



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**“Evaluación de estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la
producción de col (*Brassica oleracea* L.) en un sistema de labranza
reducida”**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo

Autoras:

Tania Paola Guartasaca Bueno

CI:0107391906

Correo electrónico: taniaguartasaca@rocketmail.com

María Gabriela León Aguilar

C.I.0750422750

Correo electrónico: mgaby_96@hotmail.com

Director:

Ing. Agr. Eduardo José Chica Martínez PhD.

CI: 0912795101

CUENCA, ECUADOR

28- 04- 2021



Resumen:

La producción de hortalizas en el Ecuador se destaca por su importancia económica, sin embargo, las malas prácticas agrícolas realizadas favorecen el deterioro de los suelos provocando que disminuya el rendimiento, calidad y rentabilidad de los cultivos. Los acolchados son una alternativa de manejo que puede contribuir a solucionar los problemas antes mencionados. El objetivo de esta tesis es determinar el efecto de tres estrategias de cultivos de acolchado en el desarrollo del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.) cv. late flat dutch, bajo un sistema de labranza reducida. El experimento se desarrolló en el Campus Yanuncay de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, usando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 20 unidades experimentales en un área de 72 m². Los tratamientos evaluados fueron: T1) acolchado de avena, T2) acolchado de vicia, T3) acolchado de avena + vicia y T4) sin cobertura, siendo el control representando el manejo tradicional de los productores. Al final del experimento se observaron efectos significativos sobre el peso de los repollos, biomasa de malezas y pH del suelo con la utilización de los cultivos de acolchado, sin embargo, no se observaron efectos significativos sobre otras variables edafológicas, fenológicas, agronómicas y fisiológicas evaluadas.

Palabras claves: Cultivos de acolchado. Mulch. Agricultura de conservación. Col.



Abstract:

The production of vegetables in Ecuador stands out for its economic importance, however, the bad agricultural practices carried out favor the deterioration of the soils causing a decrease in the yield, quality and profitability of the crops. The padding is a management alternative that can help to solve the aforementioned problems. The objective of this thesis is to determine the effect of three mulching crop strategies on the development of cabbage (*Brassica oleracea* L.) cv. late flat dutch, under a reduced tillage system. The experiment was developed at the Yanuncay Campus of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Cuenca, using a randomized complete block design (DBCA) with 4 treatments and 5 repetitions with a total of 20 experimental units in an area of 72 m². The evaluated treatments were: T1) oat padding, T2) vetch padding, T3) oat padding + vetch and T4) without cover, being the control representing the traditional management of the producers. At the end of the experiment, significant effects were observed on the weight of the cabbages, weed biomass and soil pH with the use of mulch crops, however, no significant effects were observed on other evaluated edaphological, phenological, agronomic and physiological variables.

Keywords: Mulch crops. Mulch. Conservation agriculture. Cabbage.



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE IMÁGENES	7
ÍNDICE DE FIGURAS	7
1. INTRODUCCIÓN	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	19
4.1. General	19
4.2. Específicos.....	19
4.3 Hipótesis planteadas	19
4.3.1 Hipótesis Nula.....	19
4.3.2. Hipótesis Alternativa.....	19
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
6.1. Área de estudio.....	28
6.2 Características de diseño experimental	28
6.2.1 Factor de estudio.....	28
6.2.2 Esquema en campo del diseño experimental.....	29
6.3 Descripción de las Variables Evaluadas.	29
6.3.1 Variables de Respuesta en el suelo (Edafológicas)	29
6.3.2 Variables de respuesta en el cultivo de col.....	31
6.4 Materiales y Equipos	32
6.5 Manejo de la investigación	32
6.5.1 Adecuación del terreno e implementación de cultivos de cobertura.....	32
6.5.2 Toma de muestras del suelo para análisis	33
6.5.3 Instalación del sistema de riego por goteo	33
6.5.4 Siembra de los cultivos de cobertura.....	33



6.5.5	Manejo de los cultivos de cobertura.....	34
6.5.6	Toma de datos antes del establecimiento del cultivo de col.	34
6.5.7	Establecimiento del cultivo de col.	34
6.5.8	Manejo del cultivo y toma de datos.....	35
6.5.9	Descripción de la toma de datos.....	36
6.5.10	Toma de datos en la cosecha de col	38
6.6	Procesamiento de los datos	39
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
7.1	Calibración del TDR GS3 (Decagon Devices, USA).....	40
7.2	Fechas de muestreos realizados.....	41
7.3	Variables edafológicas.....	42
7.3.1	Variables edafológicas medidas en fases durante la investigación	42
7.3.2	Variables edafológicas medidas semanalmente	59
7.3.3	Variable edafológica puntual	64
7.4	Variables de respuesta del cultivo de col.....	66
7.4.1	Variables del cultivo medidas semanalmente.....	66
7.4.2	Variables del cultivo puntuales.....	71
7.5	Discusión general (Consideraciones finales).....	78
8.	CONCLUSIONES.....	80
9.	RECOMENDACIONES	80
10.	BIBLIOGRAFÍA	81
11.	ANEXOS.....	89
11.1	Anexo 1. Tablas resumen de los estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables evaluadas.....	89
11.2	Anexo 2. Tablas resumen de los estadísticos descriptivos de las variables evaluadas.....	91



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de estudio de la investigación.....	28
Tabla 2: Esquema del ensayo de campo.....	29
Tabla 3: Materiales y equipos utilizados en la investigación.....	32
Tabla 4: Análisis efectuados antes del establecimiento del cultivo de col.....	34
Tabla 5: Datos semanales del cultivo de col.	37
Tabla 6: Ecuación de calibración para la parcela experimental con su coeficiente de determinación.	40
Tabla 7: Fechas de muestreos de las diferentes variables evaluadas en el presente estudio.	41
Tabla 8: Resultados del Anova de las variables edafológicas muestreadas en diferentes fases (preacolchado, precultivo y cosecha).....	42
Tabla 9: Comparaciones en parejas de Tuckey al 95% de confianza para la variable pH en la fase de precultivo.....	50
Tabla 10: Test de Kruskal-Wallis en la fase de cosecha de la variable riqueza de invertebrados.....	54
Tabla 11: Test de Kruskal-Wallis en la fase de cosecha de la variable riqueza de invertebrados.....	56
Tabla 12: Resumen de las macrofauna encontrada en los diferentes tratamientos en las dos fases del cultivo.	57
Tabla 13: Resultados de los Anovas de las variables edafológicas medidas semanalmente durante el desarrollo del cultivo.	59
Tabla 14: Análisis de la varianza para la variable Biomasa acumulada de malezas ...	64
Tabla 15: Comparaciones en parejas de Tuckey al 95% de confianza para la variable biomasa de malezas en la fase de precultivo.....	65
Tabla 16: Resultados del Anova de las variables medidas semanalmente en el cultivo de col.	66
Tabla 17: Análisis de la varianza para las variables del cultivo: nitrato de la hoja, longitud y volumen radicular y peso del repollo.....	71
Tabla 18: Test de Kruskal Wallis para las variables del cultivo que no cumplieron con el supuesto de normalidad de los datos.	71
Tabla 19: Comparaciones en parejas de Tuckey al 95% de confianza para la variable peso del repollo.	75



ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Delimitación de bloques en la parcela de estudio.	33
Imagen 2: Cultivos de cobertura implementados en la parcela de investigación.	34
Imagen 3: Plántulas de col trasplantadas en los sistemas de acolchado.	35
Imagen 4: Cultivo de col en el mes de enero del 2020.	36
Imagen 5 :Daños causado por (<i>Pieris brassicae</i>) izquierda y daños ocasionados por pulgón (derecha).	36
Imagen 6 : Toma de los datos semanales en el suelo y en el cultivo.	37
Imagen 7: Marco para el aforo de las malezas.	38
Imagen 8: Toma de datos de peso y diámetro del repollo, pérdida del cultivo (abajo).	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del área de estudio	28
Figura 2: Curva de calibración para el TDR GS3 obtenida del contenido de humedad del suelo para la parcela experimental.	40
Figura 3: Comportamiento de la densidad aparente del suelo muestreada en tres fases del cultivo.	44
Figura 4 : Comportamiento de la variable porosidad del suelo muestreada en tres fases del cultivo en los diferentes tratamientos.	46
Figura 5 : Contenido de materia orgánica en el suelo en las diferentes fases de muestreo.	48
Figura 6: pH medido en el suelo en las distintas fases del cultivo en los diferentes tratamientos.	49
Figura 7: Conductividad eléctrica en $\text{dS}\cdot\text{cm}^{-1}$ por tratamiento y fases en estudio.	51
Figura 8: Comportamiento del contenido de nitratos en el suelo en las distintas fases y en los diferentes tratamientos.	52
Figura 9: Riqueza de invertebrados medida en dos fases del cultivo en los diferentes tratamientos.	55
Figura 10: Índice de Shannon-Weiner medido en dos fases del cultivo en los diferentes tratamientos.	56
Figura 11: Ordenes taxonómicos de la macrofauna encontrada para los diferentes tratamientos en la fase preacolchado.	58
Figura 12: Ordenes taxonómicos de la macrofauna encontrada para los diferentes tratamientos en la fase acolchado.	58
Figura 13: Comportamiento de la temperatura del suelo muestreada a 10 cm de profundidad durante el desarrollo del cultivo de col.	60



