¹) produjo en la parte superficial del suelo (0 a 10 cm de profundidad) un incremento significativo del contenido de materia orgánica, de la porosidad y de la estabilidad estructural del suelo después de 3 años de tratamiento con respecto al suelo desnudo. La mejora de estas propiedades químicas y físicas condujo a una disminución de la escorrentía y erosión para aplicaciones de paja por encima de 5 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Asimismo, Lattanzi et al. (1974) concluyeron que la erosión laminar se redujo en un 40 y 80% con la aplicación de 0.5 y 2.0 Mg ha⁻¹ de paja de trigo, respectivamente, en relación al suelo desnudo.

La disminución de la erosión reduce también las pérdidas de nutrientes y fertilizantes. Así, Rees et al. (1999) concluyen que la aplicación de 2.25 Mg ha⁻¹ de paja de trigo redujo las pérdidas de NO₃, N, P, K, Mg y Ca en el suelo. Según Neilsen et al. (2004), algunos materiales orgánicos

2.1.4.4. Control de malezas

El acolchado del suelo con materias inertes u orgánicas constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce la contaminación del suelo o aguas subterráneas por productos



fitosanitarios ni ocasiona problemas de erosión. El acolchado del suelo con materiales opacos evita la penetración de la luz y constituye una barrera física para la emergencia de malezas (Teasdale, 2003). Asimismo, Walsh et al. (1996) indican que el acolchado controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas.

Crossman y Palada (1998) indican que el acolchado es eficiente para el control del crecimiento de malas hierbas en cebolla y perejil. En estos experimentos, el acolchado del suelo con paja y plástico de diferentes colores (plata, negro y blanco) tuvieron un efecto significativo sobre la reducción del número y del peso fresco y seco de las malas hierbas, con un mayor efecto del acolchado plástico. Asimismo, se ha observado que con acolchados de corteza y serrín de pino se desarrolla una menor cantidad de malas hierbas que con acolchados de paja debido a los fenoles y taninos presentes en la corteza de las coníferas (Robinson, 1988).

2.1.4.5. Salinidad del suelo

El control de la salinidad del suelo es fundamental para la producción óptima de los cultivos.

Las prácticas que reducen la evaporación del agua (efecto evapoconcentración) y/o favorecen el flujo descendente de agua en el suelo (efecto lavado) son claves para el control de la salinidad en la zona radicular de los cultivos.

El acolchado es una práctica eficaz que reduce la salinidad y conserva la humedad en la zona radicular (Rahman et al., 2006), principalmente en los primeros cm de suelo (Stewart 2005; Zhang et al., 2008), lo que permite el uso de aguas más salinas sin un efecto tan perjudicial sobre el crecimiento de los



cultivos. Zhang et al. (2008) indican que en suelos desnudos la mayor acumulación de sales se produce en el suelo superficial debido al efecto evapo-concentración.

El daño causado por las sales solubles es más severo durante la emergencia y crecimiento inicial de ciertos cultivos. Así, Dong et al. (2008) concluyen que el acolchado de algodón mantuvo un mayor contenido de humedad, redujo la evaporación y salinización del suelo y favoreció una buena emergencia y establecimiento del cultivo.

Smith (1962), citado por Gonzalo (2009), trabajando en una región semiárida del oeste de Australia, concluyó que el acolchado con una capa de arena de 5 cm fue efectivo para aumentar el lavado de sales durante las lluvias de invierno, así como para reducir la evaporación y el consiguiente ascenso capilar de sales en verano.

En un ensayo realizado en un cultivo de pimiento, Zhang et al. (2008) concluyen que el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo, pero el uso de acolchados de polietileno, paja de arroz, hojas de pino y grava disminuyó la concentración de sales en el suelo en comparación con el suelo desnudo. Las diferencias de salinidad del suelo en los diferentes acolchados fueron escasas y, en general, no significativamente diferentes entre sí.

El efecto del acolchado sobre la salinidad del suelo depende de la tasa de evaporación del suelo y del tipo de acolchado. En un cultivo de acelga regado con aguas de diferentes niveles de salinidad, el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo desnudo. Sin embargo, los



acolchados con grava, hojas de pino y paja de arroz redujeron la salinidad al 61, 62 y 50%, respectivamente, de la salinidad del suelo desnudo (Zhang et al., 2008).

La disminución de la evaporación del suelo con el acolchado lleva a una distribución más homogénea de la salinidad en el perfil del suelo (Garcia, 2008). Tejedor et al. (2003) estudiaron el efecto del acolchado de suelo con lavas volcánicas sobre la recuperación de suelos salinos y sódicos, concluyendo que la variabilidad espacial de la CE en el perfil del suelo acolchado fue muy inferior a la del suelo desnudo.

Yang et al. (2006) estudiaron el efecto de cuatro sistemas de acolchado (suelo desnudo, planchas de hormigón, paja y plástico) sobre la salinidad del suelo, Cuyo resultados mostraron que estos acolchados produjeron efectos significativos en la reducción de la salinidad.

Wan et al. (2010) estudiaron durante tres años el uso de aguas de baja calidad (CE entre 1.1 y 4.9 dS/m) para el riego por goteo suplementario de un cultivo de pepino con suelo acolchado bajo plástico negro. El plástico se eliminaba entre los periodos de cultivo para favorecer el lavado de sales por la lluvia (media anual de 620 mm en la zona de estudio). La emergencia del cultivo se realizó con el agua de menor salinidad. El riego se aplicaba cuando el potencial matricial del suelo a 20 cm de profundidad bajo el gotero bajaba de -20 KPa. Los resultados mostraron una CE relativamente baja en la zona radicular en el periodo de desarrollo del cultivo debido al lavado frecuente de sales con el riego suplementario y las lluvias.

Tejedor et al. (2003) estudiaron la diferencia en el contenido iónico de suelos acolchados y desnudos. Sus resultados indican que las concentraciones de los



iones Cl^- y Na^+ fueron bajas en el suelo acolchado y más altas en el suelo desnudo. La concentración de Na^+ y Ca^{++} difirió significativamente en ambos suelos, con un mayor contenido de Na^+ intercambiable en el suelo desnudo. Por otro lado, el acolchado puede limitar el lavado de nitratos y la contaminación de las aguas subterráneas. Romic et al. (2003) realizaron un ensayo de campo de dos años de duración en un cultivo de pimiento regado por goteo para analizar el efecto de dos tipos de acolchado (polietileno negro y celulosa biodegradable) y del suelo desnudo sobre el lavado del nitrógeno. El uso del polietileno negro redujo significativamente este lavado, seguido por la celulosa biodegradable en comparación con el suelo desnudo. Otros trabajos analizan el efecto del acolchado sobre el contenido iónico en las hojas de distintos cultivos. Dong et al. (2009) concluyen que el acolchado redujo el contenido de Na^+ en las hojas de algodón. Stewart (2005) concluye que en el tercer año de un ensayo en vid el contenido de Cl^- y Na^+ en el pecíolo de las hojas era menor en plantas cultivadas en suelo acolchado con paja que en suelo desnudo. Asimismo, Cabañero et al. (2004), y Rubio et al.

(2003) (citado por García, 2008) concluyen que el acolchado plástico favoreció la absorción de Ca^{++} y redujo la absorción de Na^+ en pimiento. Estos resultados confirman que el acolchado disminuye la evaporación directa de agua desde el suelo, por lo que aumenta el contenido de agua del suelo y disminuye la concentración de sales en la solución del suelo, lo que reduce la absorción de sales por las plantas.

2.1.5.Efectos del acolchado sobre las plantas.

2.1.5.1. Transpiración de las plantas



La transpiración se define como la pérdida de vapor de agua a través de las estomas y de la cutícula de las hojas de las plantas. El agua se mueve en el continuo suelo-planta-atmósfera

(SPA) desde el suelo hasta la capa atmosférica situada sobre el dosel vegetal.

La fuerza motriz que hace que el agua se mueva en el continuo SPA es el gradiente de potencial de agua. La tasa de transpiración de una planta depende de la demanda evaporación existente en la atmósfera y del potencial hídrico del suelo que está directamente relacionado con el contenido de agua en el suelo (Bond y Kavanagh, 1999).

En un suelo acolchado la evaporación directa de agua desde la superficie del suelo es baja, y la transpiración representa la vía fundamental de pérdida de agua del suelo (Hou et al., 2010). Sin embargo, en un suelo desnudo la evaporación directa puede ser muy importante dependiendo fundamentalmente del clima, la frecuencia de los riegos y lluvias, la textura del suelo y la proporción de suelo sombreado por el cultivo. Tolk et al. (1999) encontraron valores más altos del índice de área foliar (IAF) en cultivos con acolchado plástico que en los mismos cultivos en suelo desnudo. Este resultado lo explican por la mayor humedad en el suelo acolchado que se emplea principalmente en transpiración y por consiguiente en un mayor crecimiento de las plantas. El aumento de la transpiración total aumenta la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo y mejora también la eficiencia del uso del agua.

Allen et al. (1998) indican que el acolchado plástico reduce substancialmente la evaporación de agua y que, asociada a esta reducción, se produce un



incremento en la transpiración causado por la transferencia de calor sensible y radiante desde la superficie plástica hacia la vegetación adyacente. A pesar de que la transpiración estacional en suelos acolchados puede aumentar entre un 10 y un 30% respecto a la del suelo desnudo, el valor de las necesidades hídricas desciende en torno a un 10-30% debido a la reducción de la evaporación de agua de en torno a un 50-80% (valores medios deducidos en cinco cultivos). Este aumento de T_c hace que generalmente el crecimiento y rendimiento de los cultivos aumente en suelos bajo plástico en relación con estos valores en suelo desnudo.

Los resultados de Kadayifci et al. (2004) indican que el acolchado redujo la evapotranspiración de un cultivo de lechuga en comparación con el suelo desnudo debido a la eliminación de la evaporación. Dicha eliminación aumenta el agua disponible para la transpiración, de tal manera que la misma aumentó un 35% en el suelo acolchado respecto a la del suelo desnudo.

García (2008) concluye que el acolchado plástico aumenta la conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis de un cultivo de pimiento en un 49, 34 y 20%, respectivamente, respecto a los valores medidos en suelo desnudo. Sun et al. (2012) encontraron en un cultivo de azufaifo regado en surcos bajo cuatro sistemas de acolchado (suelo desnudo, paja, plástico y planchas de hormigón) que, en promedio para los dos años estudiados, las planchas de hormigón y el plástico redujeron las necesidades hídricas en un 14% y la paja en un 5% respecto a la necesidades hídricas del suelo desnudo. Estas reducciones no produjeron descensos de rendimiento, lo que implica que la eficiencia en el uso del agua fue mayor en los acolchados que en el suelo desnudo.



2.1.5.2. Precocidad de las plantas

Dentro de las ventajas que proporciona el uso de acolchados, se induce la de precocidad en los cultivos debida al calentamiento del suelo, especialmente en variedades tempranas (Ramakrishna et al., 2006). Así, dependiendo de las condiciones climáticas (McCraw y Motes, 2009), el inicio de la cosecha con el acolchado plástico puede adelantarse entre 7 a 14 días según cultivos lo que puede tener importantes beneficios económicos.

La utilización de acolchados plásticos favorece un rápido crecimiento y un incremento del rendimiento en melón (Lamont et al., 1993; Arrellano et al., 2003), tomate y pimiento (Ibarra, 2004). La radiación neta y el flujo latente y sensible de calor fueron también mayores en el suelo bajo plástico, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo. Asimismo, Arrellano et al. (2003) concluyen que la cosecha del melón en suelo bajo acolchado plástico se inició a partir de la segunda semana de mayo, mientras que en el sistema tradicional se inició tres semanas después, incrementándose significativamente el precio de venta del melón temprano.

2.1.5.3. Calidad de la cosecha

En concordancia con lo expresado anteriormente, el acolchado del suelo tiene un efecto importante sobre las condiciones ambientales del suelo y el microclima alrededor de la planta. Estas modificaciones afectan principalmente al ambiente térmico, la humedad, la salinidad y la estructura física del suelo, al control de las malas hierbas, y a la fotosíntesis, transpiración y eficiencia en el uso del agua por las plantas. En general, estas modificaciones influyen de una manera positiva en el crecimiento y el rendimiento de la cosecha (Layne et al.,



2001, Szewczuk y Gudarowska, 2004, Leal, 2007; Hosteler et al., 2007, Mika et al., 2007;)

Farios-Larios y Orozco-Santos (1997) (citado por Ekinci y Dursun, 2009) encontraron que la anchura y la longitud de los frutos de melón bajo acolchados de polietileno blanco y negro fueron significativamente mayores que los obtenidos en suelo desnudo. En un ensayo de acolchado con grava en un cultivo de sandía, Xie et al. (2006) concluyeron que la eficiencia en el uso del agua, el rendimiento y los carbohidratos solubles en los frutos fueron significativamente mayores en el suelo acolchado que en el desnudo. Wolstenholme et al. (1997) observaron que el uso de acolchado de corteza de pino durante tres temporadas consecutivas produjo un aumento tanto en la producción como en el número y peso de los frutos de aguacate. Experimentos de campo en fresa, manzano, melocotón y viña con acolchados plásticos coloreados reflectantes mostraron efectos positivos en la precocidad de la cosecha y en el color del fruto (Gurnsey y Lawes, 1999).

2.1.6 Ventajas y desventajas del uso de acolchados sobre el suelo.

Investigaciones realizadas anteriormente a este trabajo presentan un sinnúmero de ventajas y desventajas que las podremos observar en la siguiente tabla:

Tabla N1. Ventajas y desventajas del uso de acolchados en el suelo.

Ventajas	Desventajas
Ahorro de agua ya que disminuye la	Aumento de los costos de

<p>evaporación y permite la conservación de agua en el suelo (Tiwari et al. 1998; Turney y Menge 1994; Mattar P., 2001; Dong y Qian, 2002 y Kadayifci et al. 2004;)</p>	<p>producción por transporte, maquinaria especializada y/o mano de obra (Moreno et al., 2004)</p>
<p>Disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo. Los acolchados plástico acumulan calor durante el día y lo liberan durante la noche (Valenzuela y Gutiérrez, 2003; Munguía et al. 2004y Leal, 2007;). Los acolchado orgánico mantiene temperaturas bajas del suelo, limitando su calentamiento durante las épocas cálidas (Robinson, 1988; Stinson et al. 1990 y Yang et al. 2006)</p>	<p>Problemas medioambientales derivados de los restos plásticos no bio-degradables (Moreno et al., 2004)</p>
<p>Reducción del aumento de la salinidad del suelo producido por efecto de la evapoconcentración de agua y sales en la superficie del suelo (Zhang et al. 2008)</p>	<p>Reducción excesiva del pH del suelo (ISA, 2011); liberar compuestos como amonio (Reyes J., et al, 1997)</p>
<p>Disminuye la escorrentía superficial y por ende la erosión del suelo, incrementando la porosidad y la densidad de raíces de las plantas (Tesi, 2000 y Ceccanti et al. 2007)</p>	<p>Posible proliferación de plagas y roedores (STINSON et al., 1990).</p>
<p>Aporte de materia orgánica resultado de la descomposición de acolchados orgánicos (Turney y Menge, 1994 y Ceccanti et al.</p>	<p>El acolchado plástico impide la entrada de agua de lluvia en la zona de raíces.</p>



2007)	
Incremento en la precocidad del cultivo (Arrellano et al., 2003; Ibarra, 2004 , Ramakrishna et al., 2006 y McCraw y Motes, 2009)	El acolchado orgánico puede incorporar semillas de malas hierbas al suelo.
La reducción del crecimiento de malezas(García F., 2006)	Resultados variables y no extrapolables ya que dependen del tipo de cubierta, suelo, cultivo, clima y manejo agronómico. (Razeto y Rojas, 1986)
En algunos casos mejorar la calidad del producto cosechadoprecocidad (Lamont et al., 1993	Excesos de humedad provocan pudrición de raíces (Coffey, 1984; Robinson, 1988; Gregoriou Y Rajkumar, 1984) y el retardo en el secado del suelo causa déficit de oxígeno en las raíces (Pardos, 2004).
Se tiene la opción de utilizar cubiertas superficiales que pueden ser de tipo sintético (plásticos) y de material orgánico (Eduardo del Angel1 J. y Tijerina J, 2001)	Riesgo de incendios con los acolchados orgánicos (paja, cortezas, serrín, etc)

2.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN

2.2.1. Evaporación:



Se considera al proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. (FAO, 2006)

2.2.2. **Transpiración:**

Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera.