Figura 14: Comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo medida a 10 cm de profundidad en los diferentes tratamientos durante el desarrollo del cultivo de col.	62
Figura 15: Comportamiento del contenido de agua del suelo expresado en (%) medida a 10 cm de profundidad en los diferentes tratamientos.....	63
Figura 16: Biomasa acumulada de malezas en los diferentes tratamientos.....	64
Figura 17: Comportamiento de longitud del tallo de cultivo de col en los diferentes tratamientos y control, expresado en cm.	67
Figura 18: Comportamiento del diámetro del tallo de col, bajo los tres tipos de acolchado y control, medido en cm.....	68
Figura 19: Contenido de clorofila en las hojas del cultivo de col durante el desarrollo del cultivo en los diferentes tratamientos.	69
Figura 20: Número de hojas acumulado durante el desarrollo del cultivo bajo los tres sistemas de acolchado y testigo.	70
Figura 21: Contenido de Nitrato en la savia de la col en repollamiento.....	72
Figura 22: Longitud de la raíz medida en cm en los diferentes tratamientos evaluados.	73
Figura 23: Volumen radicular expresado en cm^3 en los diferentes tratamientos evaluados.	74
Figura 24: Peso del repollo de col expresado en gramos en los diferentes tratamientos.	75
Figura 25: Días a la aparición del repollo de la col.....	76
Figura 26: Diámetro del repollo de col expresado en cm en los diferentes tratamientos de acolchado y control.	77



Cláusula de Propiedad Intelectual

Tania Paola Guartasaca Bueno, autora del trabajo de titulación "(Evaluación de estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la producción de col (*Brassica oleracea* L.) en un sistema de labranza reducida.)", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 28 de abril del 2021

Tania Paola Guartasaca Bueno

C.I: 0107391906



Cláusula de Propiedad Intelectual

María Gabriela León Aguilar, autora del trabajo de titulación “Evaluación de estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la producción de col (*Brassica oleracea* L.) en un sistema de labranza reducida.”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 28 de abril del 2021

María Gabriela León Aguilar

C.I: 0750422750



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Tania Paola Guartasaca Bueno en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la producción de col (*Brassica oleracea* L.) en un sistema de labranza reducida.", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de abril del 2021

Tania Paola Guartasaca Bueno

C.I: 0107391906



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

María Gabriela León Aguilar en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Evaluación de estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la producción de col (*Brassica oleracea L.*) en un sistema de labranza reducida**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de abril del 2021

María Gabriela León Aguilar

C.I: 0750422750



AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro en especial a mi tutor de tesis Ing. Agr. Eduardo Chica PhD.

Agradezco a mis amigos y amigas que siempre me han apoyado en cada situación, por brindarme su sincera amistad y estar conmigo en las buenas y en las malas (M, J, B, G).

Dedico este trabajo de tesis a mis padres Santos y Sonia, a mis hermanas Elizabeth, Denisse, Jenny, María y mi hermano Leonel.

Tania Paola Guartasaca

Gracias a mi familia por confiar en mí, por siempre anhelar lo mejor para mi vida. Son mi orgullo y les estaré eternamente agradecida. Gracias a Dios, no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a todos sus aportes, a su inmensa bondad, lo complicado de lograr esta meta se ha notado un poco menos.

Quiero agradecer a cada profesor que, durante este tiempo, además de sus conocimientos, me enseñaron el amor a la profesión. De manera especial agradezco a Ing. Eduardo Chica PhD quien siempre me orientó y apoyo en el trascurso de la realización de este tema de tesis y quien se ha convertido en un modelo a seguir en mi vida profesional.

Gratitud infinita con cada compañero de facultad, con cada amigo que demostró el verdadero valor de la amistad. A todos muchas gracias desde lo más profundo de mi corazón. Este logro no es sólo mío, también es de aquellos quienes día tras día estuvieron ahí conmigo impulsándome a seguir adelante.

Gabriela León



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

CC: Cultivo de cobertura

PDOT: Plan de desarrollo territorial

U.M: Unidad de muestreo

U.E: Unidad experimental

CE: Conductividad eléctrica

MO: Materia orgánica

Dap: Densidad aparente del suelo

NO₃: Contenido de nitrato



1. INTRODUCCIÓN

La agricultura afecta la base de su propio futuro debido a la degradación de los suelos causado por las diferentes actividades agrícolas realizadas como son el uso excesivo de maquinaria agrícola que compacta el suelo y de químicos tales como plaguicidas, herbicidas, y fertilizantes (Quintero, 2015). Su mal uso por la sobredosificación en las aplicaciones por partes de los agricultores provoca daños a mediano y largo plazo tanto para su salud como para el ambiente. El suelo al actuar como filtro y amortiguador de los compuestos contaminantes ocasiona que los daños no sean visibles hasta una fase muy avanzada del deterioro del mismo. De este modo se está poniendo en riesgo la capacidad de recuperación del suelo cuyos efectos podrían ser irreversibles para el funcionamiento sostenible del ambiente (Pacheco, 2015).

Bajo esta consideración, se busca diversos mecanismos para adaptarse al manejo sostenible de los recursos, debido a que el suelo constituye la base de las actividades del hombre dirigidas al aprovechamiento de su potencial productivo (Rodríguez, 2012). En la búsqueda de alternativas el uso de cultivos de acolchado es una opción a considerar. Como menciona Najul y Anzalone (2006) del uso de cultivos de coberturas (CC) en diferentes formas se derivan efectos de tipo físicos, como la reducción de la emergencia de malezas, disminución de la evaporación, control de la escorrentía, erosión, temperatura y mejoramiento de la estructura del suelo; otros de tipo químico, como el aumento en el contenido de materia orgánica, incremento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y por último efectos de tipo biológicos, destacando el incremento en la actividad de micro y macro organismos del suelo.

En el Ecuador los sistemas de producción agrícola han ido evolucionando hacia ciclos agrícolas cada vez más largos e incluso, en algunas zonas, hacia la agricultura continua. Más recientemente las hortalizas y pastos se han transformado en los cultivos más importantes de la región sur bajo sistemas de producción tradicionales. En este sentido, los cultivos de acolchado son una herramienta agronómica ideal para el mejoramiento de la calidad del suelo.

Entre las hortalizas la col cubre un rubro importante al ser una de las más demandadas en el mercado, se cultivan alrededor de 9000 hectáreas de esta



hortaliza (Vargas et al., 2014). Las variedades más cultivadas son la col de repollo, china y morada. La col posee diversas propiedades entre ellas se encuentran los compuestos llamados glucosinolatos, estos son metabolitos secundarios que pueden verse afectados por distintos factores como el tipo de suelo, la luz, la temperatura, la densidad de plantas e incluso al abuso de aplicación de fertilizantes. Además, su rendimiento y calidad se ve afectada por las malezas que afectan en forma directa, al competir por espacio, agua, luz, nutrimentos y en forma indirecta al ser hospederos de plagas y enfermedades disminuyendo su rendimiento hasta en un 50 % (Talavera y Padilla, 2000).

Por tanto, los CC deben ser introducidos para traer beneficios económicos al agricultor, ya que es una práctica en donde se puede aprovechar la cobertura vegetal, para mejorar la fertilidad del suelo, disponibilidad de nutrientes, control de plagas y malezas que pueden afectar a los cultivos de alto valor económico.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región sur del Ecuador la agricultura se ha intensificado durante los últimos 50 años en respuesta al crecimiento poblacional, redistribución de tierras e implementación de reformas agrarias. Provocando la desprotección de la cobertura vegetal y el deterioro de los suelos debido a las prácticas agrícolas inadecuadas, afectando la productividad del mismo (Suquilanda, 2008).

La producción agrícola y por ende la producción pecuaria depende de manera indiscutible de la fertilidad del suelo, según el III Censo Nacional Agropecuario el 47% de la superficie del país o sea 12'355.831 hectáreas son destinadas a la producción agropecuaria, y 6'333.000 hectáreas constituyen el área agrícola potencial (SICA, 2002).

El uso indebido de la mecanización agrícola, y de los agroquímicos, entre ellos plaguicidas y los propios fertilizantes químico-sintéticos, ocasionan impactos negativos en el suelo de cultivo, donde el mayor problema es la pérdida de la capa superficial del suelo afectado la calidad del mismo (Suquilanda, 2008).

La pérdida de la cubierta vegetal altera las condiciones naturales del ecosistema en los cuales se forman los suelos, y la compactación de los suelos llevan a una pérdida significativa de la permeabilidad incrementando la susceptibilidad a la degradación sistemática de los ecosistemas (Morales, 2005). El principal efecto de la degradación es la pérdida irreversible de la estructura, y a su vez la pérdida del contenido de materia orgánica (y con ella el carbono orgánico existente en el suelo), de modo que este medio pierde su capacidad para actuar como sumidero del carbono (Gabathuler et al., 2009).