Los cultivos pierden agua a través de los estomas, las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua a atmósfera. El agua y algunos nutrientes es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta (FAO, 2006).

2.2.3. **Evapotranspiración:**

Es la suma de la evaporación y la transpiración. La evaporación es determinada por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo, disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el cultivo proyecta más sombra.

También se considera como evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (E_{Tc}), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($E_{Tc aj}$).

La evapotranspiración es medida en milímetros (mm) por unidad de tiempo, es afectado por variables climáticas, manejo y condiciones ambientales y factores del cultivo (FAO, 2006).

2.2.4. **Evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}):**

Es la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo en condiciones óptimas (FAO, 2006).

Se calculó la evapotranspiración de acuerdo a la ecuación de Penman-Monteith, se basa en información meteorológica (temperatura del aire,



humedad atmosférica, radiación y velocidad del viento) y el flujo de calor (evapotranspiración). La ecuación se puede utilizar para el cálculo directo de la evapotranspiración de cualquier cultivo pues las resistencias superficial y aerodinámica son específicas para cada cultivo.

2.2.5. **Coeficiente de cultivo (Kc)**

El Kc representa las diferencias físicas y fisiológicas entre los cultivos y la definición de cultivo de referencia.

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada (FAO, 2006).

2.2.6. **Cálculo de los parámetros de suelo.**

2.2.6.1. Textura

La textura de un suelo es la proporción de arena, arcilla y limo.

Para el cálculo de este parámetro se utilizó en método del hidrómetro de Bouyoucos, cuyos resultados son interpretados mediante el triángulo de las texturas (Medina, et al., 2007)

2.2.6.2. Densidad aparente

La densidad aparente es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo, incluyendo el volumen ocupado por los poros, para su determinación se aplicó un análisis volumétrico.

2.2.6.3. Potencial hidrogeno (pH)

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura



de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que se da en la interfaz líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos, se expresa por números positivos del 0 al 14. Con tres posibilidades: acidez, la neutralidad y la alcalinidad (INECC. 2009). Para la determinación se utilizó el método potenciométrico (Willard et al., 1974; Bates, 1983)

2.2.6.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo se expresa por la cantidad de sales solubles en el suelo, se mide a través de la resistencia que ofrece el paso de la corriente la solución que se encuentra entre los dos electrodos paralelos de la celda de conductividad al sumergirla en la solución (Doerge, et al. 2009).

2.2.6.5. Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica saturada es una propiedad para poder medir la infiltración y redistribución de agua en el suelo. El método utilizado fue el método del pozo invertido.

2.2.6.6. Temperatura del suelo

La determinación de la temperatura del suelo con acolchado es necesario debido a los cambios en las fluctuaciones en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007) y las características del material utilizado (Robinson, 1988).

Medidores de temperatura del suelo. El Dielectric Water Potential Sensor MPS - mide el potencial del agua y la temperatura del suelo y de otros materiales porosos, tienen un bajo poder, requisito que los hace ideales para el entierro permanente en el suelo y la lectura continua con un registrador de datos, tiene una calibración de seis puntos que se traduce en grado investigación exactitud.



El sensor MPS-6, mide Potencial Hídrico de -9 a 100000 Kpa (amplio rango). El rango de medición es de -40 °C a 60 °C, con una precisión: ± 1 °C, fácil de usar y se puede conectar a otros sistemas de registro. (Decagon Devices. 2016). Los datos generados son almacenados en un dataloger.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE UNIDAD EXPERIMENTAL

El estudio se realizó, en la Granja El Romeral de la Universidad de Cuenca ubicada en la Provincia del Azuay; Cantón Guachapala, a 45 Km. de la ciudad de Cuenca, entre la Quebrada Shuscurren y el cauce del Río Paute.

El clima de la zona está clasificado como Subtropical Interandino, a 2200 m de altura. La zona de vida corresponde a bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano bajo. (Cañadas, 1983), La temperatura media anual es de 15 - 18 °C durante el día y durante la noche pueden llegar hasta 7 °C. La pluviosidad media anual promedio es de 500 – 1000 mm. Presenta abundantes lluvias ocasionales en época de invierno (enero - mayo).

La textura del suelo fue Franca (ver Anexo N.1b); la Conductividad hidráulica: es de 7.52 mm/ hora (ver en el anexo N. 2.); la densidad aparente: 1.22 gr. /



cm³ (Ver anexo 3) , la Curva de retención comprende como punto de saturación de 50.51%, capacidad de campo 39.96% y punto de marchitez de 26.13% (ver anexo 1c); la profundidad efectiva es de 0.20 m; el factor p de 0.30 (FAO, 2002) y un caudal del sistema de riego de 2mm/ hora.

3.2 MANEJO DEL ACOLCHADO O “MULCHING

3.3.1. Aplicación: la aplicación de los acolchados: cascarilla, acículas de pino y plástico se realizó directamente sobre las unidades experimentales, manualmente, una sola vez por ciclo de cultivo. El grosor de la cobertura del suelo varía de acuerdo al tratamiento utilizado: para T1 (cascarilla de arroz) 5 cm de espesor, T2 (acículas de pino) 5 cm, T3 polietileno negro de 15 micras y el T0 como testigo (sin cobertura).

3.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA DEL CULTIVO LECHUGA (*Lactuca sativa*), BAJO TRES TIPOS DE COBERTURA

3.3.1 Constantes de humedad del suelo: los datos de la curva de retención de agua, correspondientes a: punto de saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

3.3.2 Conductividad Hidráulica: es calculada mediante el método de pozo invertido en cm/hora.

El Método del pozo invertido consiste en realizar un agujero cilíndrico en el suelo, de 10 a 20cm de diámetro (2r), hasta alcanzar la mesa de agua permitiendo que el agua retorne a su nivel de equilibrio (Hartmann, 2000; Van, 1958, Reynolds et al., 2002).

3.3.3 Evapotranspiración de referencia:



Este parámetro calculado mediante la ecuación de Penman-Monteith (FAO, 2006), directamente de las lecturas presentada por la estación meteorológica de la granja. **Temperatura promedio:**

Parámetro en grados centígrados (C°) obtenido directamente de las lecturas de la estación meteorológica.

3.3.4 **Precipitación:**

Medida en milímetros (mm), se obtuvo de los datos generados estación meteorológica, éste parámetro será modificado mediante el método SCS del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USACE, 2000)

3.3.5 **El Factor de agotamiento permisible (P)**

Se considera el determinado por la FAO, 2003 que es de 0.30.

3.3.6 **Coeficiente de cultivo (Kc):**

Se considera los coeficientes: inicial (0.7), desarrollo (variable), medio (1.05) y final (0.95) (FAO, 2006).

El Kc inicial comprende desde el trasplante (finalizando la fase de plántula, hasta iniciar la fase de roseta, de acuerdo a las condiciones ambientales del cultivo su duración es de 20 a 25 días. El Kc de desarrollo corresponde a la fase de roseta su duración es de 18 a 22 días. El Kc medio corresponde a la fase de formación de cabeza hasta la floración, pero en esta investigación se considera solamente hasta la terminación de la formación de la cabeza, por lo tanto su duración es de 12 a 18 días.

3.3.7 **La evapotranspiración de cultivo (Etc):**



Se evaluó mediante la ecuación $E_{tc} = E_{to} * K_c$. expresada por la FAO.

3.3.8 Determinación del contenido de humedad: la determinación de la humedad del suelo se realiza por medio de TDRs (Time Domain Reflectometry (Reflectómetro de dominio de tiempo) introducido en los primeros 12 cm. del suelo.

El método de determinación del contenido de agua en el suelo a través de sondas TDR (Time Domain Reflectometry) el cual estima el contenido de agua en base a la K_a (constante dieléctrica) utilizando una ecuación polinomial, requiere realizar graduaciones in situ (que culminen en funciones individuales de calibración para cada tipo de suelo. Para la presente investigación se realizó una calibración en invernadero y comprobada en el campo.

La calibración de la sonda TDR se realizó a partir de la comparación de las lecturas con muestras de suelo a profundidad de 0-20 cm, recolectadas cilindros metálicos, enrazados y pesados. Cuyas muestras son llevadas a la estufa a 105 °C por 24 horas, luego se vuelve a pesar. Se relacionan los resultados a través de los métodos gravimétrico y volumétrico (Vargas, et al.2011).

Luego del proceso de calibración el contenido de humedad volumétrico fue obtenido por el promedio entre las lecturas dadas por los TDRs en cada unidad experimental.

3.3.9 Aporte de agua:

Los aportes hídricos se realizaron mediante un sistema de riego localizado, por goteo, distanciados a 30 cm, con una línea 15 m por fila de plantas. La

aplicación de agua se realizó cuando el contenido de humedad baja hasta el umbral crítico del suelo.

Figura N5: Instalación del sistema de riego



Fuente: León E. 2016

3.4 MÉTODOS PARA EVALUAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO (TEMPERATURA DEL SUELO, Y DENSIDAD APARENTE).

3.4.1 La temperatura del suelo:

Esta variable fue evaluada a 10 cm de profundidad, medido en grados centígrados (°C) por medio de la utilización de Dielectric Water Potential Sensor MPS – 6 en cada unidad experimental.

La instalación de los equipos se realizó el siguiente procedimiento.

- Instalación de la unidad de Suelos, que está protegido por medio de un tanque de metal, la energía utilizada es por medio de un panel solar.

Figura N1. Instalación de la Unidad de suelos



Fuente: León E. 2016

- Preparación de potenciómetros.- proceso que se realiza para mejorar la lectura del equipo debido a los puntos de contacto.

Figura N2. Adecuación de potenciómetros para la instalación en el área de estudio.



Fuente: León E. 2016

- Ubicar los potenciómetros en el área de estudio a 10 cm de profundidad del suelo.

Figura N3. Instalación de potenciómetros en el área de estudio.



Fuente: León E. 2016

3.4.2 Densidad aparente: Para el cálculo de este parámetro se utilizó el método del cilindro, este método descrito por Coile (1936) consiste esencialmente en tomar una muestra en un cilindro de volumen conocido.



El procedimiento: tomar una muestra de suelo usando el barreno dentro del cual se encajan anillos de un diámetro de 5 cm. y una altura de 3 cm. dejar caer el golpeador un una forma uniforme, luego se retira el muestreador del suelo en forma cuidadosa, se enrasa el cilindro con una navaja cortante, se trasvasa el suelo a una cápsula de humedad y se lleva a la estufa a 105 0C durante 24 horas y se pesa.

Calculo: Los análisis se hacen a partir de la siguiente expresión $D_a = PS/V$ siendo Ps= peso seco y V= volumen del cilindro. Su resultado es expresado en g/cc (Rojas, 2013)

Los datos fueron tomados en dos tiempos: antes de la siembra y después de la cosecha

3.5 MÉTODOS PARA EVALUAR LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO (POTENCIAL HIDROGENO (pH), Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).

3.5.1 **Potencial hidrogeno (pH):** Para la determinación del pH se utiliza el método potenciométrico (Willard et al., 1974; Bates, 1983).

3.5.2 **Conductividad eléctrica (CE):** fue determinada por medio de un conductímetro de suelo.

3.6 MÉTODO PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA*) CON LAS DIFERENTES COBERTURAS.

3.6.1 **Preparación del suelo:** la primera labor de arada se realizó 40 días antes del trasplante, a una profundidad de 30 cm.

Figura N4. Preparación manual del suelo



Fuente: León E., 2016

3.6.2 **Delimitación de unidades experimentales:** se delimito las unidades experimentales de acuerdo a los parámetro planificados

Figura N5. Distribución de las unidades experimentales



Fuente: León E., 2016

3.6.3 **Producción de platas:** La producción de plantas de *Lactuca sativa*, se realizó en cepellones, su duración fue de 25 días.

Figura N6. Producción de plantas



Fuente: León E., 2016

3.6.4 **El trasplante:** fue realizado cuando las plantas llegaron a tener 4 hojas verdaderas (después de 25 días desde la siembra), en platabandas (unidades experimentales) de 1,20 m. de ancho por 15 m de largo, a distancia de 0.30 x 0.30 m.

Figura N7. Trasplante de lechugas en cada unidad experimental.



Fuente: León E., 2016

3.6.5 **Abonado:** los requerimientos para el cultivo se realizaron de acuerdo a los resultados del análisis de suelos.

Los requerimientos del cultivo de lechuga al aire libre, para una producción de 60 Tm/Ha son: Nitrógeno(N) 120 (kg/ha), Fósforo P₂O₅ (kg/ha) 55, Potasio K₂O 250 (kg/ha), Calcio (CaO) 60 (kg/ha) y MgO 13 (kg/ha). (M. E. 2005) DE acuerdo a los resultados de análisis de suelo el contenido de los diferentes elementos son: Nitrógeno(N) 14.65 (kg/ha), Fósforo P₂O₅ (kg/ha) 92.88, Potasio K₂O 664.17 (kg/ha), Calcio (CaO) 591 (kg/ha) y MgO 1841 (kg/ha) (Ver Anexo N.1a).

La diferencia entre estos requerimientos se aplicó en tres etapas: como abonadora de fondo el 40%, en la siembra 25% y el 35% una abonadura a los 15 días después del trasplante.

Figura N8. Abonadora manual de lechuga



Fuente: León E. 2016

Los abonos ecológicos utilizados fue gallinaza en las presentaciones de: Eco-abonaza y guano.

3.6.6 Cosecha

La lechuga se realizó desde los 50 a 65 días del trasplante, cortando la base del tallo. Luego se realizó en proceso de pesado, medida del diámetro del tallo

y del cogollo. - La cosecha del cultivo se realizara de acuerdo al desarrollo de las plantas pero se espera que sea a partir de 98 a 102 días (Guamán M. 2004 y Camas B. 2007).

Figura N9 Cosecha de lechuga



Fuente: León E. 2016

Conjunto al proceso de cosecha de lechuga se procedió a realizar el proceso de pesado de la lechuga, medición del cogollo, diámetro del tallo, profundidad de la raíz y peso de la raíz.

Figura N10. Pesado en libras de cada lechuga (*Lactuca sativa*)



Fuente: León E., 2016

Figura N11 Medición del diámetro del cogollo



Fuente: León E., 2016

Figura N12. Medición de la profundidad de la raíz



Fuente: León E., 2016

3.7 PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

3.7.1 Determinación de variables

3.7.1.1 Variables independientes:

Tipos de cobertura: T0 (ninguna cobertura), T1 (cascarilla de arroz), T2 (acículas de pino) y T3 (polietileno).

3.7.1.2 Variables dependientes:

Cantidad de agua requerida por el cultivo (lts), propiedades hidrofísicas objeto del estudio y tratamiento, producción del cultivo (peso total, peso comercial, diámetro medio del macollo, diámetro del tallo y peso de la raíz)

3.7.1.3 Control de las variables:

3.7.1.3.1 Variables de inclusión/exclusión: Variedad de lechuga (*Lactuca sativa* var. Capitata)

3.7.1.3.2 Variable de bloqueo: Pendiente.



3.7.1.3.3 Covariable: Tipos de suelo, temperatura ambiental.

3.7.2 **Diseño experimental a aplicar:** Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con (3 tratamientos+ testigo) y 3 repeticiones.

3.7.3 **Detalles de la unidad experimental**

Unidad Experimental (UE): 126 plantas por unidades experimentales

Unidad de Muestreo (UM): se analizará 42 plantas por efecto de borde.

Número de Unidades de muestreo: 504 plantas

Total de unidades experimentales: 12 unidades experimentales.

Total del lote experimental: 345 m² (23 m * 15 m)

3.7.4 **Estructuración del experimento.**

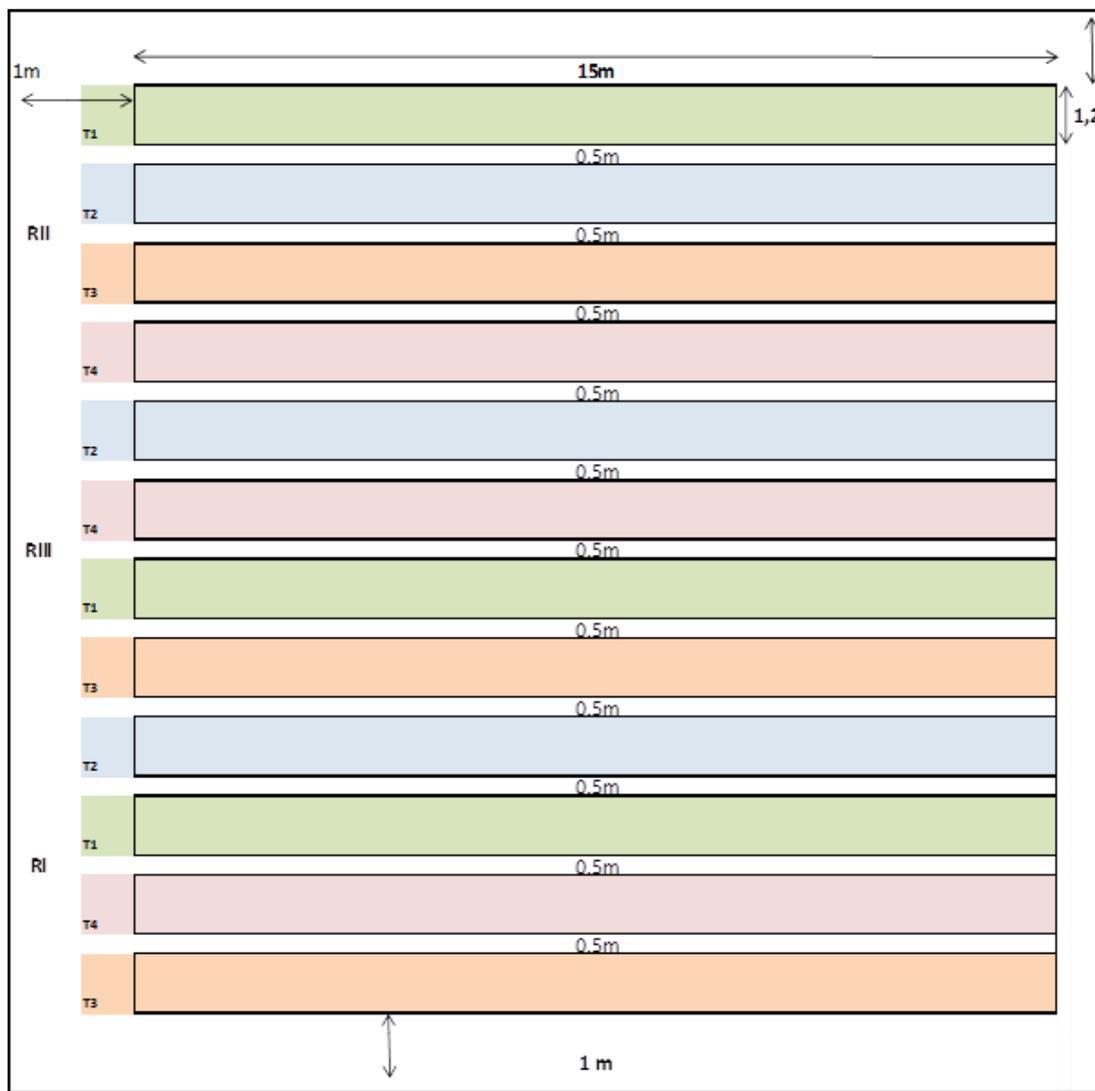
Total de tratamientos: tres tratamientos y un testigo

Total de factores de estudio: 1 (tipos de cobertura).

Número de repeticiones: 3 repeticiones.

Total de grados de libertad del Error experimental: 11.

3.7.5 Diseño del experimento



3.7.6 **Procesos de Aleatorización:** La aleatorización para los tratamientos y repeticiones se realizará por sorteo.

3.7.7 **Análisis estadístico de los datos:**

Para el análisis de datos se realizaron análisis descriptivos y análisis de varianza (ANOVA) al 95% de confianza, para determinar las diferencias significativas mínimas entre las medias de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 0.05. El programa estadístico a aplicar será SPSS "Statistical Product and Service Solutions".



CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1.DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA DEL CULTIVO LECHUGA

(*Lactuca sativa*), BAJO TRES TIPOS DE COBERTURA

4.1.1. Evapotranspiración del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) de acuerdo datos meteorológicos.

Tabla N2. Necesidad neta diaria en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), considerado el día de trasplante el día 1 y la cosecha el día 58.

Día	Evapotranspiración de referencia (Eto)	Coeficiente de cultivo (Kc)		Evapotranspiración del cultivo (mm/d)	Precipitación efectiva		Necesidad Neta (mm)
		Fase	Valor Kc.		Promedio(mm/día)	P. efectiva (mm/día)	
1	1.71	Inicial (22 días)	0.70	1.20			1.20
2	1.71		0.70	1.20			1.20
3	1.71		0.70	1.20			1.20
4	1.71		0.70	1.20			1.20
5	1.71		0.70	1.20	0.25	0.25	0.95
6	1.71		0.70	1.20	2.28	2.27	-1.07
7	1.71		0.70	1.20	3.04	3.03	-1.83
8	1.71		0.70	1.20	0.50	0.50	0.70
9	1.71		0.70	1.20			1.20
10	1.71		0.70	1.20	7.87	7.77	-6.57
11	3.26		0.70	2.28	20.82	20.13	-17.84
12	4.16		0.70	2.91	0.00	0.00	2.91
13	1.38		0.70	0.97	2.60	2.59	-1.62
14	1.55		0.70	1.09	8.20	8.09	-7.01
15	2.79		0.70	1.95	4.80	4.76	-2.81
16	1.55		0.70	1.09	4.40	4.37	-3.28
17	2.02		0.70	1.41	1.40	1.40	0.02
18	3.39		0.70	2.37			2.37
19	2.86		0.70	2.00	0.40	0.40	1.60
20	2.17		0.70	1.52	5.00	4.96	-3.44
21	2.72		0.70	1.90	2.80	2.79	-0.88
22	1.65		0.70	1.16	2.60	2.59	-1.43
23	2.69	Desarrollo (20 días)	0.72	1.93	0.00	0.00	1.93
24	2.16		0.74	1.59	2.00	1.99	-0.41
25	2.38		0.75	1.79	18.20	17.67	-15.88
26	2.29		0.77	1.76			1.76
27	2.48		0.79	1.95	0.20	0.20	1.75
28	1.48		0.81	1.19	3.60	3.58	-2.39
29	2.20		0.82	1.81			1.81
30	2.79		0.84	2.34			2.34
31	2.93		0.86	2.51	1.00	1.00	1.51
32	2.09		0.88	1.83	0.20	0.20	1.63
33	3.27		0.89	2.92	0.20	0.20	2.72
34	2.46		0.91	2.24	0.20	0.20	2.04
35	1.84		0.93	1.71	2.80	2.79	-1.08
36	2.39		0.94	2.26			2.26
37	2.10		0.96	2.02			2.02
38	2.57		0.98	2.52	0.20	0.20	2.32
39	2.14		1.00	2.13	1.00	1.00	1.14
40	3.94		1.02	4.00			4.00
41	3.89		1.03	4.02	5.60	5.55	-1.53
42	1.84		1.05	1.93	1.20	1.20	0.73
43	3.63	Media (15 días)	1.05	3.81			3.81
44	3.76		1.05	3.95			3.95
45	3.70		1.05	3.89			3.89
46	3.30		1.05	3.47	1.00	1.00	2.47
47	3.50		1.05	3.68	22.06	21.28	-17.61
48	3.70		1.05	3.89	1.20	1.20	2.69
49	4.10	1.05	4.31			4.31	



50	3.70	1.05	3.89	1.40	1.40	2.49
51	4.10	1.05	4.31	4.40	4.37	-0.06
52	3.70	1.05	3.89	0.20	0.20	3.69
53	3.40	1.05	3.57	3.79	3.77	-0.20
54	3.30	1.05	3.47	0.80	0.80	2.67
55	3.20	1.05	3.36	3.59	3.57	-0.21
56	3.30	1.05	3.47	4.99	4.95	-1.49
57	3.50	1.05	3.68			3.68
58	3.70	1.05	3.89			3.89

Fuente: León E.

La tabla anterior describe los requerimientos de agua (mm/día), en el cultivo de lechuga, de acuerdo a los datos meteorológicos. El mayor requerimiento diario del cultivo es de en agua es de 4.31 mm/ día.

De acuerdo al análisis ANOVA al 95 % del consumo en milímetros (mm) de agua durante todo el periodo de cultivo se determinó

Tabla N3. Análisis ANOVA para el consumo de agua, durante el periodo de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) los siguientes resultados

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	107.237	3	35.746	28.388	.000
Intra-grupos	10.073	8	1.259		
Total	117.310	11			

Fuente: León, 2016

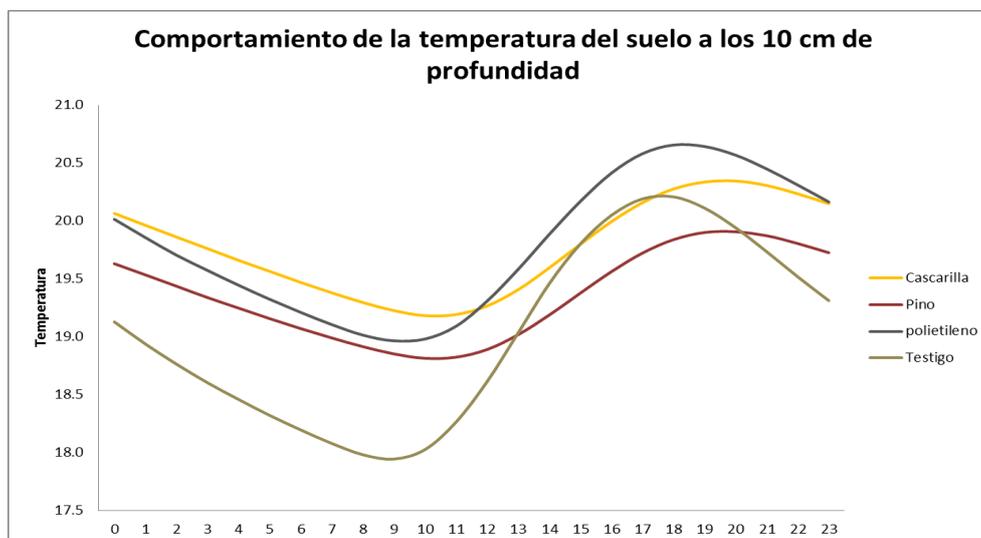
De acuerdo a los resultados expresados por el análisis ANOVA no se determinan diferencias significativas en el consumo de agua en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo tres tipos de acolchado.

4.1.2. Resultados de las propiedades físicas del suelo (temperatura del suelo, y densidad aparente).

4.1.2.1. Temperatura del suelo

Las temperaturas medidas por medio de potenciómetros a 10 cm de profundidad nos permiten observar lo siguiente:

Figura N13. Promedio de las temperaturas del suelo a 10 cm de profundidad, distribuidas durante las diferentes horas del día, medidas en tres tipos de acolchados y el control.



Fuente: León E. 2016

De acuerdo a las diferentes temperaturas presentadas a lo largo del día se requiere el cálculo de las fluctuaciones de temperatura del suelo visible en las siguientes tablas:

Tabla N4. Medias de las temperaturas máximas y mínimas de las fluctuaciones de temperatura de cada tratamiento.

Tratamiento	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Cascarilla de Arroz	18.3	21.6
Acículas de pino	17.5	21.2
Polietileno	17.9	22.8
Testigo	16.5	22.9

Fuente: León E. 2016

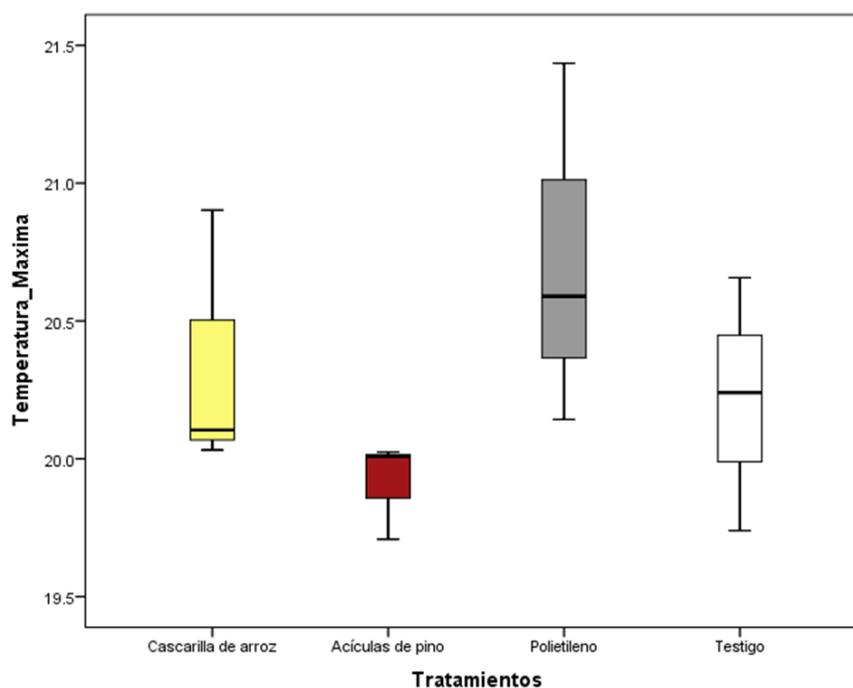
Tabla N5. Análisis ANOVA al 95% de las temperaturas máximas del suelo para cada tratamiento.

ANOVA de las temperaturas máximas del suelo					
	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1.014	3	.338	1.492	.289
Intra-grupos	1.813	8	.227		
Total	2.827	11			

Fuente: León E. 2016

De acuerdo a los resultados del ANOVA se determina que no existen diferencias significativas entre las temperaturas máximas de cada tratamiento.

Figura N14. Diagrama de caja de las temperaturas máximas encontradas en cada tratamiento.



Fuente: León E. 2016

En el caso de las temperaturas mínimas no se puede realizar un análisis de varianza debido a que no existe homogeneidad entre las Varianzas.

4.1.2.2. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo fue determinada mediante muestras de suelo y calculadas mediante el método volumétrico, de acuerdo al muestreo realizado se determinan los siguientes resultados.



Tabla N6. Resultados de la densidad aparente del suelo, medidos por muestra volumétrica, determinada después de la cosecha del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*).

Tratamiento	Repetición	Densidad aparente
1	1	1.20
2	1	1.29
3	1	1.23
4	1	1.05
1	2	1.20
2	2	1.34
3	2	1.27
4	2	1.09
1	3	1.22
2	3	1.30
3	3	1.38
4	3	1.21

Fuente: León E. 2016

De acuerdo a los promedio de los resultados de análisis de suelo para densidad del suelo se determinó un rango de datos desde 1.05 a 1.38 gr/cm³.