Adicionalmente se debe considerar los efectos a largo plazo de la desprotección de los suelos, como son los desequilibrios en las cadenas tróficas, la acumulación paulatina de toxinas y la desaparición paulatina de la micro flora del suelo que actúa como reguladora natural de las diferentes interacciones. (Asanza y Barahona, 2015)



3. JUSTIFICACIÓN

En Cuenca la producción hortícola es desarrollada en la zona periurbana, según el PDOT (2011) San Joaquín, es una de las parroquias de la ciudad con mayor producción en donde el 85,71% de la comunidad de la parte céntrica siembra hortalizas. Jaramillo y Díaz (2006) indican que las crucíferas, abarcan gran parte de esta producción hortícola total, tanto por el área sembrada, como por el valor de su producción, la col o repollo se encuentra en el grupo de mayor importancia económica.

La progresiva demanda de repollos sanos y de calidad a nivel local e internacional ha conllevado a esforzarnos cada día promoviendo nuevas técnicas de manejo debido a un sinnúmero de limitaciones que se presentan en la producción por el deterioro de los suelos. El uso de la tierra y prácticas adecuadas de manejo de suelos y cultivos, pueden hacer a los suelos más resistentes contra los efectos de cambios climáticos y de los eventos extremos asociados. Como una medida de manejo para evitar dichos problemas tenemos los cultivos de acolchado, los cuales pueden producir mejoras en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Weston, 1996). Existe una gran cantidad de literatura disponible sobre los efectos de algunos cultivos utilizados como cobertura como son la avena y vicia.

Lo mencionado se enmarca dentro del Plan Nacional de Desarrollo cuyos lineamientos territoriales para cohesión territorial con sustentabilidad ambiental y gestión de riesgos, propone fomentar prácticas agroecológicas que favorezcan la recuperación de los ecosistemas, sostener la soberanía alimentaria y conservar la agrobiodiversidad existente.

Por este motivo hemos decidido realizar el presente estudio para evaluar los posibles beneficios que podrían proveer los sistemas de cobertura en cultivos hortícolas puesto que el acolchado del suelo constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce contaminación del medio (suelo o aguas subterráneas) por productos fitosanitarios ni ocasiona problemas de degradación y mejora las propiedades del suelo.



4. OBJETIVOS

4.1. General

Evaluar tres estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la producción de *Brassica oleracea* en un sistema de labranza reducida.

4.2. Específicos

- Evaluar el desarrollo del cultivo y su rendimiento bajo las tres estrategias de manejo de cultivo de acolchado.
- Caracterizar el desarrollo de vegetación espontánea y macrofauna de invertebrados asociada a cada estrategia de manejo.
- Caracterizar las propiedades físicas (porosidad, estructura, densidad) y químicas (nitratos, C.E, pH) del suelo en cada una de las estrategias de manejo de cultivos de acolchado.

4.3 Hipótesis planteadas

4.3.1 Hipótesis Nula

La utilización de cultivo de acolchado natural de avena (*Avena sativa* L.) y vicia (*Vicia sativa* L.) no difieren en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.), la macrofauna de invertebrados, las propiedades del suelo y la incidencia de malezas.

4.3.2. Hipótesis Alternativa

Las estrategias de cultivos de acolchado (Avena, Vicia y Avena + Vicia) mejoran las propiedades del suelo, por ende, mejora el rendimiento del cultivo y la macrofauna de invertebrados, y disminuyen la incidencia de malezas en el cultivo.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La producción de hortalizas en el Ecuador es una alternativa de sustento económico para pequeños y medianos agricultores por la gran diversidad de hortalizas existentes lo cual permite una mayor seguridad en la comercialización al provechar distintos puntos de mercado (Proaño y Lacroix, 2013). En el Ecuador esta actividad hortícola, está concentrada en su gran mayoría en la región sierra debido a sus condiciones climáticas, edáficas y sociales, existiendo 123070 hectáreas destinadas al cultivo de hortalizas y siendo las principales provincias productoras Tungurahua, Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi y Azuay (Cunuhay y Vivas, 2015). Azuay cultiva alrededor de 4900 hectáreas de



hortalizas entre las más cultivadas esta la lechuga, brócoli, tomate riñón, col, etc. (Sánchez, 2017).

Rea (2012) menciona que el cultivo de la col se ha convertido gradualmente en un producto de importancia económica ocupando una superficie de 9000 ha con una producción de 11637 Tm en todo el Ecuador. La producción de esta hortaliza se da en escala aun pequeña, sin embargo, la demanda aumenta debido a su alta calidad. Se cultivan varias variedades entre ellas la col blanca, col morada, col Milán.

Este cultivo se lo realiza a lo largo de la región andina entre los 1500 a 2800 m.s.n.m. debido a las condiciones de suelo y clima que presenta esta región para la producción de hortalizas (Guambo, 2010). Aunque las condiciones de clima y suelos para la agricultura en esta región del Ecuador sean favorables, estos suelos cultivados en su mayoría son suelos de ladera con pendientes superiores a 12%, y constituyen una grave problemática ambiental debido a la intervención antrópica a la que son sometidos (Santos y Castro, 2012).

Según el plan nacional de desarrollo “Toda una vida”, en la provincia del Azuay existe contaminación del recurso hídrico, esto debido principalmente a la producción agropecuaria, sobreutilización, deforestación y déficit hídrico. La escasez de suelos aptos para la agricultura genera niveles de producción bajos que afectan directamente las condiciones de vida de la población (Senplades, 2017).

Justamente la formación que tuvieron estos suelos andinos de origen volcánico ha originado formaciones edafológicas con características físicas y químicas que impiden su labranza lo que provoca varios problemas ambientales (Palacios et al., 2018). La preparación de estos suelos para la agricultura generalmente se realiza con sistemas de labranza mecánica y a favor de la pendiente (Santos y Castro, 2012).

Estas técnicas de labranza y preparación del suelo inadecuada deterioran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando el deterioro de la calidad del suelo y una baja productividad agrícola (FAO, 2015). Dependiendo de la labranza aplicada esta puede reducir en un 80% los organismos que habitan el suelo según investigaciones realizadas (McGuire, 2018).



Por otra parte, la labranza convencional afecta severamente los macroporos, encargados de facilitar las interconexiones para un adecuado movimiento del agua infiltrada a través del perfil, y de propiciar un espacio adecuado para el crecimiento de las raíces de las plantas. La labranza convencional además provoca el aumento de la densidad de los suelos y afecta la capacidad de retención del agua e induce la compactación (Novara et al., 2018).

La intensidad de las operaciones de labranza tiende a la deformación del arreglo de poros del suelo y en consecuencia eleva la densidad aparente y disminuye su estabilidad estructural; así mismo, factores como el contenido de materiales orgánicos, la textura y el origen del suelo determinan los valores que puede tomar la densidad aparente (Hernández y Vélez, 2010).

Otro de los problemas que conlleva la preparación del suelo de estas zonas es la erosión, un estudio realizado estima que el 50% del suelo cultivado en el Ecuador está alterado por este tipo de degradación del suelo y que el 15% corresponde al callejón interandino y a las vertientes que lo rodean, en alturas que van desde los 1500 a 3000 m.s.n.m. (Noni y Trujillo, 2010).

Según Córdova y Valverde (2002), la cantidad de suelo removido se incrementa con la pendiente del terreno, por ejemplo, a 25 grados de pendiente se obtiene un flujo de suelo de 77,6 t/ha con un sistema de labranza de discos en la provincia de Carchi. Otro estudio realizado en la misma provincia determina que mediante la labranza con arado de discos hay una tasa de erosión de 40 t/ha/año. Este volumen de tierra removido en la preparación del terreno ocasiona la continua reducción y por ende la desaparición de la capa arable del suelo disminuyendo el potencial productivo.

La reducción de la capa superficial del suelo y el contenido de materia orgánica ocasiona compactación, una pérdida de estructura, y estabilidad del suelo (Paustian et al., 1999). Además, el uso intensivo de la labranza convencional contribuye a la emisión de Carbono, el cual al exponerlo a la intemperie se oxida y se transforma en bióxido de carbono que forma parte de los gases de tipo invernadero causantes del calentamiento global (Báez y Aguirre, 2011).

Por otro lado, el riego aplicado en las condiciones de suelo desnudo constituye otro problema ya que el agua no se acumula y genera compactación y a la vez



salinización del suelo que generan deficiencias de nutrientes, estimándose una disminución de rendimiento entre el 16 y 27%. La cantidad de agua que puede retener el suelo varía con la textura, el contenido de materia orgánica, la profundidad del enraizamiento y la estructura. Por esto la cantidad de materia orgánica que presente un suelo es de vital importancia ya que puede retener agua cerca de 20 veces su peso. Así también, la profundidad de enraizamiento es vital debido a que mientras mayor sea esta, mayor será la cantidad de agua disponible para el cultivo, lo que resulta muy importante para cultivos anuales quienes debido a su fenología no desarrollan raíces profundas y extensas (FAO, 1999).

Todos estos problemas de la labranza convencional y prácticas inadecuadas conllevan como se señaló al deterioro de los suelos. Esto provocará la expansión de fronteras agrícolas lo cual será limitada debido que en gran parte las tierras de buena o mediana calidad ya han sido ocupadas, y las áreas cultivadas por ende serán suelos con dificultades lo cual se evidenciará en los rendimientos y economía de la producción agrícola. (FAO, 1999).