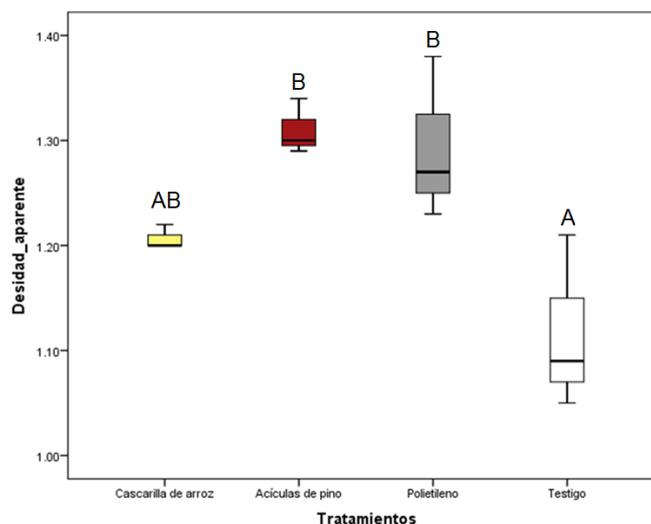
En el análisis de varianza (ANOVA) se presenta en los siguientes resultados:

Tabla N7. Análisis ANOVA para la densidad del suelo después de la cosecha de lechuga (*Lactuca sativa*)

ANOVA para la densidad del suelo después de la cosecha					
	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.071	3	.024	6.895	.013
Intra-grupos	.028	8	.003		
Total	.099	11			

Los resultados del análisis de varianza ANOVA se determinan diferencias significativas y se determina los rangos mediante la prueba de Tukey al 95% de confianza visible en la siguiente figura:

Figura N15. Diagrama de caja de las diferencias entre las densidades del suelo y los rangos generados por Tukey al 95%.



Fuente: León E. 2016

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación de la densidad del suelo al final de la investigación con la prueba de Tukey al 5% se considera dos rangos (A y B), el rango A comprende el testigo y cascarilla de arroz con 1.12 y 1.21 gr/cm^3 respectivamente, mientras el rango B lo comparten la cascarilla de arroz 1.21 gr/cm^3 , polietileno con 1.29 gr/cm^3 y las acículas de pino con 1.31 gr/cm^3 .

4.1.3. Propiedades químicas del suelo (potencial hidrogeno (pH), y conductividad eléctrica (CE)).

- Potencial hidrogeno (pH): para la evaluación del pH se realizaron muestreos por cada unidad experimental, de los cuales se realizó un análisis ADOVA al 95 %, para determinar si existe homogeneidad entre las medidas de tratamiento.

Tabla N8. Potencial hidrogeno al inicio y al final de la investigación

Tratamiento	Repetición	pH al inicio	pH al final
1	1	6,52	5,99
1	2	6,51	6,4
1	3	6,52	6,35
2	1	6,52	6,06
2	2	6,51	4,9
2	3	6,52	6,31
3	1	6,52	6,34
3	2	6,51	6,77
3	3	6,52	6,12
4	1	6,52	6,18
4	2	6,51	6,24
4	3	6,52	6,22

Fuente: León E. 2016

Tabla N9. Análisis ANOVA al 95% del pH inicial antes del trasplante del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)

ANOVA del pH inicial					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.000	3	.000	.000	1.000
Intra-grupos	.000	8	.000		
Total	.000	11			

Fuente: León E. 2016

De acuerdo a los resultados presentados en el análisis ANOVA, se verifica que las medias de cada unidad experimental son homogéneas.

En el caso de los resultados de pH para no se puede realizar un análisis de varianza por falta de homogeneidad de la distribución de las varianzas.

- Conductividad eléctrica (CE): Para evaluar los cambios en la conductividad eléctrica del suelo se realizaron análisis de laboratorio al inicio y al final de la investigación cuyos resultados se observan en las siguientes tablas y gráficas.

**Tabla N10.** Conductividad eléctrica al inicio y al final de la investigación.

Tratamiento	Repetición	CE al inicio	CE al final
1	1	0,18	0,23
1	2	0,2	0,2
1	3	0,18	0,23
2	1	0,18	0,2
2	2	0,2	0,19
2	3	0,18	0,23
3	1	0,18	0,29
3	2	0,2	0,2
3	3	0,18	0,19
4	1	0,18	0,29
4	2	0,2	0,19
4	3	0,18	0,22

Fuente: León E. 2016

Los análisis de varianza ANOVA al 95% realizados para la conductividad eléctrica del suelo al inicio y a al final de la investigación determinaron que no existieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos

4.1.4. Producción de lechuga (*Lactuca sativa*) con las diferentes coberturas

4.1.4.1. Peso en kilogramos de lechuga (*Lactuca sativa* var. Great lake)

La producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) fue evaluado en kilogramos por unidad experimental, para su análisis se realizó análisis de varianza ANOVA al 95% de confianza, también se realizan análisis descriptivos por cada ejemplar de las unidades experimentales (Ver Anexo 4).

Tabla N11. Resultados de la producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) de las variables: peso en kilogramos del producto, diámetro del cogollo y diámetro del tallo

Tratamiento	Repetición	Peso en Kg.	Diámetro _cogollo en cm	Diámetro tallo en cm.
1	1	0,70	13,11	2,33
	2	0,75	16,13	2,69
	3	0,87	13,65	2,70
Promedio		0,77	14,30	2,57
2	1	0,85	13,56	2,52
	2	0,87	13,40	2,58
	3	1,02	15,03	2,67
Promedio		0,91	14,00	2,59
3	1	0,75	14,36	2,46
	2	0,98	17,16	2,82
	3	0,88	14,73	2,50
Promedio		0,87	15,42	2,59
4	1	0,73	12,53	2,45
	2	0,88	15,45	2,69
	3	0,99	14,33	2,88
Promedio		0,87	14,10	2,67

Fuente: León E. 2016

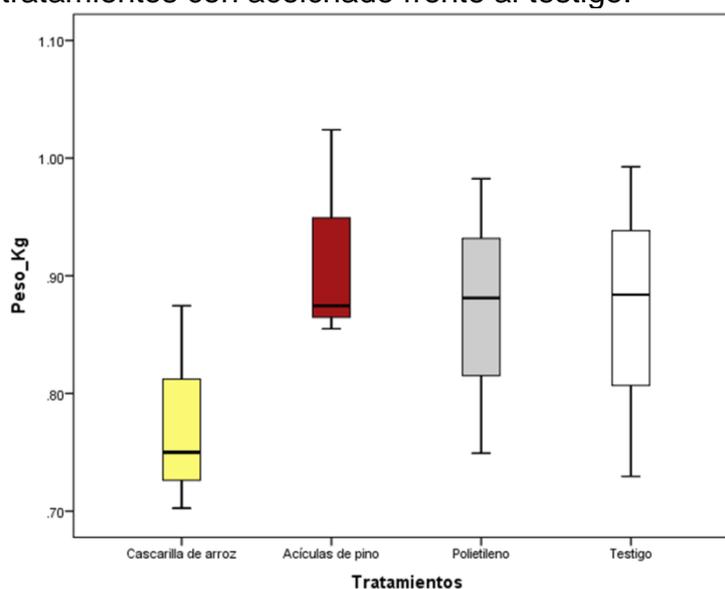
Tabla N12. Análisis de varianza de la producción en kilogramos (kg) del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) a los 53 días después del trasplante.

ANOVA de la producción en kg.					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.032	3	.011	.894	.485
Intra-grupos	.095	8	.012		
Total	.127	11			

Fuente: León E. 2016

Los resultados generados del análisis de varianza consideran que la producción de los diferentes acolchados y el testigo son estadísticamente iguales.

Figura N16. Diagrama de caja de la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) de los diferentes tratamientos con acolchado frente al testigo.



Fuente: León E. 2016

4.2.4.2 Medida del diámetro del tallo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)

Para la evaluación del diámetro de tallo, en cm del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), se realizó un análisis de varianza ANOVA al 95% comparando las medias del cogollo para cada tratamiento

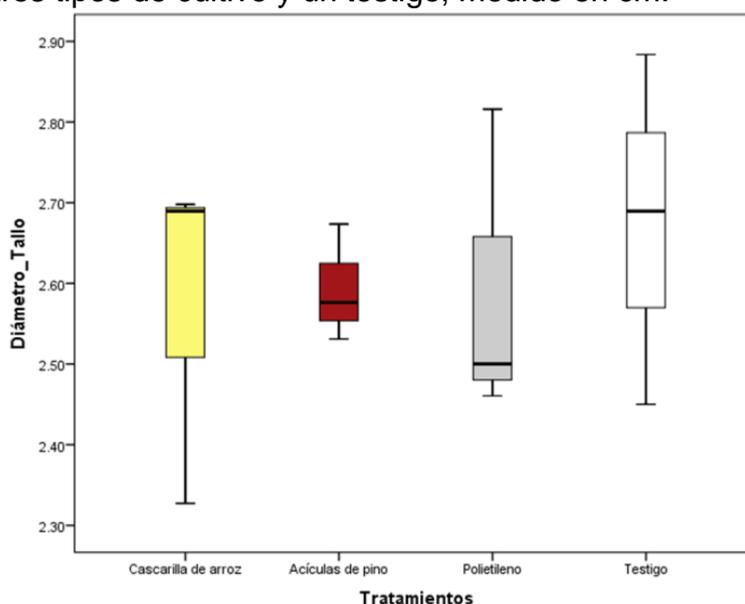
Tabla N13. ANOVA del diámetro del tallo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), medido en cm.

ANOVA del diámetro de tallo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)					
	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.019	3	.006	.183	.905
Intra-grupos	.270	8	.034		
Total	.289	11			

Fuente: León E. 2016

De acuerdo al análisis de varianza de las medias de los diámetros de cada tratamiento de lechuga determina que los resultados entre las medias son estadísticamente iguales.

Figura N17. Diagrama de caja del diámetro de tallo de lechuga (*Lactuca sativa*), bajo tres tipos de cultivo y un testigo, medido en cm.



Fuente: León E. 2016

En el gráfico anterior se pudo observar la variabilidad de los resultados expresados, a pesar que estadísticamente no generan diferencias significativas.

4.2.4.3 Medición en centímetros(cm) del diámetro del cogollo en el cultivo de lechuga(*Lactuca sativa*)

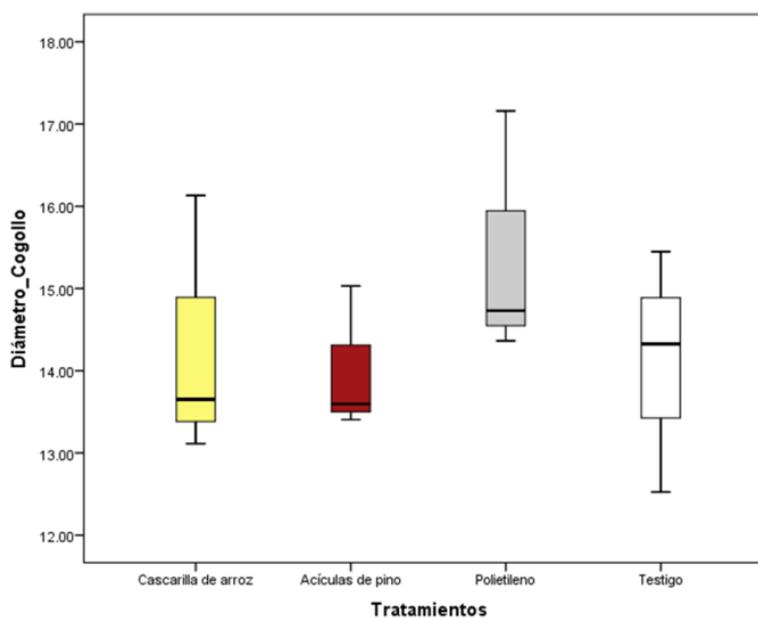
Tabla N14. ANOVA al 5 % de los diámetros medios del cogollo de la lechuga (*Lactuca sativa*)

ANOVA de diámetro del cogollo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3.828	3	1.276	.649	.605
Intra-grupos	15.722	8	1.965		
Total	19.550	11			

Fuente: León E. 2016

Los resultados expresados del análisis ANOVA de los diámetros medios del cogollo de lechuga (*Lactuca sativa*) verifica la homogeneidad entre los tratamientos

Figura N18. Diagrama de caja del diámetro medio de lechuga (*Lactuca sativa*) de los diferentes tratamientos con acolchado frente al testigo.



Fuente: León E. 2016

La figura anterior nos permite visualizar la homogeneidad de las medias de diámetro del cogollo de la lechuga (*Lactuca sativa*), la cual ha sido sembrada utilizando tres tipos de acolchado.



CAPITULO V: DISCUSIÓN

Consumo de agua.- En la presente investigación a pesar de existir 146.8mm de precipitación durante el periodo de cultivo, se determinó que el uso de acículas de pino generan menor evapotranspiración y por lo tanto permite un menor consumo de agua, mientras que el uso de plástico y cascarilla de arroz reducen en menor proporción la evapotranspiración pero comparado con el testigo los resultados no son significativos, resultado corroborado por Wided Zribi, 2014 en su investigación en nectarina que concluyó que el plástico y la corteza de pino redujeron la evaporación del suelo y mantuvieron una mayor humedad permitiendo reducir la cantidad de riego.

Temperatura del suelo.- los tres acolchados utilizados redujeron las fluctuaciones de temperatura, la cascarilla de arroz presenta un intervalo de con 3.27 °C, las acículas de pino con 3.69°C, el polietileno con 4.84 °C y el testigo de 6.41 °C. Resultado similar a Munguía et al. (2004) que utilizó polietileno en melón y determino un incremento en las temperaturas medias, Stinson et al. (1990) que evaluó acolchado orgánico determinó que las temperaturas de los acolchados fueron significativamente más bajas que el testigo, asimismo, Walsh et al. (1996) concluye que el uso de paja mantiene temperaturas más constantes y menores al testigo.

Densidad de suelo.- La densidad del suelo de los tres diferentes acolchados se mantuvo superior a la del testigo, similar a lo expresado por Turney y Menge, (1994) que el uso de acolchados orgánicos disminuye la compactación del suelo, Ghosh PK (2006) que el uso de paja de trigo



disminuye la densidad aparente del suelo comparado con suelos con polietileno.

Conductividad eléctrica.- la conductividad de los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas frente al testigo, mientras que Rahman et al., 2006, comparó diferentes acolchados en tomate concluye que la salinidad de los acolchados fue menor que el testigo; Zhang et al. (2008) en un cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) indica que el uso del acolchado con grava, hojas de pino y paja de arroz redujo los valores de salinidad.

Producción.- El peso promedio del repollo de lechuga (*Lactuca sativa*) lograda con acículas de pino es de 0.91Kg/Planta, polietileno 0.87 Kg/planta, cascarilla de arroz con 0.77Kg/planta y el testigo con 0.86Kg/planta, cuya producción supera a la presentada por Ortega A. y León J. (2011) cuyos promedios de peso del repollo se registraron entre 0.5 a 6.83 Kg/planta.



CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El consumo de agua con el acolchado de pino en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) fue significativamente superior a los demás tratamientos.
- El uso de acolchado en el suelo disminuye las fluctuaciones de temperatura a los 10 cm de profundidad, su variación depende al material utilizado.
- La aplicación de acolchado en el suelo mejora la densidad del suelo, el rango con mayor eficacia lo comparten los tratamientos con acículas de pino y polietileno.
- No se determinó diferencias significativas en el potencial hidrogeno (pH) y en la conductividad eléctrica (CE) durante la investigación.
- La producción en kg/planta, diámetros de los cogollos y diámetros de tallo de los diferentes tratamientos no presentan diferencias significativas.