Es por esto que existen varias técnicas que promueven la conservación, recuperación, protección y mejoramiento del recurso suelo. Una de estas alternativas es la labranza de conservación, la cual consiste en un conjunto de técnicas que permiten detener los efectos nocivos del laboreo sobre las características físicas y químicas del suelo, permitiendo recuperar la productividad del mismo. (López, 2010)

La FAO (2000) señala que la agricultura de conservación se basa en tres principios:

1. Suelo permanentemente cubierto.
2. Movimiento mínimo del suelo.
3. Rotación de cultivos.

Estos principios nos conducen a la creación de sistemas sostenibles de producción los cuales utilizan la capacidad de producción del suelo a través del uso racional de insumos, permitiendo recuperar las funciones de este como



regulador de los procesos, para mejorar y mantener su productividad (Caicedo et al., 2004).

El uso adecuado de labranzas de conservación puede reducir las pérdidas del suelo y agua en un 20% y 50% respectivamente (Rodríguez, 2015). Según Báez y Aguirre (2011) la fertilidad del suelo incrementa con los sistemas de labranza de conservación, existiendo valores dos veces mayor de carbono orgánico y nitrógeno en labranza cero en comparación a la labranza convencional. La labranza de conservación incluye labranza cero, labranza mínima y labranza reducida, la utilización de alguna de estas labranzas dependerá del tipo de clima y suelo y de la decisión que tome el productor en el sitio en donde se establecerá el cultivo (Rodríguez, 2008).

La labranza mínima se refiere a la escasa manipulación del suelo para la siembra de un cultivo. La labranza cero o siembra directa suprime malezas y restaura la fertilidad del suelo debido a que la siembra del cultivo se da sobre residuos de cosecha que no son removidos. Mientras que la labranza reducida hace referencia a la reducción del número de labores de preparación del suelo dejando la cobertura del cultivo anterior y permite la corrección de limitantes físicas y químicas del suelo (Caicedo et al., 2004).

Este sistema de labranza de conservación mantiene por lo menos un 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos de cultivos (rastrojo) después de la siembra. Los residuos pueden provenir de un cultivo forrajero, de un cultivo de cobertera, de un grano pequeño o de un cultivo en hilera (Riquelme, 2003).

Los beneficios que brindan los cultivos de cobertura son la protección del suelo, la captura y prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, fijación de nitrógeno por parte de leguminosas, incremento del carbono del suelo, disminución de la temperatura del suelo, incremento de la diversidad biológica y supresión de malezas y plagas. También, los cultivos de cobertura forman agregados más estables del suelo y ayudan a una mejor aireación, disminuyendo así la densidad del suelo lo que beneficia al crecimiento de las plantas. (FAO, 2002)

No obstante según la FAO (1999) al aplicar una cobertura primero se debe analizar el suelo debido a que si este presenta una superficie muy degradada, con porosidad baja, los efectos de la cobertura serán momentáneos y limitados,



en por esto que primero debemos recuperar la porosidad superficial antes de aplicar la cobertura, esto mediante una labranza del suelo para romper costras, capas duras subsuperficiales, seguido por un periodo de barbecho bajo cultivo de cobertura para propiciar la formación y estabilización de la porosidad del suelo.

Los cultivos de cobertura presentan otras funciones entre ellas la reducción de costos, debido a que se reduce el consumo de insumos externos como herbicidas, fertilizantes y mano de obra ocupado para el deshierbe. Reduce también la pérdida de la biodiversidad por el quemado y mejora la infiltración del agua, lo que a su vez reduce la inundación y sedimentación (Pound, 1997).

Generalmente los cultivos de cobertura pueden ser anuales sembrados en el período que no se establece el cultivo comercial y son destruidos antes de la siembra de dicho cultivo, o pueden ser coberturas vivas que crecen al mismo tiempo que el cultivo comercial durante una etapa o todo el ciclo fenológico del cultivo aprovechable (Caicedo et al., 2004). El desafío de estos cultivos de cobertura es mantener la gran cantidad de ventajas sin reducir el rendimiento del cultivo comercial, ya que el cultivo de acolchado compite con el cultivo principal por agua, nutrientes, espacio y luz solar (Ruiz y Molina, 2014).

Además, la aplicación de esta técnica en rotaciones de cultivos a pequeña escala es un desafío actualmente ya que la producción de hortalizas se da en espacios limitados y los pequeños agricultores buscan maximizar su rendimiento con cultivos tempranos y tardíos. Y las investigaciones de los cultivos de cobertura no son los adecuados para los pequeños sistemas de producción al no implementar prácticas de manejo específicas para agricultores orgánicos a pequeña escala debido a la dependencia de herbicidas para suprimir las coberturas (Pound, 1997).

Sin embargo, en los últimos años el establecimiento de hortalizas trasplantadas en sistemas de labranza de conservación ha resultado en una mayor estabilidad de rendimiento, igual o superior al que se presentan en la labranza convencional. Y debido a las numerosas ventajas de los cultivos de cobertura su utilización es cada vez mayor (Santos y Castro, 2012).



En efecto Infante y Morse (1996), realizaron un estudio en Blacksburg, Estados Unidos en donde evaluaron el rendimiento de brócoli trasplantado en acolchados vivos sin y con labranza, las leguminosas utilizados de acolchado fueron trébol rojo, trébol blanco y vicia. Ellos obtuvieron un mayor porcentaje de biomasa de las leguminosas plantadas que malezas en el sistema de no labranza y a la vez los rendimientos de brócoli fueron superiores y similares a los rendimientos en la labranza convencional. Este aumento del rendimiento fue atribuido a la mayor supresión de malezas existente y al menor estrés sufrido por humedad en el cultivo en los sistemas de no labranza. Esto evidencia que los sistemas de no labranza suprimen eficazmente las malezas y estos sistemas son prometedores para el control de malezas a medida que se avanza hacia el desarrollo de una agricultura más sostenible.

Otro estudio realizado por Frutos et al., (2016) en brócoli con acolchados de avena, vicia, maíz y caña de azúcar, incorporados una semana antes de la siembra expandidos directamente para su proceso de descomposición, evidenció un mayor rendimiento del cultivo con acolchado de vicia (*Vicia sativa* L.) ya que consiguió un aumento en la producción y un control eficiente de malezas.

Leary y DeFrank (2000) señalan que la selección de un cultivo de acolchado adecuado que minimice la competencia con el cultivo comercial es fundamental para minimizar las pérdidas de rendimiento y obtener el máximo beneficio de los sistemas de no labranza. Los acolchados vivos brindan un control efectivo de las malezas principalmente al eliminarlas; sin embargo, esto también puede hacer que el cultivo de acolchado compita con el cultivo comercial, lo que requiere estrategias de manejo para reducir la competencia entre los mantillos vivos y los cultivos comerciales.

En cualquier sistema de acolchado vivo, será importante elegir cultivos de cobertura que se establezcan rápidamente para el control de malezas al comienzo de la temporada, pero que también puedan tolerar el corte. Un hábito de crecimiento lento o bajo que minimice la competencia con el cultivo primario sería otra estrategia para estos sistemas de conservación. Según Galeana, García, Flores, y Santos (1999), el uso de leguminosas como cobertura con baja relación C/N es mejor que el de las gramíneas, por la rápida descomposición y



liberación de nutrimentos, sin embargo, la cobertura de gramíneas incrementa el contenido de MO y, además, mejora la estructura del suelo por el tipo de desarrollo de su sistema radical.

Una cobertura de leguminosas adaptada a la zona en donde se desarrolle recupera la porosidad del suelo de manera acelerada en comparación a la vegetación natural, debido que produce mayor biomasa recuperando el suelo en un año a comparación de la vegetación natural que le toma de 3 a 5 años (FAO, 1999). La vicia es una especie de leguminosa que presenta beneficios como cultivo antecesor del cultivo de maíz debido a su capacidad de fijar N atmosférico, lo cual contribuye a una disminución de los fertilizantes nitrogenados. Acosta et al., (2011), señala que la asociación de sistemas de siembra conservacionistas con el uso de leguminosas como cultivo predecesor proporciona mayor nitrógeno al maíz siendo el efecto inmediato en un ciclo del cultivo.

Otro de los cambios en las propiedades del suelo a corto plazo lo señala Furlán (2011) en su estudio, el cual demuestra que la materia orgánica particulada muestra cambios y refleja mejor que la materia orgánica total las variaciones experimentadas por el suelo en función de los diferentes tratamientos. Además, afirma que los cultivos de cobertura invernales mediante el sistema radicular y el contenido de materia orgánica mejoran la estabilidad de los agregados teniendo un efecto positivo en la estructura del suelo.

Los estudios de Kladivko (1994) indican que a medida que aumenta la dosis de paja (tamo) de arroz aplicada a la superficie en Nigeria, aumentan la infiltración del agua y los macros y meso poros del suelo, al igual que disminuyen la densidad aparente y los micro poros. Estos cambios en las propiedades físicas de los suelos pudieron ser determinados después de seis meses de aplicados los tratamientos.