Recomendaciones:

- Se debe continuar realizando otras investigaciones sobre la aplicación de acolchados orgánicos en el suelo, en especial con acículas de pino ya que han demostrado eficiencia en la reducción del consumo de agua.
- Cultivar otras variedades de lechuga con mayores preferencias en el mercado y mayor resistencia para en el transporte.
- Realizar estudios sobre la distancia necesaria entre la planta y el acolchado ya que el acolchado adherido a la planta evita su desarrollo.



- Planificar calibraciones preliminares de los sensores TDR en el área de estudio.
- Implementar los sensores TDR en áreas libres de piedras debido a que existe muchas variaciones en las lecturas.
- Implementar nuevas investigaciones en áreas con baja precipitación, para lograr generar mayor información sobre los diferentes beneficios del uso de acolchados en el suelo.
- Realizar un monitoreo constante en la presión del sistema de riego para considerar la homogeneidad de los caudales.
- Realizar evaluaciones del control de maleza continuamente debido a que se visualizó una variación marcada entre los diferentes acolchados y el testigo.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrig. Drain. Paper 56*, Rome. 300 pp.
- Aragón, P. de L. L. H. 1995. Factibilidades agrícolas y forestales en la República Mexicana. Ed. Trillas. México. 177 p.
- Arrellano, J., Ríos, P., Castillo, I. (2003). Utilización de tecnologías de producción modernas para obtener ventajas de mercado: los casos del acolchado plástico y semillas híbridas en melón en la comarca lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios* 12:582-595.
- Autio, W. R., Greene, D. W. (1991). Improving the growth of newly planted apple trees. *Hortic. Sci.* 26:840-843.
- Baxter, P. (1970). Orchard soil management trials: 1. Effect of a weed-free or straw mulched strip on the growth and yield of young fruit trees. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.* 10:467-473.
- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Calderón, 2002. La Cascarilla de Arroz "Caolinizada"; Una Alternativa para Mejorar la Retención de Humedad como Sustrato para Cultivos Hidroponicos. Bogota. Disponible en:



http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm

- Cañadas L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG – PRONAREG. Ecuador. 210p.
- Ceccanti, B., Masciandaro, G., Macci, C. (2007). Pyrolysis-gas chromatography to evaluate the organic matter quality in a mulched soil. *Soil Tillage Res.* 97:71-78.
- Centurión M., Duarte Z. Mabuchi I. 2003. Carbón de cascarilla de arroz. COMPONENTE BÁSICO EN LA ELABORACIÓN DE SUSTRATO PARA PLANTAS. Disponible en: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/carbon-de-cascarilla-de-arroz-726413.html>
- CID, C. 1993. Materiales utilizados en la elaboration de sustratos. *Agricola Vergel* 12 (141):492-501
http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/V-W-X/WiegandHeidii1999.pdf
- Chalmers, D.J., P.D. Mitchel y P.H. Jerie. 1985. The relation between irrigation, growth and productivity of peach. *Acta Horticulturae* 173: 283-288.
- Chaudhry, M.R., Aziz, A.M., Sidhu, M. (2004). Mulching impact on moisture conservation, soil properties and plant growth. *Pakistan J. Water Res.* 82:1-8.
- Cook, H.F., Valdes, S.B., Lee, H.C. (2006). Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. *Soil Tillage Res.* 91:227-235.



- Crossman, S.M.A., Palada, M.C. (1998). The influence of mulch type on yield of parsley and chive production in the U.S. Virgin Islands. *In: Caribbean Food Crops Society; 34 th annual meeting 1998. Rural Agricultural Development Authority, Ministry of Agriculture.* pp. 40-45.
- Dahiya, R., Ingwersen, J., Streck, T. (2007). The effects of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: experimental findings and modeling. *Soil Tillage Res.* 96:52-63.
- Decagon Devices. 2016. MPS-2 & MPS-6 Dielectric Water Potential Sensors. Operator's Manual. Disponible en: www.decagon.com
- Dong, Z.Y., Qian, B.F. (2002). Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *J. Zhejiang Univ.-SCI.* 3:209-215.
- Dong, H., Li, W., Tang, W., Zhang, D. (2008). Furrow seeding with plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in a saline field. *Agron. J.* 100:1640-1646
- Doerge T. Kitchen N. Lund E. 2009. Mapeo de Conductividad Eléctrica del Suelo. Página 1 de 7 Mapeo de Conductividad Eléctrica del Suelo. Guías para el Manejo del Suelo Adecuado a Cada Sitio – SSMG-30 Traducido por Alberto Guerrero. LOGEMIN S.A. disponible en: http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39_mapeo_conductividad_electrica.pdf



- Eduardo del Angel J. y Tijerina J, 2001, Producción de ciruelo con fertirriego en función de contenidos de humedad y coberturas orgánicas, revista Terra, volumen 19, numero 4.
- Erenstein, O. (2002). Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Tillage Res.* 67:115-133.
- Ekinçi, M., Dursun, A. (2009). Effects of different mulch materials on plant growth, some quality parameters and yield in melon (*Cucumis melo*. L). *Pak. J. Bot.* 41:1891-1901. Faber, B.A., Downer, A.J., Menge, J.A. (2003). Effects of mulch on avocado and citrus. *In: Procs. 5th World Avocado Cong.*, Málaga, Spain.
- Gabriels D. Lobo D. y Pulido M. 2006. Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada de los suelos. Universidad de Gante, Bélgica y Universidad Central de Venezuela. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/4158/1/Gabriels,%20Lobo%20y%20Pulido.%20Venesuelos.%202006.pdf>
- Granda J. y López C. 2009, Estudio de los sistemas de riego localizados por goteo y exudación, en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. *Alfase stella*), bajo invernadero, Pontificia Universidad Católica de Ecuador sede— Ibarra, descargado de: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.pucesi.edu.ec%2Fbitstream%2F11010%2F236%2F1%2FT72106.pdf&ei=nwekVJC3DJKXyQTI_YKgAw&usg=AFQjCNG95nU2ocy6ifuliifM-gx0sFZIJA



- Guillermo Galván G. García M. y Rodríguez J. 2008. Lechuga Cultivos de hoja. Curso de Horticultura. Facultad de Agronomía. Uruguay.
- Hartmann, R. 2000. Soil Physics. Lecture notes, Dept of Soil Management and Soil Care, Ghent University, Belgium.
- Haynes, R.J. (1980). Influence of soil management practice on the orchard agro-ecosystem. *Agro-Ecosystems* 6:3-30.
- Hatfield, J.L., Sauer, T.J., Prueger, J.H. (2001). Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agron. J.* 93:271-280.
- INECC. 2009. Análisis físicos y químicos del suelo. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/509/analisis.pdf>
- Layne, D.R., Jiang, Z., Rushing, J.W. (2001). Tree fruit refle.
- Leal, G.R. (2007). Influence of reflective mulch on Pinot noir grape and wine quality. *Master of Applied Science, Lincoln University*. New Zealand.
- López R., Arteaga R., Vázquez M., I. López L. y Sánchez I., 2009, Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias*, Descargado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2009000100012&script=sci_arttext
- Gaikwad, S. C., Ingle, H.V., Panchbhai, D.M., Ingle, S.H. (2004). Effect of different types of mulches on soil moisture, soil temperature and fruit drop in Nagpur Mandarin. *Agric. Sci. Digest* 24:71-72.



- García F., 2006, Uso De Distintos Tipos De Mulch Como Alternativa Orgánica De Control De Malezas En Arándano (*Vaccinium Corymbosum* L.) 'O'neal, Universidad de Concepción Facultad de Agronomía, Chile descargado de: http://www.bibliodigital.udec.cl/sdx/UDEC4/tesis/2006/garcia_f/doc/garcia_f.pdf
- Green, S.R., Clothier, B.E. McLeod, D.J. (1997). The response of sap flow in apple roots to localized irrigation. *Agric. Water Manage.* 33:63-78.
- Green D.S., Kruger E.L. y Stanosz G.R. 2003. Effects of polyethylene mulch in a short-rotation, poplar plantation vary with weed-control strategies, site quality and clone. *Forest Ecol Manage* 173, 251-260.
- Gomero L. y Velásquez H, 1999, Manejo Ecológico de Suelos Conceptos, Experiencias y Técnicas, pag 184.
- Gómez A. 2009. Determinación de la curva de retención de agua de suelos granulares usando redes neuronales artificiales. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físicas Mecánicas. Bucarananga. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1984/2/130027.pdf>
- Ghosh, P.K., Dayal, D., Bandyopadhyay, K.K., Mohanty, M. (2006). Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crop. Res.* 99:76-86.
- Gurnsey, S., Lawes, G.S. (1999). Reflective mulches in improving apple color. *Tree Fruits* 3.



- Gutiérrez, M., Villa, F., Cotrina, F., Albalat, A., Macua, J., Romero, J., Sanz, J., Uribarri, A., Sábada, S., Aguado, G. y del Castillo, J. (2003). Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. *Informaciones Técnicas*. España.
- Haynes, R.J. (1980). Influence of soil management practice on the orchard agro-ecosystem. *Agro-Ecosystems* 6:3-30
- Hogue, E.J., Neilsen, G.H. (1987). Orchard floor vegetation management. *Hortic. Rev.* 9:377-430.
- HESSAYON, (1988). Manual de horticultura. Editorial Blume, s.a. Barcelona. pp, 63-65.
- Hosteler, G.L., Merwin, I.A., Brown, M.G., Padilla-Zakour, O. (2007). Influence of geotextile mulches on canopy microclimate, yield, and fruit composition of Cabernet franc. *Am. J. Enol. Vitic.* 58:431-442.
- Hou, X.Y., Wang, F.X., Han, J.J., Kang, S.Z., Fena, S.H. (2010). Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. *Agric. For. Meteorol.* 150:115-121.
- Ibarra, L., Flores, J., Quezada, M., Zermeño, A. (2004). Acolchado, riego y micro túneles en tomate, Chile Anaheim y Chile pimiento. *Horticultura* 10:179-187.
- Idrovo S, 2012, Análisis de los principales cultivos del Azuay utilizados en sus diferentes platos típicos, Universidad de Cuenca, descargado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1633/1/tur106.pdf>



- Infante, A. (2004). Abonos verdes y mulch. *Chile Agrícola* 29:30-31.
- Jordán, A., Zavala, L.M., Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena* 81:77-85.
- Kadayifci, A., Tuylu, G.I., Ucar, Y., Cakmak, B. (2004). Effects of mulch and irrigation water amounts on lettuce's yield, evapotranspiration, transpiration and soil evaporation in Isparta location, Turkey. *J. Biological Sci.* 4:751-755.
- Lamont, W.J. (1993). Plastic mulches for the production of vegetable crops. *Hort. Technology* 3:35-39.
- Lattanzi, A.R., Meyer, L.D., Baumgardner, M.F. (1974). Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38:946-950.
- Martínez J., 2012, Diagnóstico del inventario de recursos hídricos en la provincia del Azuay, Universidad Politécnica Salesiana, descargado de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3680/1/UPS-CT002575.pdf>
- MALLAR, (1978). La lechuga. Editorial Hemisferio Sur, S.A. Primera Edición. pp, 1, 5, 10, 18-19.
- MAROTO, (2000). Horticultura herbácea especial. Editorial Aedos, s. a. Concell, 391-08009 Barcelona. pp, 15-19, 221, 228-230.
- McCraw, D., Motes, E.J. (2009). Use of Plastic Mulch and Row Covers in Vegetable Production.



- Matheus, J., Caracas, M., Fernández, O. (2007). Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*zea mays* L). *Agricultura Andina* 13:27-31.
- Maurya, P.R., Lal, R. (1981). Effect of different mulch materials on soil and on root growth and yield of maize and cowpea. *Field Crop. Res.* 4:33-45.
- Mellouli, H.J., Wesemael, B., Poesen, J., Hartmann, R. (2000). Evaporation losses from bare soils as influenced by cultivation techniques in semi-arid regions. *Agric. Water Manage.* 42:355-369.
- Medina González, Hanoi; García Coronado, Jorge; Núñez Acosta, Daniel. 2007. El método del hidrómetro: base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del tamaño de partículas de suelo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.* vol. 16. núm. 3, pp. 19-24 Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. Cuba. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/932/93216305.pdf>
- McCraw, D., Motes, E.J. (2009). Use of Plastic Mulch and Row Covers in Vegetable Production. Disponible en: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-1099>
- Mika, A., Krzewińska, D., Olszewski, T. (1998). Effects of mulches, herbicides and cultivation as orchard groundcover management systems in young apple orchard. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 6:1-13.
- Mika, A., Treder, W., Buler, Z., Rutkowski, K., Michalska, B. (2007). Effects of orchard mulching with reflective mulch on apple tree canopy irradiation and fruit quality. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 15:41-53.



- Moreno, M.M., Moreno, A., Mancebo, I., Meco, R., Lopez, J.A. (2004). Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Actas VI Congreso Sociedad Española Agricultura Ecológica (SEAE), Almería, España. p. 243.
- Monofiguras Ekonekazaritza(ME). 2005. La lechuga. Manual para el cultivo en agricultura ecológica. Disponible en: <http://www.eneek.org/descargas/dteknikoak/LECHUGA.pdf>
- Munguía, J., Zermeño, A., Quezada, R., De la Rosa, M.L., Torres, A. (2004). Relación entre los componentes del balance de energía y la Resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 73:181-19.
- Neilsen, G.H., Hogue, E.J., Forge T., Neilsen, D. (2003). Mulches and biosolids affect vigor, yield and leaf nutrition of fertigated high density apple. *Hortscience* 38:41-45.
- Ngouajio, M., Ernest, J. (2005). Changes in the physical, optical, and thermal properties of polyethylene mulches during double cropping. *Hortscience* 40:94-97.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2002, El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas. Dirección de Producción y Protección Vegetal, Roma. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=RZFbbvt-ossC&pg=PP1&lpg=PP1&dq=el+cultivo+protegido+en+clima+mediterr%C3>



%A1neo+fao&source=bl&ots=PczYNM-
6qL&sig=X1tFAXk6bBf98UR376Q0l-
qMbBQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiK1qCF3tvJAhVC7iYKHekSCHsQ6AE
lLzAE#v=onepage&q=el%20cultivo%20protegido%20en%20clima%20medit
err%C3%A1neo%20fao&f=false

- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.
- FAO 2008 Glosario de términos sobre humedad del suelo. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s02.htm>
- Ghosh PK, Dayal D, Bandyopadhyay KK and Mohanty M, 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. Field Crops Res., 99: 76-86.
- Ortega A. y León J. (2011), Efectos de la aplicación de cuatro bioestimulantes orgánicos foliares sobre la producción del cultivo de lechuga orgánica en la zona de Cuesaca Provincia del Carchi, Ecuador disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/143/10/T-UTB-FACIAG-AGR-000039.03.pdf>
- Parker G., Carlos M. y Escobar T, 2002, Igualdad de movilidad de grava en los arroyos: Los restos del día. Recursos Hídricos de Investigación. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2001WR000669/full>
- PNRD, 2011, Plan Nacional De Riego y Drenaje, 2011 – 2026, subsecretaria de Riego y Drenaje, Ministerio de Agricultura, Ganadería y



Pesca, disponible en:

<http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/518d6325bd92eabc15000002>

- Razeto B. y S. Rojas. 1986. Fertilizantes nitrogenados en duraznero. *Agric. Téc.* 46: 41-51
- Robinson D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience*. 23: 547-552.
- Rojas J. 2013. DENSIDAD APARENTE. Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa. INTA. Argentina. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf
- Rahman MJ, Uddin MS, Bagum SA, Mondol ATMAI and Zaman MM, 2006. Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the costal area of Bangladesh under rainfed condition. *Int. J. Sustain. Crop. Prod.*, 1: 06-10.
- Ramakrishna, A., Tam, H.M., Wani, S.P., Long, T.D. (2006). Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crop. Res.* 95:115-125.
- Robinson, D. (1988). Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience* 23:547-552.
- Romic, D., Romic, M., Borosic, J., Poljak, M. (2003). Mulching decrease nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation. *Agric. Water Manage.* 60:87-97.