Según Heríquez (2014), al evaluar el efecto de distintos tipos de acolchado orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del cultivo de lechuga durante tres ciclos del cultivo, obtuvo que la estabilidad estructural mejoró con los cultivos de acolchado en el primero ciclo del cultivo de



lechuga, mientras que otras variables evaluadas como la temperatura del suelo obtuvo diferencias significativas a partir del segundo ciclo del cultivo.

Los cultivos de acolchado modifican el balance de energía que llega al suelo lo que produce que las fluctuaciones de temperatura disminuyan principalmente a los 15 cm de profundidad, Walsh et al., (1996), en su estudio indican que la paja mantiene una temperatura más constante que el suelo desnudo. Así también, en un estudio realizado en un cultivo de maíz en asocio con leguminosas como cultivos de cobertura realizado en Honduras por Jiron (1997), demostró cambios significativos entre los tratamientos evaluados encontrando que el tratamiento testigo sin cobertura presentó las más altas temperaturas y el menor contenido de humedad que los asociados del maíz con leguminosas.

El aumento de la temperatura y a la vez de la conservación de la humedad del suelo favorece la mineralización del suelo generando una mayor disponibilidad de nutrientes y materia orgánica, esto favorece el desarrollo y la actividad de diversos microorganismos que se encuentran en el suelo, ayudando también a mantener una temperatura constante para garantizar su actividad. Así Ghosh et al., (2006), evidencia que el acolchado de paja de trigo genera hábitats favorables para los microorganismos del suelo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en parcelas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, en el sector Yanuncay, provincia del Azuay. La localidad se encuentra ubicada a 2560 m.s.n.m., entre 2°55'14.3" de latitud sur y 79°01'32.2 de longitud oeste.

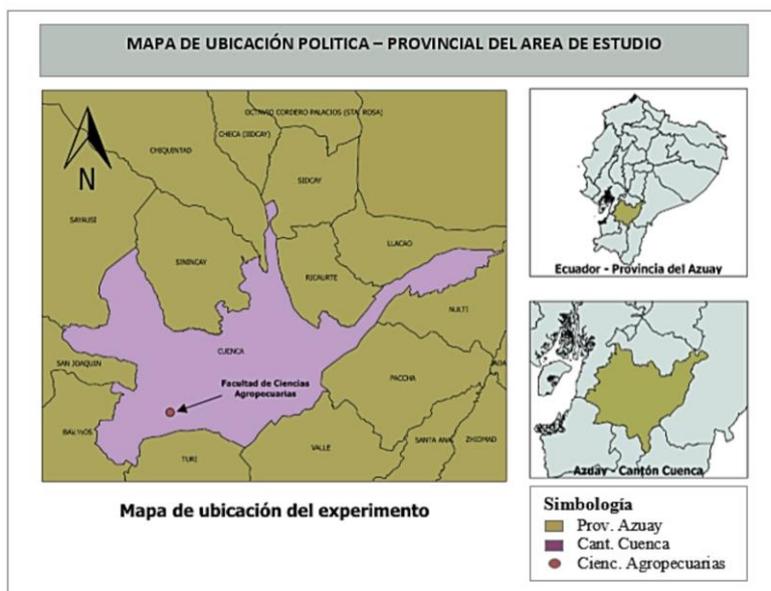


Figura 1: Mapa del área de estudio

6.2 Características de diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, formado por tres tratamientos y un testigo. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, distribuidas al azar. Cada repetición estuvo conformada por 12 plántulas de col.

6.2.1 Factor de estudio

Tabla 1: Factores de estudio de la investigación.

Acolchado	Tratamiento
Avena	T1
Vicia	T2
Avena + Vicia	T3
Natural (sin acolchado)	T4

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Las especificaciones del diseño del experimento se detallan a continuación:
Número de plantas por unidad experimental: 12 plantas.



Unidad de muestreo (U.M): 5 plantas por unidad experimental por efecto de borde.

Número de unidades experimentales (U.E): 20 unidades experimentales.

6.2.2 Esquema en campo del diseño experimental

Tabla 2: Esquema del ensayo de campo.

T2	T3	T4	T1	T3
T1	T4	T2	T3	T1
T4	T1	T3	T2	T4
T3	T2	T1	T4	T2
B1	B2	B3	B4	B5

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.3 Descripción de las Variables Evaluadas.

6.3.1 Variables de Respuesta en el suelo (Edafológicas)

Densidad aparente del suelo (D_{Ap}) (g/ cm⁻³): la densidad fue medida mediante el método del cilindro antes del establecimiento del cultivo de cobertura, antes del trasplante del cultivo de col y después de la cosecha. Se obtuvo muestras en todas las repeticiones de cada tratamiento.

Porosidad (%): la porosidad fue determinada mediante el dato de la densidad aparente del suelo y la densidad real, antes del establecimiento del cultivo de cobertura, antes del trasplante del cultivo de col y después de la cosecha.

Materia orgánica (MO) (%): el contenido de materia orgánica fue determinado mediante el método de incineración. Esta variable se analizó en las tres fases siguientes antes del establecimiento del cultivo de cobertura, antes del trasplante del cultivo de col y posterior a la cosecha en las unidades experimentales.

Estructura: la determinación de la estructura del suelo fue evaluada mediante observación directa con la ayuda de la Guía para la Descripción de Suelos (FAO, 1990, pag. 45-49). Fue medida antes del establecimiento del cultivo de col y posterior a la cosecha.

pH: el pH del suelo fue medido con un pH-metro. Esta variable se analizó antes del establecimiento del cultivo de cobertura, antes del trasplante del cultivo de col y posterior a la cosecha.



Conductividad eléctrica del suelo (CE) ($\text{dS}\cdot\text{cm}^{-1}$): esta variable fue analizado con un conductímetro antes del establecimiento del cultivo de cobertura, antes del trasplante del cultivo de col y posterior a la cosecha. Y con el TDR fue medida semanalmente en el sitio señalado dentro de cada U.E durante el desarrollo del cultivo de col.

Contenido de nitrato (NO_3) (ppm NO_3): este dato fue tomado antes del establecimiento del cultivo de cobertura, antes del trasplante del cultivo de col y posterior a la cosecha con la ayuda de un medidor de ion selectivo marca Oriba.

Macrofauna de invertebrados: para el muestreo de la macrofauna edáfica se realizó hoyos de $25\times 25\times 20$ cm según la Metodología del programa de Investigación Internacional "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical" o TSBF (Anderson e Ingram, 1993). El método de registro de la macrofauna fue por observación directa. Con los registros se determinó el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Esta variable fue tomada antes del establecimiento del cultivo de cobertura y a la cosecha de la col.

Con los registros se determinó:

-Riqueza específica (S) que determina el número de especies observadas o esperadas.

-Índices de diversidad Shannon-Weiner que determina la riqueza específica ajustada por la abundancia de cada especie por medio de la siguiente formula (Anantharam, 1996):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

En donde:

H' = Índice de Shannon-Weiner

p_i = Abundancia relativa

\ln = Logaritmo natural

Contenido volumétrico del agua (%): se midió semanalmente en el sitio señalado dentro de cada U.E durante el desarrollo del cultivo de col con un TDR.



Temperatura ($^{\circ}\text{C}$): se midió semanalmente en el sitio señalado dentro de cada U.E durante el desarrollo del cultivo de col con un TDR.

Biomasa de malezas: se analizó la cobertura de malezas 2 veces en el ciclo del cultivo, para ello se realizó un marco del tamaño de la cama de cada U.E y dentro del marco se recogió las malezas en una bolsa para su respectivo secado y pesado. Los sitios en donde se procedió a realizar el aforo fueron señalados para las tomas posteriores.

6.3.2 Variables de respuesta en el cultivo de col

Contenido de nitrato en la hoja (NO_3) (ppm NO_3): este dato fue tomado a inicios del repollamiento del cultivo en las unidades de muestreo con la ayuda de un medidor de ion selectivo marca Oriba.

Clorofila: con la ayuda de un medidor de clorofila marca Optizine se tomó los datos semanalmente en las unidades de muestreo durante el desarrollo del cultivo.

Longitud del tallo (cm): esta variable fue medida semanalmente con una regla graduada en centímetros en las plantas de unidades de muestreo durante el desarrollo del cultivo. La medida se tomó desde la base de la planta hasta el ápice del último foliolo.

Diámetro del tallo (cm): se midió semanalmente con un calibrador en las unidades de muestreo de cada unidad experimental durante el desarrollo del cultivo. La medida fue tomada en el centro de la altura de la planta.

Número de hojas: para esta variable se contaron el número de hojas existentes de cada planta marcada. Este dato fue contabilizado semanalmente durante el desarrollo del cultivo en las unidades de muestreo.

Longitud de la raíz (cm): para la obtención de esta variable se cavó un hoyo alrededor de la planta de la col para obtener todo el radio de raíz y proceder a tomar la foto respectiva para el cálculo de la longitud en el programa ImageJ. Este procedimiento se realizó en cada unidad de muestreo de las repeticiones de cada tratamiento.

Volumen radicular (mL): el cálculo de esta variable se obtuvo en base al principio de Arquímedes. Se procedió a cortar el repollo y dejar solamente el tallo con las



raíces. Las raíces fueron lavadas para sumergirlas en un recipiente con agua en el cual se conoce el volumen. Al sumergir las raíces el volumen de agua desplazada se midió para el cálculo del volumen radicular. El volumen desplazado es igual al volumen radicular. Este procedimiento se realizó en las unidades de muestreo de la col de cada unidad experimental.

Días a la aparición del repollo: se contabilizó los días después del trasplante a la aparición del repollo en las unidades de muestreo.

Peso de la col (g): el peso del repollo fue medido con una balanza en gramos en las unidades de muestreo de cada tratamiento.

Diámetro de la col (cm): el diámetro del repollo fue medido con la ayuda de una cinta en las unidades de muestreo de cada tratamiento.

6.4 Materiales y Equipos

Tabla 3: Materiales y equipos utilizados en la investigación.

FÍSICOS	QUÍMICOS	BIOLÓGICOS
Flexómetro, Conductímetro, Cilindros, TDR, Medidor de clorofila (Optizine), Medidor de nitrato de ion selectivo (Oriba), Fundas, Palas, Azadillas, Rastrillos, Mangueras, Regaderas, Bandejas de germinación, Calibrador, Balanza, pHmetro, Piola, Cuaderno de campo, Marcador, Bandejas, Letreros, Estacas, Rotavator, Estufa, Cámara fotográfica,	Glifosato Fertilizantes	Semillas de avena, vicia, col

Elaboración: Guartasaca, T; León, G.

6.5 Manejo de la investigación

6.5.1 Adecuación del terreno e implementación de cultivos de cobertura

Para iniciar se removió el suelo con azadillas, luego se procedió a pasar el rotavator por toda la parcela para mullir el suelo e incorporar los rastrojos del cultivo anterior. Se niveló el terreno y al mismo tiempo se realizó la parcelación luego de medir el largo y ancho del terreno para realizar las divisiones de cada bloque. Finalmente, como lo muestra la Imagen 1, se realizó la limpieza de bordes y caminos dejando bien trazado el diseño del ensayo de campo. El área de la parcela total fue de 72 m² y cada U.E de 3 m².



Imagen 1: Delimitación de bloques en la parcela de estudio.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.5.2 Toma de muestras del suelo para análisis

Se recolectó 20 muestras correspondientes a cada unidad experimental de cada tratamiento para el análisis de las variables del suelo previas al establecimiento de los cultivos de cobertura. Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

6.5.3 Instalación del sistema de riego por goteo

Para la instalación del sistema de riego se contó con la asesoría del tutor de tesis. Se procedió a instalar las mangueras en la tubería principal de un sistema de riego anterior de la parcela, se desplegaron dos mangueras laterales por cada bloque cubriendo el área de las unidades experimentales.

6.5.4 Siembra de los cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura para los diferentes tratamientos se sembraron al voleo el 5 de agosto del 2019, la densidad de siembra utilizada fue la recomendada en diversos artículos, para avena fue una dosis de 30 gramos (g) por U.E y en vicia se sembró 15 g por U.E, equivalentes a una dosis de siembra 100 y 50 kg/ha respectivamente, para el tratamiento de avena y vicia se sembró la combinación de las dos densidades utilizadas.

6.5.5 Manejo de los cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura permanecieron durante 11 semanas, estos fueron cuidados semanalmente verificando su riego y crecimiento, luego se les aplicó el herbicida [Glifosato] en dosis comercial para la muerte del cultivo dejando que empiece su proceso de descomposición por 45 días.



Imagen 2: Cultivos de cobertura implementados en la parcela de investigación.
Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.5.6 Toma de datos antes del establecimiento del cultivo de col.

Antes de la siembra de la col se muestreo cada unidad experimental para realizar los respectivos análisis (Tabla 4).

Tabla 4: Análisis efectuados antes del establecimiento del cultivo de col.

Físicos	Químicos
Porosidad	MO
Estructura	pH
D _{Ap}	CE _a
	NO ₃

Elaboración: Guartasaca, T; León, G.

6.5.7 Establecimiento del cultivo de col.

Se realizó semilleros de col con semillas certificadas en el invernadero de la F.C.A, las plántulas fueron trasplantadas el 18 de noviembre del 2019, al momento del trasplante tenían 9 semanas y 2 hojas verdaderas.

Previo al trasplante de las coles se volcó el cultivo de cobertura encima de las camas simulando un colchón. Las plántulas de col se sembraron en hileras dobles a un distanciamiento de 50 * 50 cm. En el tratamiento testigo se procedió al deshierbe antes del trasplante.

Al momento de la siembra se realizó una fertilización localizada es decir a cada planta se le colocaron 5 g de NPK.



Imagen 3: Plántulas de col trasplantadas en los sistemas de acolchado.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.5.8 Manejo del cultivo y toma de datos

El cultivo de col fue regado semanalmente conforme a las necesidades del cultivo de manera equitativa para todos los tratamientos.



Imagen 4: Cultivo de col en el mes de enero del 2020.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron problemas de pulgón (*Brevicoryne brassicae*) y de la oruga de la col (*Pieris brassicae*) como se observa en la Imagen 5. Para su control se realizó la aplicación del insecticida Confidor que es a base de Imidacloprid, en dosis de 2 mililitros (mL) por litro de agua. En total se realizaron 3 aplicaciones en el cultivo.



*Imagen 5 :Daños causado por (*Pieris brassicae*) izquierda y daños ocasionados por pulgón (*Brevicoryne brassicae*) derecha).*

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.5.9 Descripción de la toma de datos

Los datos semanales que se evaluaron durante el desarrollo del cultivo se muestran en la Tabla 5, estos datos fueron tomados todos los lunes a horas de la mañana (9:00- 12:00). Los puntos donde se tomó los datos referentes al suelo fueron marcados para la toma posterior en el mismo sitio (Imagen 6) y las plantas

muestreadas para los datos del cultivo de igual forma fueron señaladas. Cuando el cultivo inició la fase de repollamiento se dejó de tomar los datos de respuesta en el cultivo. Además, a inicios del repollamiento se realizó otra fertilización.

Tabla 5: Datos semanales del cultivo de col.

Suelo	Cultivo
Contenido volumétrico del agua	Longitud y Diámetro del tallo
Temperatura	Número de hojas
CE	Contenido de clorofila.

Elaboración: Guartasaca, T; León, G.



Imagen 6 : Toma de los datos semanales en el suelo y en el cultivo.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Juntamente durante el desarrollo del cultivo se realizaron 2 deshierbes de toda la parcela. Antes de cada deshierbe se analizó la cobertura de malezas. Para

ello se marcó el sitio dentro de cada unidad experimental para realizar el aforo de las malezas (Imagen 7).



Imagen 7: Marco para el aforo de las malezas.
Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.5.10 Toma de datos en la cosecha de col

El día lunes 16 de marzo del 2020 se inicia el pasaje de repollos y cosecha; el martes 17 de marzo del 2020 se interrumpe el trabajo de campo pues como es de conocimiento general el país entró en estado de excepción por decreto presidencial por el covid-19 viéndose afectada la toma de muestras para el análisis de algunas variables del cultivo y del suelo.

Las variables del cultivo como peso y diámetro del repollo, ya no pudieron ser medidos en su totalidad pues el cultivo se perdió.

Las variables longitud de la raíz y volumen radicular y aquellas variables del suelo (pH, CE, Nitratos, entre otras) pudieron ser medidas y analizadas. Estas variables fueron medidas el 6 de agosto del 2020. El análisis de materia orgánica fue realizado hasta el mes de septiembre.



Imagen 8: Toma de datos de peso y diámetro del repollo, pérdida del cultivo (abajo).
Fuente: Guartasaca, T; León, G.

6.6 Procesamiento de los datos

El experimento se desarrolló usando un diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Se generaron estadísticos descriptivos del conjunto de datos y representaciones gráficas de los resultados. Posteriormente, se revisó si los datos cumplen con los supuestos del Anova (normalidad, homogeneidad de varianzas) se seleccionaron los métodos de análisis más apropiados para cada variable (Test de Shapiro-Wilks y test de Bartlett). De acuerdo a los resultados de estas pruebas, aquellas variables que no cumplieron las condiciones para ser analizadas usando pruebas paramétricas, fueron transformadas (dependiendo de la naturaleza de la variable) y otras analizadas usando pruebas no paramétricas (Test de Kruskal-Wallis).

Las variables que cumplieron con los supuestos se realizó el Anova y en caso de apreciarse un efecto significativo entre los tratamientos se realizó una comparación de medias mediante el test de Tuckey. Se compararon las medias de cada tratamiento adaptándose a niveles de significancia de $p < 0.05$.

Para aquellas variables que se midieron semanalmente el análisis se efectuó en los últimos datos de la última semana evaluada.

Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados bajo el entorno del Software

R.