- Rees, H.W., Chow, T.L., Daigle, J.L. (1999). Effectiveness of terrace grassed waterway systems for soil and water conservation: A field evaluation. *J. Soil Water Conserv.* 54:577-583.
- Reynolds, W.D.; D.E. Elrick; E.G. Youngs; A. Amoozegar; H.W.G. Booltink; J. Bouma. 2002. Saturated and field-saturated water flow parameters. In: *Methods of Soil Analysis, Part 4—Physical Methods*, Dane, J.H. & Topp, G.C. (Eds). Soil Science Society of America. Madison, USA. p. 797-878.
- Robinson, D. 1988. Las coberturas y herbicidas en ornamentales plantinigs. *HortScience*.
- SÁNCHEZ, (1996). Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Editorial. Produmedios. Edición Monserrat ICA. pp, 15-19.
- Schertz, D.L. y J.C. Bushnell. 1993. Crop residue management action plans. *J. Soil Water Conserv.* 48: 175-184.
- Suquilanda, (2003). Producción orgánica de hortalizas. S.F. Edición Publiasesores. pp,147, 151-156, 238.
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert y L.D. Saunders. 1998. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. *HortScience* 33: 1188-1191.
- Smets, T., Poesen, J. (2009). Impacts of soil tith on the effectiveness of biological geotextiles inreducing runoff and interrill erosion. *Soil Tillage Res.* 103:356-363.



- Skroch, N.Powell, M.Bilderback, T.HENRY, P.1992. Las coberturas: durabilidad, valor estético, control de malezas, y temperatura. *J. Environ. Hort* 10 (1): 43-45.
- Spencer, B.1982. Corteza de pino, corteza de madera de compost y de enmienda de turba efectos sobre el desarrollo de *Phytophthora* spp. Y la raíz Lupine putrefacción. *Fitopatología* 72 (3):. 346-351
- Stinson, J.Brinen, G. Mc Connell, D.Negro, R.1990. Evaluación de Paisaje MULC hes. *Hortiscience*
- Stewart, D. (2005). The effect of soil and irrigation management on grapevine performance. *PhD Thesis, University of Adelaide, Australia.*
- Stinson, J., Brinen, G.M., Connell, D., Black, R. (1990). Evaluation of landscape mulches. *Hortscience* 103:372-377.
- SUQUILANDA, (1995). Minilechugas manual para la producción orgánica. Yala Editing (Quito-Ecuador). *Agricultura orgánica* N° 9. pp, 11-12.
- Tarara, J.M., Ham, J.M. (1999). Measuring the sensible heat flux in plastic mulch culture with aerodynamic conductance sensors. *Agric. For. Meteorol.* 95:1-13.
- Tarara, J.M. (2000). Microclimate modification with plastic mulch. *Hortscience* 35:169-180.
- Teasdale, J. (2003). Principles and practices of using cover crops in weed management systems *In: Weed management for developing countries. Addendum.*



- Tesi, R. (2000). Medios de protección para la hortoflorofruticultura y los viverismo. *Ed. Mundi-Prensa.Madrid. España.*
- TISCORNIA, (1983). Hortalizas de hojas. Editorial Albatros, SACL. Hipolito Irigoyen 3920. Buenos Aires, República Argentina. pp, 7.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C., Díaz, F. (2003). Use of volcanic mulch to rehabilitate saline-sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1856-1861.
- Tripathi, R.P., Katiyar, T.P.S. (1984). Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil Tillage Res.*4:381-390.
- Turney J y Menge J. 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8 p.
- Tolk, J.A., Howell, T.A., Evett, S.R. (1999). Effect of mulch, irrigation and soil type on water use and yield of maize. *Soil Tillage Res.* 50:137-147.
- Van Beers, W.F.J. 1958. The auger-hole method. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Bull 1. H. Veenman & Zonen, Wageningen, The Netherlands, 32 p.
- Valenzuela, P.A., Gutiérrez, H.C. (2003). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>
- Vega C., Sánchez J., Pineda R, 2013, Efecto de 3 tipos de mulch sobre rendimiento y economía de agua en el cultivo de maíz en Piura, descartado de



http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/manejo_ecologico_de_suelos/manejo_ecologico_de_suelos-13.pdf

- Vargas J, España R. y Guerrero J. 2011. Calibración de la sonda TDR-300 para mediciones de humedad del suelo en san rafael de onoto, estado portuguesa. Rev. Unell. Cienc. Tec. 29: 89-93. 2011. Disponible en: <http://app.vpa.unellez.edu.ve/revistas/index.php/rucyt/article/viewFile/241/27>
- Yang, Y.M., Liu X.J., Li, W.Q., Li, C.Z. (2006). Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *J. Zhejiang Univ.-SCI.* 7:858-867.
- Yuan, C., Lei, T., Mao, L., Liu, H., Wu, Y. (2009). Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. *Catena* 78:117-120.
- Yuste P., M.P. 1997. Los frutales. In: Biblioteca de la agricultura. Idea Books. Barcelona, España. pp 121-264.
- Walsh, B.D., Salmins, S., Buszard, D.J., MacKenzie, A.F. (1996). Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Can. J. Soil Sci.* 96:203-209.
- Wan, S., Kang, Y., Wang, D., Liu, S.P. (2010). Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in North China. *Agric. Water Manage.* 98:105-113.
- Wolstenholme, B.N., Moore-Gordon, C., Cowan, A. (1997). Orchard mulching effects on avocado fruiting. *Conference'97 Searching for Quality.*



Australian Avocado Grower's Fedaration Inc. Millenieum Hotel, Rotonia, New Zeeland 23-26:119-130.

- W. Zribi, J.M. Faci y R. Aragüés, 2011, EFECTOS DEL ACOLCHADO SOBRE LA HUMEDAD, TEMPERATURA, ESTRUCTURA Y SALINIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS. Separata ITEA. INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. 107 N.º 2 , paginas 148-162.
- Zhang, Q.T., Inoue, M., Inosako, K., Irshad, M., Kondo, K., Qui, G.Y., Wang, S.H. (2008). Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food Agric. Environ.* 3-4:480-485.

ANEXOS

Anexos

Anexo N1. Resultados de los análisis de suelo preliminar a la instalación del cultivo

- a) Resultados del análisis de textura del suelo realizado en el la Facultad de Ciencias Agropecuarias, según el método de la probeta.

Numero de muestra	% de Arcilla	% de Limo	% de Arena	ubicación en el triángulo de textura
1	14	30	56	Franco
2	13	29	58	Franco
3	16	36	48	Franco

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2016

- b) Resultados de laboratorio para determinar la curva de retención de agua.
Resultados de punto de saturación para la determinación de la curva de retención de agua.

Punto de saturación										
RE P	Cod	pf0	pf2.52	P. seco	P. anillo.	Con. Humed	Hum Gravi	Da.	Hum Volu	%
1.00	4B	271.02	260.97	223.64	93.96	47.38	0.37	1.30	0.47	47.31
1.00	14A	267.59	256.70	218.64	96.23	48.95	0.40	1.22	0.49	48.88
1.00	5'	269.85	259.36	221.03	96.61	48.82	0.39	1.24	0.49	48.75
2.00	1C	270.39	262.90	221.06	95.03	49.33	0.39	1.26	0.49	49.26
2.00	15'	262.85	247.80	210.69	96.14	52.16	0.46	1.14	0.52	52.09
2.00	19'	271.18	262.84	222.83	96.50	48.35	0.38	1.26	0.48	48.28
3.00	18B	264.48	252.61	211.88	92.83	52.60	0.44	1.19	0.53	52.53
3.00	9C	268.40	259.34	216.75	95.51	51.65	0.43	1.21	0.52	51.58
3.00	5B	261.63	249.79	205.62	93.60	56.01	0.50	1.12	0.56	55.93
									Promedio	50.51

Resultados de capacidad de campo para determinar la curva de retención de agua

Capacidad de campo

Rep	cod	pf2.52	P. seco	P. anillo	Con. Hum	Hum Gravi	Da	Hum Volu	%	
1	4B	260.97	223.64	93.96	37.33	0.29	1.30	0.37	37.28	
1	14A	256.7	218.64	96.23	38.06	0.31	1.22	0.38	38.01	
1	5'	259.36	221.03	96.61	38.33	0.31	1.24	0.38	38.28	
2	1C	262.9	221.06	95.03	41.84	0.33	1.26	0.42	41.78	
2	15'	247.8	210.69	96.14	37.11	0.32	1.14	0.37	37.06	
2	19'	262.84	222.83	96.5	40.01	0.32	1.26	0.40	39.95	
3	18B	252.61	211.88	92.83	40.73	0.34	1.19	0.41	40.67	
3	9C	259.34	216.75	95.51	42.59	0.35	1.21	0.43	42.53	
3	5B	249.79	205.62	93.6	44.17	0.39	1.12	0.44	44.11	
									Promedio	39.96

Resultados de punto de marchitez para determinar la curva de retención de agua.

Punto de marchitez



Rep.	Cod.	pf4.2	P. seco	P.anillo	Con. Humed	Hum Gravi	Da	Hum Volu	%
1	1	21.48	18.2	4.27	3.28	0.235463	1.11	0.261364	26.14

Anexo N 2. Datos para la obtención de la Conductividad Hidráulica por el método de pozo invertido.

PRUEBA DE POZO INVERTIDO

POZO NUMERO: 1

LECTURA DEL FONDO (cm): 94.0

LECTURA SUPERFICIE (cm): 51.0

RADIO DEL AGUJERO (cm): 4.5

Tiempo		Lectura	H	Profund.	
(min)	(seg)	(cm)	(cm)	(cm)	OG (H+R/2)
0	0	49.0	45.0	-2.0	3.855
	10	50.2	43.8	-0.8	3.830
	20	52.0	42.0	1.0	3.790
	30	53.0	41.0	2.0	3.767
	40	54.0	40.0	3.0	3.744
1	50	55.1	38.9	4.1	3.717
1	60	56.0	38.0	5.0	3.695
1	70	56.2	37.8	5.2	3.690
1	80	56.4	37.6	5.4	3.685
1	90	56.6	37.4	5.6	3.680
1	100	57.0	37.0	6.0	3.670
2	110	57.1	36.9	6.1	3.667
2	120	57.3	36.7	6.3	3.662
2	130	57.4	36.6	6.4	3.660
2	140	57.5	36.5	6.5	3.657
2	150	57.7	36.3	6.7	3.652
2	160	57.7	36.3	6.7	3.652
3	170	58.0	36.0	7.0	3.644
3	180	58.4	35.6	7.4	3.634
3	190	58.5	35.5	7.5	3.631
3	200	59.0	35.0	8.0	3.618
3	210	59.0	35.0	8.0	3.618
3	220	59.2	34.8	8.2	3.612
4	230	59.2	34.8	8.2	3.612
4	240	59.1	34.9	8.1	3.615
4	250	59.2	34.8	8.2	3.612
4	260	59.3	34.7	8.3	3.610
4	270	60.0	34.0	9.0	3.590
4	280	60.1	33.9	9.1	3.588
5	290	60.2	33.8	9.2	3.585
5	300	60.3	33.7	9.3	3.582
5	310	60.4	33.6	9.4	3.579
5	320	60.5	33.5	9.5	3.577
5	330	60.7	33.3	9.7	3.571
5	340	60.8	33.2	9.8	3.568
6	350	60.9	33.1	9.9	3.565

Pendiente de la recta: -0.00028

Conductividad hidráulica 1.44E-03 cm/seg

5.19 mm/hora



POZO NUMERO:

2

LECTURA DEL FONDO (cm): 85.0

LECTURA SUPERFICIE (cm): 51.0

RADIO DEL AGUJERO (cm): 4.5

Tiempo		Lectura	H	Profund.	LOG(H+R/2)
(min)	(seg)	(cm)	(cm)	(cm)	
0	0	54.0	31.0	3.0	3.504
	10	59.0	26.0	8.0	3.341
	20	60.0	25.0	9.0	3.305
	30	61.0	24.0	10.0	3.268
	40	62.0	23.0	11.0	3.229
1	50	62.5	22.5	11.5	3.209
1	60	63.3	21.7	12.3	3.176
1	70	63.5	21.5	12.5	3.168
1	80	64.0	21.0	13.0	3.146
1	90	64.5	20.5	13.5	3.125
1	100	64.5	20.5	13.5	3.125
2	110	64.7	20.3	13.7	3.116
2	120	64.9	20.1	13.9	3.107
2	130	65.0	20.0	14.0	3.102
2	140	65.10	19.9	14.1	3.098
2	150	65.4	19.6	14.4	3.084
2	160	65.5	19.5	14.5	3.080
3	170	65.6	19.4	14.6	3.075
3	180	65.6	19.4	14.6	3.075
3	190	66.0	19.0	15.0	3.056
3	200	66.5	18.5	15.5	3.033
3	210	66.7	18.3	15.7	3.023
3	220	66.9	18.1	15.9	3.013
4	230	67.0	18.0	16.0	3.008
4	240	67.2	17.8	16.2	2.998
4	250	67.3	17.7	16.3	2.993
4	260	67.5	17.5	16.5	2.983
4	270	67.6	17.4	16.6	2.978
4	280	66.7	18.3	15.7	3.023
5	290	67.9	17.1	16.9	2.963
5	300	68.0	17.0	17.0	2.958
5	310	68.2	16.8	17.2	2.947
5	320	68.3	16.7	17.3	2.942
5	330	68.4	16.6	17.4	2.937
5	340	68.5	16.5	17.5	2.931
6	350	68.6	16.4	17.6	2.926
6	360	69.9	15.1	18.9	2.854

Pendiente de la recta:

-0.00053

Conductividad hidráulica

2.74E-03 cm/seg

9.86 mm/hora



POZO NUMERO: **3**
 LECTURA DEL FONDO (cm): 91.0
 LECTURA SUPERFICIE (cm): 59.0
 RADIO DEL AGUJERO (cm): 4.5

Tiempo		Lectura	H	Profund.	
(min)	(seg)	(cm)	(cm)	(cm)	LOG(H+R/2)
0	0	56.0	35.0	-3.0	3.618
	10	57.2	33.8	-1.8	3.585
	20	59.0	32.0	0.0	3.534
	30	60.3	30.7	1.3	3.495
	40	61.3	29.7	2.3	3.464
1	50	62.3	28.7	3.3	3.432
1	60	63.0	28.0	4.0	3.409
1	70	63.3	27.7	4.3	3.400
1	80	63.7	27.3	4.7	3.386
1	90	63.9	27.1	4.9	3.379
1	100	64.2	26.8	5.2	3.369
2	110	64.5	26.5	5.5	3.359
2	120	64.6	26.4	5.6	3.355
2	130	64.7	26.3	5.7	3.352
2	140	64.80	26.2	5.8	3.348
2	150	64.8	26.2	5.8	3.348
2	160	65.0	26.0	6.0	3.341
3	170	65.0	26.0	6.0	3.341
3	180	65.2	25.8	6.2	3.334
3	190	65.2	25.8	6.2	3.334
3	200	65.3	25.7	6.3	3.330
3	210	66.0	25.0	7.0	3.305
4	220	66.8	24.2	7.8	3.275

Pendiente de la recta: -0.00035
 Conductividad hidráulica 1.81E-03 cm/seg
 6.51 mm/hora

Anexo N. 3. Densidad aparente obtenida en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

REP	código	pf0	pf2.52 presión 0.32	Peso seco	peso del anillo	Densidad
1	4B	271.02	260.97	223.64	93.96	1.29
1	14A	267.59	256.7	218.64	96.23	1.22
1	5'	269.85	259.36	221.03	96.61	1.24



2	1C	270.39	262.9	221.06	95.03	1.25
2	15'	262.85	247.8	210.69	96.14	1.14
2	19'	271.18	262.84	222.83	96.5	1.26
3	18B	264.48	252.61	211.88	92.83	1.18
3	9C	268.4	259.34	216.75	95.51	1.21
3	5B	261.63	249.79	205.62	93.6	1.11
					Promedio en gr/cm3	1.22

Anexo 4. Análisis descriptivo de las variables

4.1. Descripción de los datos obtenidos

Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
Peso total (gr) ¹	Media		916,75480	8,090249
	95% de intervalo de confianza para la media	900,88523		
		932,62437		
	Media recortada al 5%		916,08114	
	Mediana		907,18000	
	Varianza		96.934,591	
	Desviación estándar		311,343205	
	Mínimo		136,080	
	Máximo		1.769,010	
	Rango		1.632,930	
	Rango intercuartil		453,590	
	Asimetría		-,018	,064
Curtosis		-,498	,127	

¹ Se han omitido las observaciones ID = 870, 1175 y 1286 por ser outlayers.



Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
Diámetro cogollo (cm)	Media	14,8184	,06713	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,6867	
		Límite superior	14,9500	
	Media recortada al 5%	14,7706		
	Mediana	15,0000		
	Varianza	6,624		
	Desviación estándar	2,57369		
	Mínimo	9,00		
	Máximo	25,00		
	Rango	16,00		
	Rango intercuartil	3,00		
	Asimetría	,365	,064	
	Curtosis	,639	,128	

Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
Diámetro tallo (cm)	Media	2,6784	,01556	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,6479	
		Límite superior	2,7089	
	Media recortada al 5%	2,6839		
	Mediana	2,7000		
	Varianza	,358		
	Desviación estándar	,59868		
	Mínimo	1,00		
	Máximo	4,50		
	Rango	3,50		
	Rango intercuartil	,70		
	Asimetría	-,168	,064	
	Curtosis	,205	,127	



4.2.1. Producción de lechugas

Análisis exploratorio

Detecto datos aberrantes y outliers en las variables de producción. Llevamos a cabo una primera corrección de los datos (véanse notas al pie).

Relación entre variables productivas

Pretendemos averiguar la relación existente en las tres variables que nos definen la producción de lechugas: peso total (gr), diámetro de la planta (cm) y diámetro del tallo (cm). Para ello examinamos su correlación.

Tabla 15: Correlaciones entre las variables productivas de las lechugas. “r”: coeficiente de correlación de Pearson; “p”: significación; y “N”: número de observaciones.

Variables		Peso total (gr)	Diámetro cogollo (cm)	Diámetro tallo (cm)
Peso total (gr)	r	1	0,494	0,524
	p		<0,001	<0,001
	N	1.468	1.466	1.466
Diámetro cogollo (cm)	r		1	0,427
	p			<0,001
	N		1.466	1.466
Diámetro tallo (cm)	r			1
	p			
	N			1.466

De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, se observa una correlación positiva y significativa entre las tres variables que definen la producción de lechugas, de modo que cuando aumentan una lo hace la otra, y así entre las tres variables. La mayor correlación se observa entre el peso total de la planta y el diámetro del tallo.

Peso por lechuga (planta)

Nos preguntamos lo siguiente: ¿es igual el peso de cada lechuga independientemente del tratamiento aplicado?

Tabla 1: Medias mínimo cuadráticas del peso de plantas de lechuga según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de dos factores: situación (borde y centro) y tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura	Probabilidad
----------	-----------	--------------

	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R^2_a	SED	p
Peso (g)	858,120a	953,864b	902,305ab	897,856a	0,027	24,651	0,001

El peso de la lechuga bajo cobertura de acículas de pino (T2) es significativamente mayor que las lechugas con cobertura de cascarilla de arroz y sin cobertura, siendo el peso medio de la lechuga bajo cobertura de polietileno negro indistinto de las lechugas bajo el resto de las coberturas. Por tanto, el tipo de cobertura influye significativamente en el peso total de la planta de lechuga cultivadas en estas condiciones.

Se observa un efecto significativo de la situación de las plantas, de modo que las que estaban en los bordes de las parcelas muestran un peso significativamente mayor que las que estaban en el centro de dichas parcelas (946,623 g. vs. 859,450 g.; SED = 17,014 g.; $F_{1,1472} = 26,252$; $p < 0,001$).

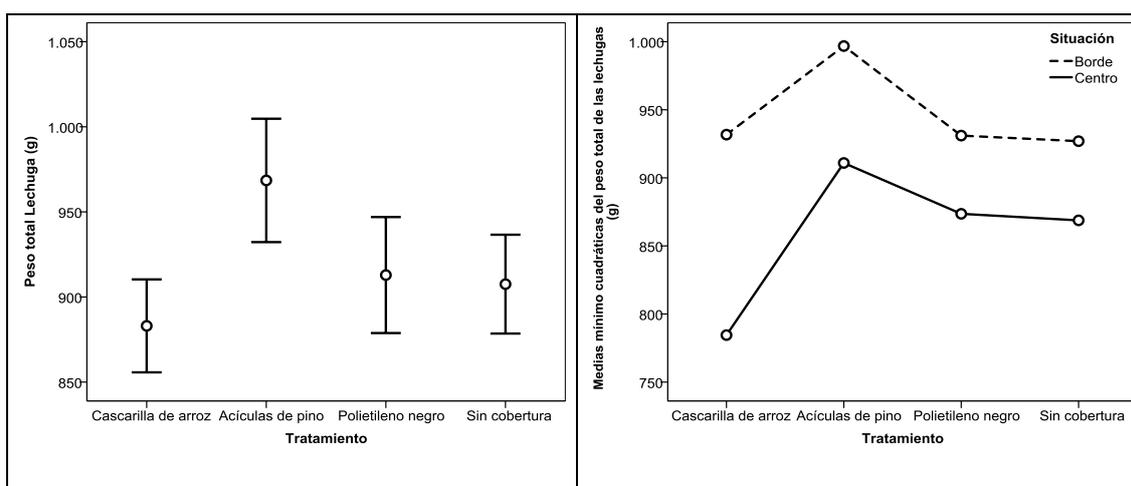


Figura N19: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del peso medio de cada planta de lechuga según coberturas (izq.). Medias mínimas cuadráticas del peso de la planta de lechuga según tratamientos y situación en la parcela (dcha.).

Supervivencia de las plantas de lechuga

Primero nos interesamos por el número de plantas que, en función de la cobertura y su situación, han sobrevivido y contribuido al rendimiento de la cosecha.



Tabla 2: Medias mínimo cuadráticas del número de plantas de lechuga/ha según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de un factor: tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R^2_a	SED	p
Lechugas/ha	3.855,07	3.545,89	3.304,35	3.594,20	0,156	246,33	0,248

Los resultados de la Tabla 3 ponen en evidencia que no se puede afirmar que hayan sobrevivido un número diferente de plantas de lechuga en función de los distintos tipos de cobertura empleados.

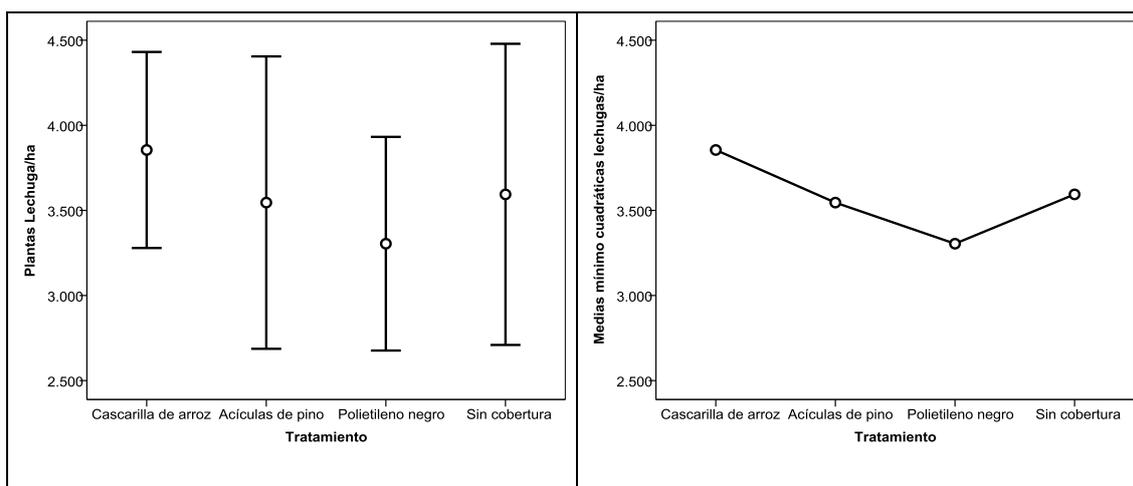


Figura N20: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del número de plantas de lechuga/ha según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del número de plantas de lechuga por ha según tratamientos (dcha.).

Ahora bien, como habíamos visto en el apartado anterior, la situación de la planta, sí que ha resultado significativa (peso mayor), de modo que bien podría tener un efecto en la supervivencia de las mismas. Por ello, ahora nos vamos a fijar solamente en las plantas del centro de la parcela, suponiendo que ocupan un tercio de la misma.

Tabla 16: Medias mínimo cuadráticas del número de plantas de lechuga/ha del centro de la parcela según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de un factor: tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de



determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R^2_a	SED	p
Lechugas/ha	3.826,08	3.507,24	3.130,43	3.594,20	0,029	388,34	0,400

En la Tabla 16 observamos que en el centro de las parcelas la supervivencia de plantas por ha no ha sido distinta según distintos tipos de cobertura. Por lo que podemos decir que el efecto borde no resulta significativo en cuanto a la supervivencia de las plantas, ni el tipo de cobertura ha significado una mayor o menor supervivencia de las plantas en las parcelas cultivadas (véase Figura 3).

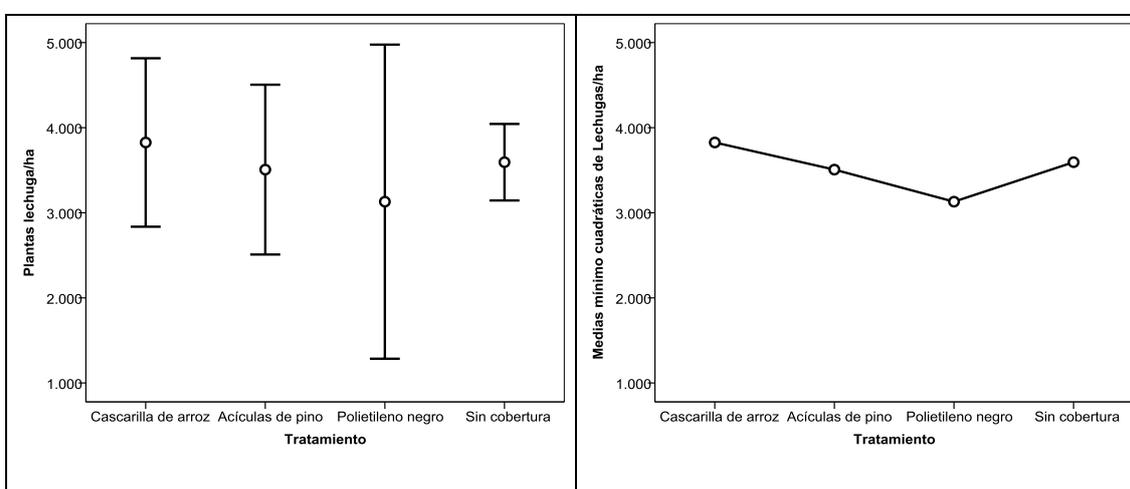


Figura N21: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del número de plantas de lechuga/ha teniendo en cuenta sólo las del centro de las parcelas según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del número de plantas de lechuga por ha según tratamientos en el centro de las parcelas cultivadas (dcha.).

Rendimiento del cultivo de lechugas según coberturas

Estamos interesados en conocer la influencia de las coberturas sobre el rendimiento del cultivo.

Tabla 17: Medias mínimo cuadráticas del rendimiento del cultivo de lechuga según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de un factor: tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla	Acículas	Polietileno	Sin	R^2_a	SED	p



	de arroz	de pino	negro ²	cobertura			
Peso lechugas (kg/ha)	3.404,130	3.434,152	3.347,377	3.261,916	0,312	262,678	0,888

Los datos de la Tabla 5 indican que los rendimientos del cultivo de lechugas bajo las distintas coberturas no han sido distintos al cultivo sin cobertura (véase Figura 4). Es reseñable que, en el caso de la cobertura con polietileno, la variabilidad resulta extremadamente alta, comparada con el resto de los tratamientos.

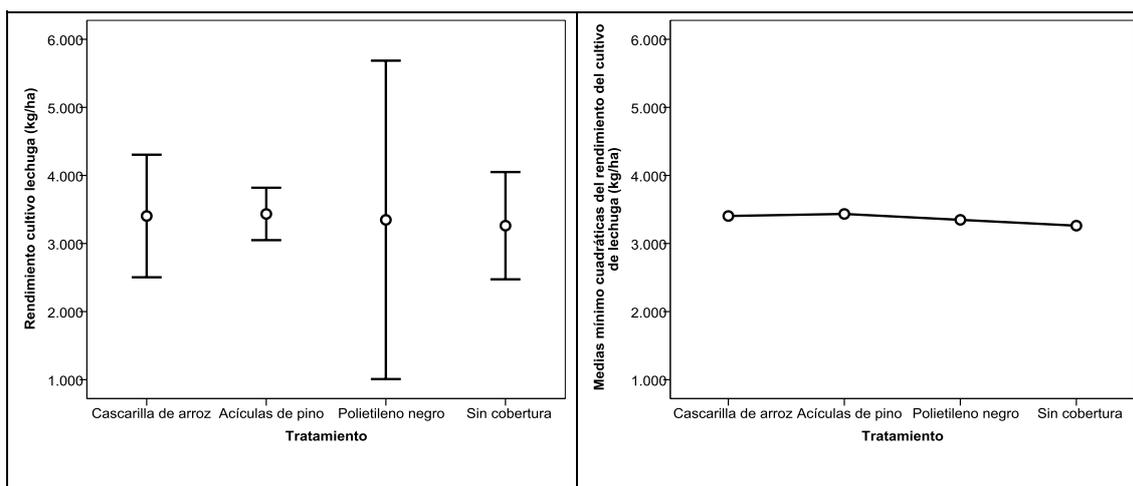


Figura N22: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del rendimiento del cultivo de lechuga (kg/ha) según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del rendimiento del cultivo de lechuga (kg/ha) según tratamientos (dcha.).

Ahora bien, teniendo en cuenta que la situación de las plantas ha evidenciado que las de los bordes son significativamente más pesadas que las del centro, y que el efecto del borde no ha mostrado efectos sobre el número de plantas en función de los distintos tipos de cobertura, estamos interesados en conocer si, el rendimiento de la parte central de las parcelas, se ha visto afectado por los distintos tipos de cobertura.

Tabla 18: Medias mínimo cuadráticas del rendimiento del cultivo de lechuga (kg/ha) del centro de la parcela según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de un factor: tipo de cobertura. R²_a: coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas (p < 0.05) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura	Probabilidad
----------	-----------	--------------

² Se ha omitido del análisis la ID = 21; Tratamiento 3 (polietileno negro), réplica 1, por tener un valor de Rendimiento lechugas = 2.354,733 kg/ha, siendo tan bajo que es un outlier.