Para determinar la calibración entre la humedad medida con el TDR y la humedad, se llevó a cabo una regresión lineal poniendo en evidencia su significación a través de un ANOVA del coeficiente.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Calibración del TDR GS3 (Decagon Devices, USA)

Los TDR se han convertido en una alternativa técnica moderna para el estudio de la humedad del suelo, debido a su rápida y confiable precisión, permitiendo el acceso a muestras mínimamente disturbadas para medir el contenido hídrico y la conductividad eléctrica del suelo (Naranjo y Ataroff, 2015).

Se obtuvo la ecuación de calibración del TDR para la parcela experimental para el sensor de medición continua TDR GS3 (Decagon Devices). La ecuación de calibración se obtuvo mediante un análisis de regresión lineal simple. Se obtuvo un buen ajuste en la calibración con un coeficiente de determinación ($R^2 > 0,81$)

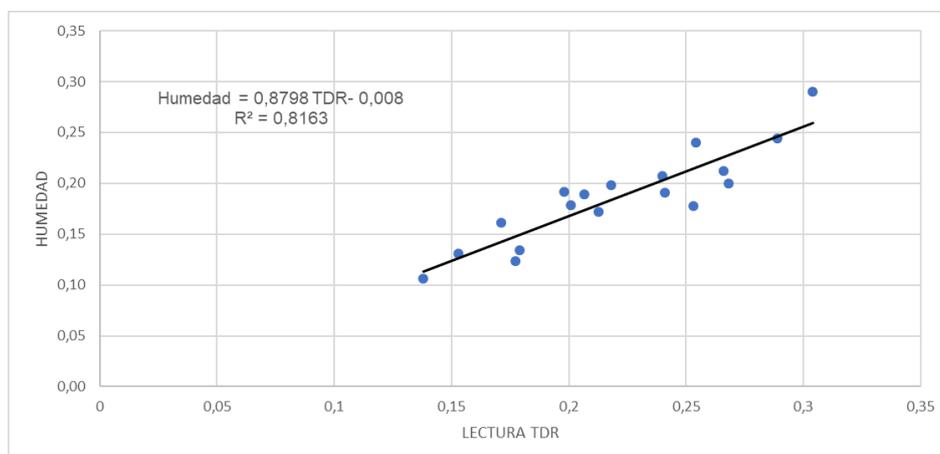


Figura 2: Curva de calibración para el TDR GS3 obtenida del contenido de humedad del suelo para la parcela experimental.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Tabla 6: Ecuación de calibración para la parcela experimental con su coeficiente de determinación.

Profundidad	Ecuación	R ²	Valor p
0-20 cm	Humedad= 0,8798 TDR - 0,008	0,816	0,00

R²= coeficiente de determinación.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

La ecuación muestra que el coeficiente de correlación es de 0,81 (cercano a uno), lo que indica que el ajuste entre ambos métodos es bueno, por lo que se puede concluir que se puede utilizar la calibración referencial como válida tal



como lo menciona Fernandez, (2006). Esto condice con los resultados encontrados por diversos estudios, en donde, se ha trabajado con suelos sin problemas de sales, los sensores del tipo TDR se ajustan de mejor manera a un amplio rango de contenido de agua presente en el suelo al comparar con otros tipos de sensores (Candia, 2013).

7.2 Fechas de muestreos realizados

A manera de resumen se plantea las fechas en las cuales se realizó los muestreos de las diferentes variables evaluadas en la presente investigación.

Tabla 7: Fechas de muestreos de las diferentes variables evaluadas en el presente estudio.

Muestreo	Etapas	Variabes	Fecha
1	Preacolchado	Densidad aparente	2/8/2019
		Porosidad	
		Materia orgánica	
		pH	
		Conductividad eléctrica	
		Contenido de nitratos suelo	
2	Precultivo	Macrofauna de invertebrados	15/11/2019
		Densidad aparente	
		Porosidad	
		Materia orgánica	
		pH	
		Conductividad eléctrica	
4	Inicios del repollamiento	Contenido de nitratos suelo	6/1/2020
		Nitrato en las hojas	
		Días a la aparición del repollo	
5	Durante el desarrollo del cultivo	Biomasa de malezas	17/12/2019
			7/01/2020
6	Cosecha de la col	Densidad aparente	11/8/2020
		Porosidad	11/8/2020
		Materia orgánica	14/9/2020
		pH	6/8/2020
		Conductividad eléctrica	6/8/2020
		Contenido de nitratos suelo	11/8/2020
		Macrofauna de invertebrados	6/8/2020
		Longitud raíz	6/8/2020
		Volumen radicular	6/8/2020
		Peso del repollo	16/3/2020
Diámetro del repollo	16/3/2020		



Muestreo	Etapas	Variables	Fecha de inicio de toma de datos	Fecha de finalización de toma de datos
3	Semanalmente después del trasplante del cultivo de col	Contenido Volumétrico del agua	25/11/2019	17/2/2020
		Temperatura del suelo		
		Conductividad eléctrica del suelo		
		Longitud del tallo	25/11/2019	6/1/2020
		Diámetro del tallo		
		Contenido de Clorofila		
Número de hojas		30/12/2019		

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

7.3 Variables edafológicas

7.3.1 Variables edafológicas medidas en fases durante la investigación

Tabla 8: Resultados del Anova de las variables edafológicas muestreadas en diferentes fases (precolchado, precultivo y cosecha).

Variable	Fase de muestreo	Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	Valor f	Valor p
Densidad aparente	Preacolchado	Tratamiento	3	0,004	0,324	0,808
	Preacolchado	Residuos	16	0,013		
	Precultivo	Tratamiento	3	0,004	2,191	0,129
	Precultivo	Residuos	16	0,002		
	Cosecha	Tratamiento	3	0,004	0,284	0,836
	Cosecha	Residuos	16	0,014		
Porosidad	Preacolchado	Tratamiento	3	5,788	0,323	0,808
	Preacolchado	Residuos	16	17,867		
	Precultivo	Tratamiento	3	6,077	2,19	0,129
	Precultivo	Residuos	16	2,775		
	Cosecha	Tratamiento	3	5,890	0,309	0,818
	Cosecha	Residuos	16	19,040		
Materia orgánica	Preacolchado	Tratamiento	3	0,583	1,944	0,163
	Preacolchado	Residuos	16	0,300		
	Precultivo	Tratamiento	3	6,450	3,071	0,0578
	Precultivo	Residuos	16	2,100		



	Cosecha	Tratamiento	3	1,133	0,194	0,899
	Cosecha	Residuos	16	5,850		
pH	Preacolchado	Tratamiento	3	0,011	0,334	0,801
	Preacolchado	Residuos	16	0,032		
	Precultivo	Tratamiento	3	0,215	3,377	0,444*
	Precultivo	Residuos	16	0,064		
	Cosecha	Tratamiento	3	0,026	0,364	0,78
	Cosecha	Residuos	16	0,073		
	Preacolchado	Tratamiento	3	0,000	0,345	0,793
	Preacolchado	Residuos	16	0,001		
CE	Precultivo	Tratamiento	3	0,000	1,136	0,364
	Precultivo	Residuos	16	0,000		
	Cosecha	Tratamiento	3	0,000	0,356	0,785
	Cosecha	Residuos	16	0,001		
	Preacolchado	Tratamiento	3	6807	0,719	0,555
	Preacolchado	Residuos	16	9472		
NO ₃	Precultivo	Tratamiento	3	439	0,79	0,517
	Precultivo	Residuos	16	556		
	Cosecha	Tratamiento	3	3165	0,304	0,822
	Cosecha	Residuos	16	10417		
	Preacolchado	Tratamiento	3	0,317	0,171	0,914
	Preacolchado	Residuos	16	1,850		
Riqueza invertebrados	Preacolchado	Tratamiento	16	0,2518	1,678	0,212
	Preacolchado	Residuos	3	0,150		
Índice de Shannon	Preacolchado	Residuos	3	0,150		

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

7.3.1.1 Densidad aparente del suelo

Los resultados de las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett indican que los datos cumplen con los supuestos de Anova (Véase Anexos 1). El análisis de varianza (Tabla 8) no presento diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la variable densidad aparente en las fases muestreadas en preacolchado, precultivo y cosecha, lo cual indica que las coberturas no

influyeron en la variable. El comportamiento seguido por la densidad se muestra en la figura 3.

Sin embargo, podemos mencionar que existen densidades diferentes en los tratamientos. Antes de la siembra de los cultivos de cobertura el mayor valor de la densidad aparente se presentó en el tratamiento de avena ($1,46 \text{ g.cm}^{-3}$). El tratamiento de avena + vicia obtuvo una media de $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$, seguido del tratamiento de vicia con $1,44 \text{ g.cm}^{-3}$. El menor valor en esta fase del cultivo se obtuvo en el tratamiento control ($1,40 \text{ g.cm}^{-3}$).

Para la fase de precultivo el valor de densidad disminuyó para el tratamiento de avena que obtuvo una media de $1,41 \text{ g.cm}^{-3}$. Los tratamientos con acolchado de vicia y control presentaron el valor más alto de la densidad aparente ($\bar{X}=1,47 \text{ g.cm}^{-3}$). Y el tratamiento de avena + vicia presentó una media de $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$.