	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R ² _a	SED	p
Peso lechugas (kg/ha)	3.001,595	3.194,864	2.734,699	3.122,552	0,234	518,398	0,822

Ante los resultados de la Tabla 6, los rendimientos del cultivo de lechuga no difieren entre sí fruto de los distintos tratamientos de cobertura (véase Figura 5). De nuevo, es reseñable, la elevada variabilidad de las observaciones de rendimientos bajo cobertura de polietileno negro.

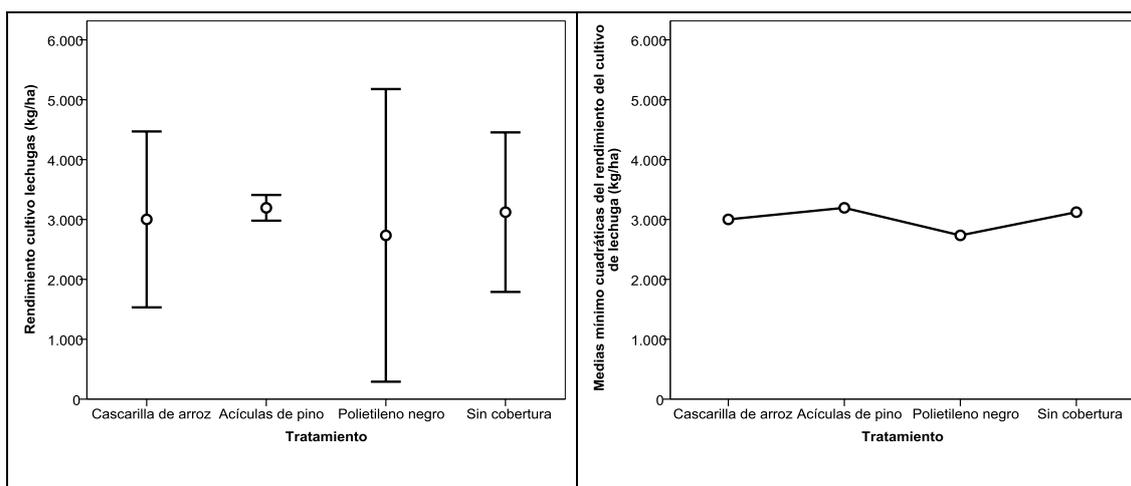


Figura N23: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del rendimiento del cultivo de lechuga (kg/ha) teniendo en cuenta sólo las del centro de las parcelas según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del rendimiento del cultivo de lechuga (kg/ha) según tratamientos en el centro de las parcelas cultivadas (dcha.).

Diámetro del cogollo

Tabla 19: Medias mínimo cuadráticas del diámetro de plantas de lechuga (cogollo) según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de dos factores: situación (borde y centro) y tipo de cobertura. R²_a: coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R ² _a	SED	p
Diámetro cogollo (cm)	14,730b	14,431ab	15,621c	14,202a	0,050	0,242	<0,001

De los resultados mostrados en la Tabla 7 se desprende que el diámetro del cogollo de las lechugas es significativamente mayor en aquellas que han sido

cultivadas bajo polietileno negro que aquellas bajo el resto de coberturas; mostrando las lechugas cultivadas bajo cobertura con cascarilla de arroz un diámetro significativamente mayor que aquellas sin cobertura, sin poder diferenciarlas de aquellas cultivadas bajo acículas de pino, y éstas sin diferenciarse de las cultivadas sin cobertura (véase Figura 6 izquierda).

Se observa un efecto significativo de la situación de las plantas, de modo que las que estaban en los bordes de las parcelas muestran un diámetro del cogollo significativamente mayor que las que estaban en el centro de dichas parcelas (15,016 cm vs. 14,476 cm; SED = 0,140 cm; $F_{1,1463} = 14,984$; $p < 0,001$). En este sentido cabe señalar que las diferencias en el diámetro del cogollo debidas a la posición son más acusadas en las lechugas bajo coberturas de cascarilla de arroz y acículas de pino que sin cobertura, mientras que en las plantas bajo cobertura de polietileno no se observan diferencias (véase Figura 6 derecha).

Además, se observa un efecto significativo de la interacción Tratamiento \times Situación ($F_{1,1463} = 9,571$; $p < 0,023$). La significancia de la interacción es debida a la ausencia de diferencias en los diámetros de los cogollos de las plantas cultivadas en los bordes y centro bajo cobertura de polietileno mientras que, en aquellas plantas que se han desarrollado bajo los otros tipos de cobertura, en todos los casos, los diámetros de las plantas de los bordes es significativamente mayor que las del centro.

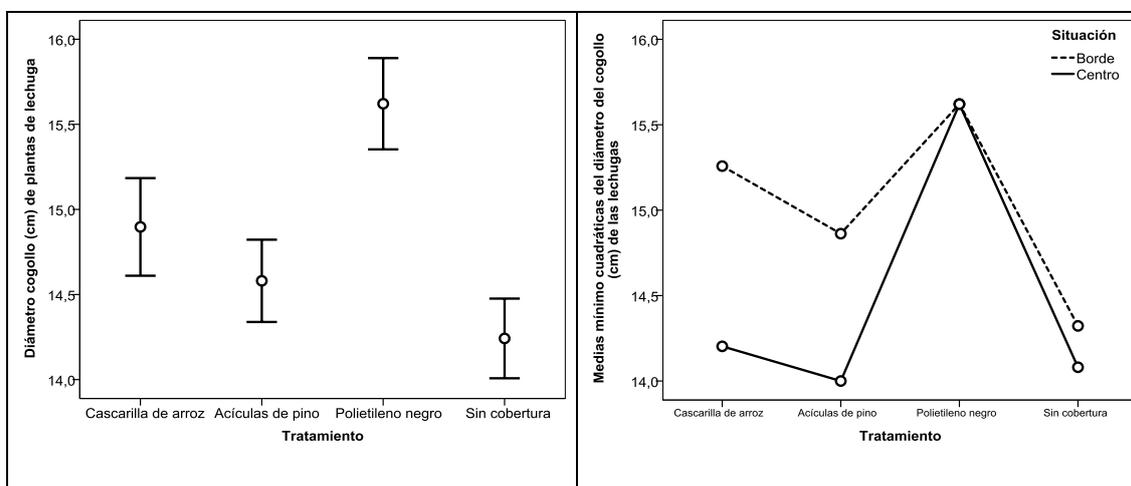


Figura N24: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del diámetro del cogollo (cm) de las plantas de lechuga según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del diámetro del cogollo (cm) de las plantas de lechuga (kg/ha) según tratamientos y posición en las parcelas cultivadas (dcha.).

Bien, continuando con el tipo de análisis que hemos ido llevando hasta ahora, toda vez constatado el efecto borde, analizaremos exclusivamente lo ocurrido en las plantas que han ocupado la posición central de las parcelas para

averiguar si los efectos descritos para las distintas coberturas sobre el diámetro del cogollo son coherentes en ambas posiciones.

Tabla 20: Medias mínimo cuadráticas del diámetro del cogollo de lechugas (cm) del centro de la parcela según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de un factor: tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R^2_a	SED	p
Diámetro cogollo (cm)	14,203a	14,000a	15,620b	14,081a	0,063	0,311	<0,001

De los resultados mostrados en la Tabla 8 se desprende que el diámetro de las lechugas, cuya posición es la central, cultivadas bajo polietileno son significativamente mayores que todas aquellas cultivadas bajo el resto de coberturas o sin ella (véase Figura 7).

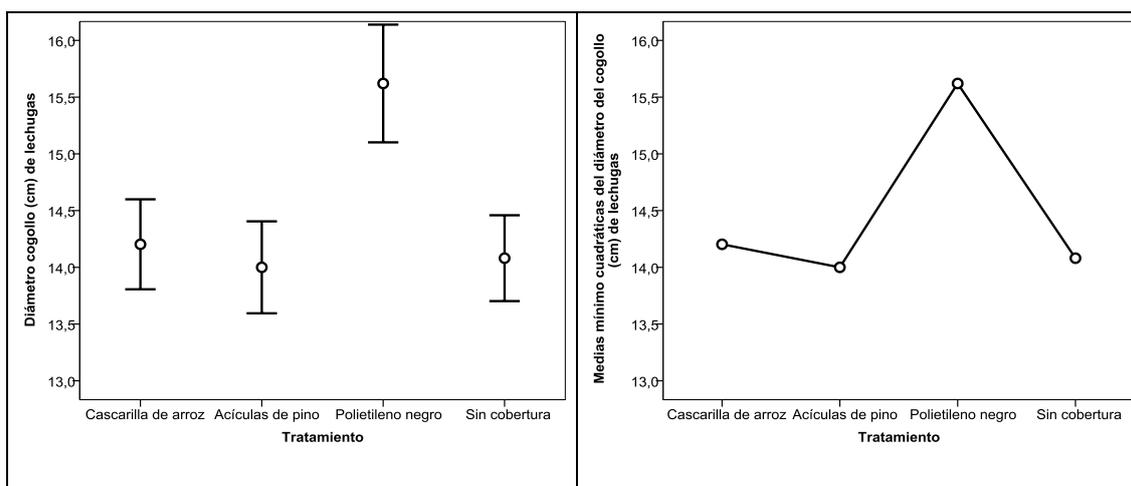


Figura N25: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del diámetro del cogollo de las lechugas (cm) teniendo en cuenta sólo las del centro de las parcelas según coberturas (izq.). Medias mínimas cuadráticas del diámetro del cogollo de las lechugas (cm) según tratamientos en el centro de las parcelas cultivadas (dcha.).

Diámetro del tallo

Tabla 21: Medias mínimo cuadráticas del diámetro del tallo en plantas de lechuga según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de dos factores: situación (borde y centro) y tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R^2_a	SED	p
Diámetro tallo (cm)	2,674	2,647	2,642	2,689	0,004	0,048	0,721

A la vista de los resultados de la Tabla 9 no se observan diferencias significativas en el diámetro del tallo de las lechugas cultivadas bajo las distintas coberturas.

Se observa un efecto significativo de la situación de las plantas, de modo que las que estaban en los bordes de las parcelas muestran un diámetro del tallo significativamente mayor que las que estaban en el centro de dichas parcelas (2,707 cm vs. 2,619 cm; SED = 0,033 cm; $F_{1, 1473} = 7,075$; $p = 0,008$). En este sentido cabe señalar que las diferencias en el diámetro del tallo debidas a la posición son más acusadas en las lechugas bajo coberturas de cascarilla de arroz, decreciendo las diferencias en aquellas bajo acículas de pino y polietileno, mientras que en aquellas sin cobertura, es cuando la diferencia es mínima (véase Figura 8 derecha).

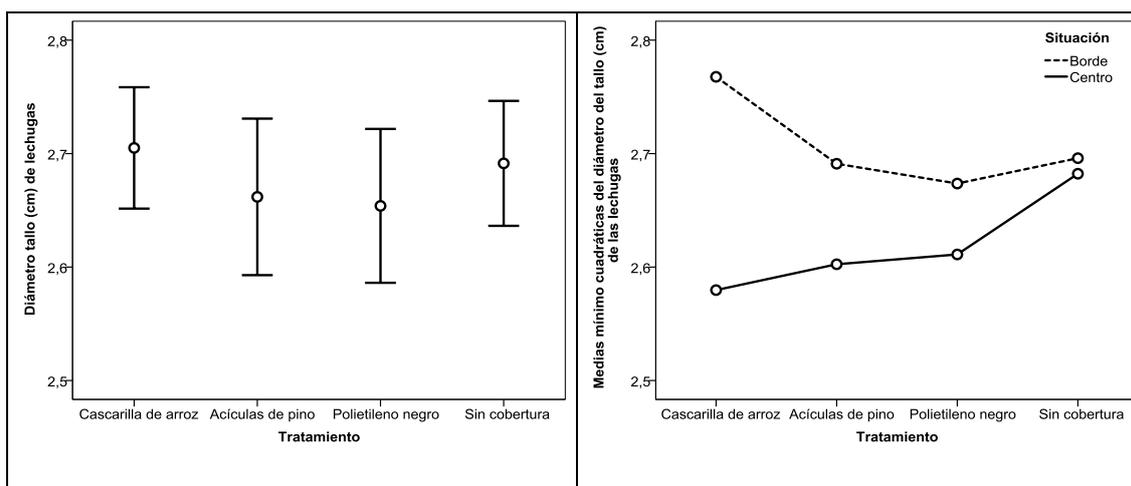


Figura N26: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del diámetro del tallo (cm) de las plantas de lechuga según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del diámetro del tallo (cm) de las plantas de lechuga (kg/ha) según tratamientos y posición en las parcelas cultivadas (dcha.).

Bien, continuando con el tipo de análisis que hemos ido llevando hasta ahora, toda vez constatado el efecto borde, analizaremos exclusivamente lo ocurrido en las plantas que han ocupado la posición central de las parcelas para averiguar si los efectos descritos para las distintas coberturas sobre el diámetro del tallo son coherentes en ambas posiciones.

Tabla 22: Medias mínimo cuadráticas del diámetro del tallo de lechugas (cm) del centro de la parcela según tipo de coberturas. Comparación de medias mediante ANOVA (GLM) de un factor: tipo de cobertura. R^2_a : coeficiente de determinación ajustado. SED: error estándar de la diferencia de medias. Letras distintas ponen en evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la aplicación del test post hoc de Tukey.

Variable	Cobertura				Probabilidad		
	Cascarilla de arroz	Acículas de pino	Polietileno negro	Sin cobertura	R^2_a	SED	p
Diámetro tallo (cm)	2,580	2,602	2,611	2,682	0,002	0,078	0,547

De los resultados mostrados en la Tabla 10 se desprende que el diámetro del tallo de las lechugas, cuya posición es la central, es indiferente del tipo de cobertura (véase Figura 9).

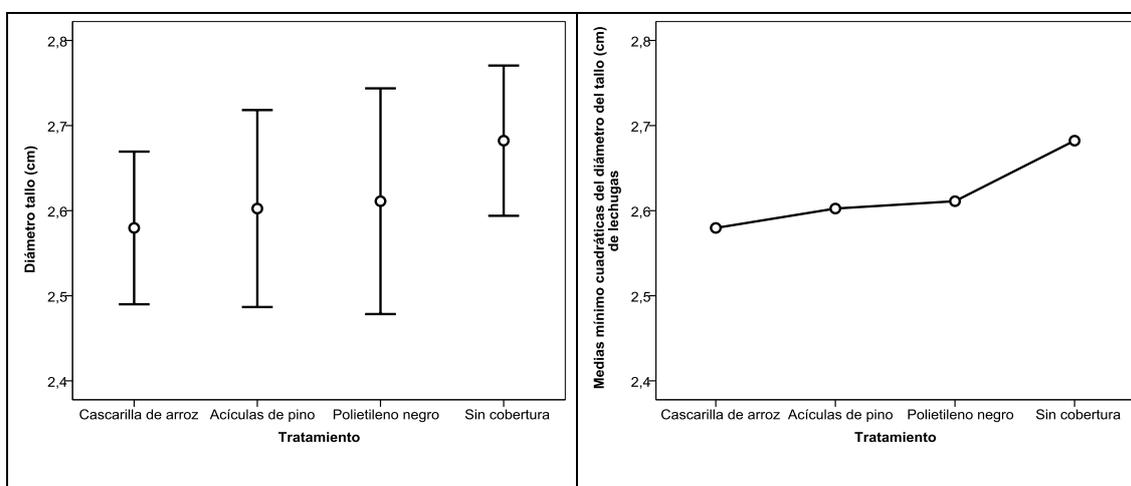


Figura N27: Representación gráfica de los intervalos de confianza (95%) del diámetro del tallo de las lechugas (cm) teniendo en cuenta sólo las del centro de las parcelas según coberturas (izq.). Medias mínimo cuadráticas del diámetro del tallo de las lechugas (cm) según tratamientos en el centro de las parcelas cultivadas (dcha.).