En la última fase de cosecha, en el análisis de varianza no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, el tratamiento control presentó nuevamente el valor más alto de densidad ($\bar{X}=1,47 \text{ g.cm}^{-3}$). El tratamiento de avena presentó una media de $1,42 \text{ g.cm}^{-3}$. Los acolchados de avena + vicia y vicia con una media de $1,41 \text{ g.cm}^{-3}$ registraron el menor valor de densidad aparente del suelo.

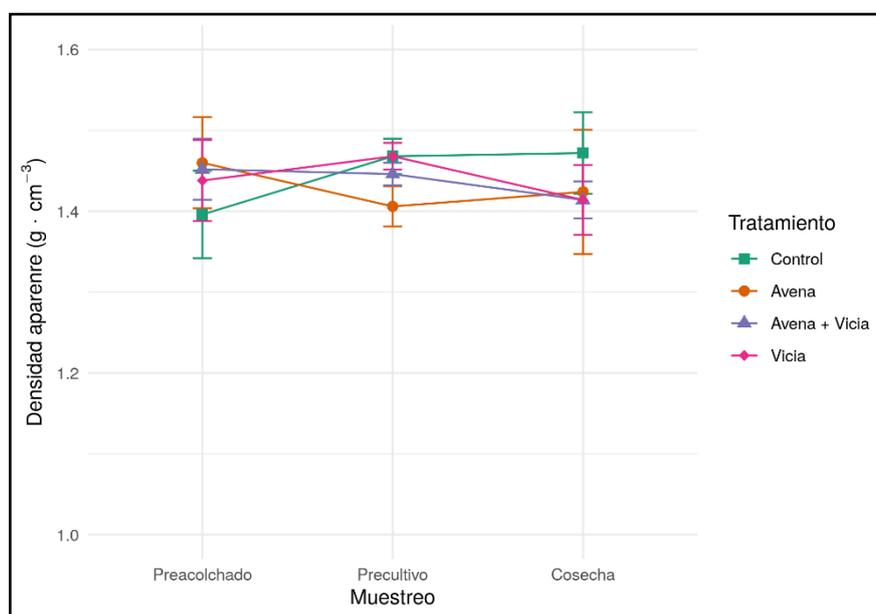


Figura 3: Comportamiento de la densidad aparente del suelo muestreada en tres fases del cultivo.

Fuente: Guartasaca, T; León, G



Un valor bajo de densidad aparente del suelo es indicador de suelos porosos, con buena aireación, drenaje, y capacidad para el desarrollo de raíces; lo cual conlleva al buen desarrollo de las plantas. Al contrario, valores altos de densidad son indicativos de suelos compactados, con deficiente aireación, limitado desarrollo radicular y por ende mal desarrollo de la planta (Salamanca y Sadeghian, 2005). El valor tomado por la densidad depende a la vez de otras propiedades físicas del suelo, es así que puede tomar valores desde $1,10 \text{ g/cm}^3$, siendo una limitante si sobrepasa valores de $1,7 \text{ g/cm}^3$. (Ferreyra y Sellés, 2013). Los valores obtenidos de densidad en los diferentes tratamientos nos indican que el suelo presenta una ligera compactación.

Los resultados obtenidos concuerdan con Heriquez (2014), quien evaluó el efecto de acolchados sobre propiedades físicas de un suelo de la sabana de Bogotá y su relación con el rendimiento de lechuga. Obteniendo, que el uso de acolchados orgánicos no presentó diferencias significativas en los primeros dos ciclos del cultivo, estos permitieron disminuir significativamente la densidad aparente del suelo solamente en el tercer ciclo de cultivo con respecto al tratamiento testigo.

Arévalo (2013) al evaluar el impacto de dos sistemas de labranza (mínima y cero), cultivos de cobertura de avena y vicia (con y sin remoción) en el cultivo de rotación de maíz, tampoco obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. La media general fue de $0,75 \text{ g/cm}^3$. En concordancia Alejandra (2001) al evaluar el cultivo de avena, vicia y avena + vicia como cultivo de cobertura en el cultivo de aguacate no obtuvo diferencias significativas en la densidad aparente del suelo entre los tratamientos.

7.3.1.2 Porosidad

Dado que la porosidad se determina en base a la densidad aparente y la densidad real del suelo, los resultados de esta variable presentan una dirección similar a los resultados obtenidos en la densidad aparente. Los datos de porosidad antes de la siembra de los cultivos de acolchado, a la siembra del cultivo de col y a la cosecha cumple con los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos (Ver en Anexos 1). En los análisis de varianza realizados (Tabla 8) nos da un p-valor superior a 0,05 (preacolchado $Pr > F: 0,808$,

precultivo $Pr > F: 0,129$, cosecha $Pr > F: 0,818$) lo cual indica que no existe diferencias significativas para ninguna fase evaluada. Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula propuesta que los cultivos de acolchado natural de avena, avena + vicia y vicia no difieren en las propiedades del suelo. La figura 4 muestra la densidad aparente en relación a las fases y tratamientos evaluados.

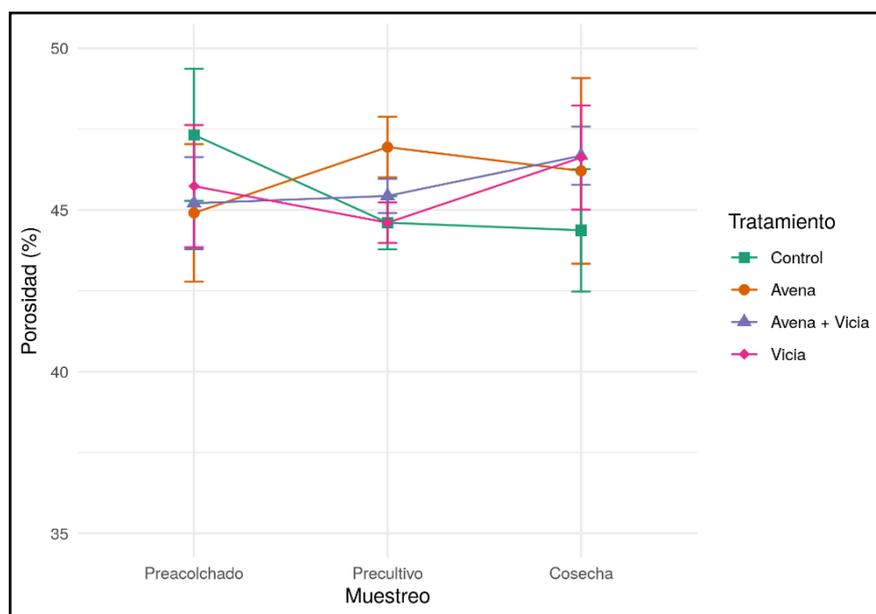


Figura 4 : Comportamiento de la variable porosidad del suelo muestreada en tres fases del cultivo en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Las medias obtenidas en los diferentes tratamientos en la fase preacolchado son 44.91% para el acolchado de avena, 45,21% para avena + vicia, 45,74% para vicia y el tratamiento control 47,32% de porosidad. En la fase de precultivo el menor valor de porosidad se presentó en el tratamiento de vicia y tratamiento control ($\bar{X} = 44,61\%$). El tratamiento de avena + vicia registro una media de 45,43%. El mayor valor se obtuvo en el tratamiento de avena 46,94% de porosidad. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamiento en la fase de cosecha se observó que los tratamientos con acolchado presentaron mayor valor de porosidad ($\bar{X} = 46,6\%$) respecto al tratamiento control ($\bar{X} = 44,37\%$).

Según, Souza y Matsura (2010) quienes evaluaron el efecto de tres niveles de nitrógeno y cuatro niveles de cobertura de maíz en frijol, los datos de las medias de porosidad en su experimento no presentaron diferencias significativas entre



los tratamientos evaluados, ya que el tiempo de implantación del sistema de siembra no fue suficiente, indicando, que tal vez sea necesario un periodo de tiempo más prolongado de evaluación del experimento para que se exprese los beneficios.

Respecto a ello, Jordán et al., (2010) reportaron que, el uso de acolchados orgánicos produjo un incremento significativo de la porosidad, contenido de materia orgánica y estabilidad estructural del suelo después de 3 años de tratamiento respecto al tratamiento testigo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos determinando que, los poros no se vieron afectados estadísticamente por los tratamientos ejecutados en este ensayo, por la incorporación de los acolchados hasta la cosecha.

7.3.1.3 Materia orgánica

El análisis estadístico realizado para el porcentaje de materia orgánica en el suelo en preacolchado, precultivo y cosecha, determinó que, los datos cumplen con los supuestos del de Normalidad y homocedasticidad de varianzas. No se encontraron diferencias entre las varianzas de todos los tratamientos (Tabla 8) en las diferentes fases evaluadas por lo que no se rechaza la hipótesis nula. En la figura 5 se muestra los valores obtenidos de materia orgánica del suelo en las diferentes fases evaluadas.

La media obtenida de materia orgánica en la fase de preacolchado en el tratamiento de avena fue de 5,60%, en el tratamiento de vicia se obtuvo una media de 5%, en el tratamiento de avena + vicia la media fue de 4.80% y en el tratamiento control de 5,20% de contenido de materia orgánica.

En la fase de precultivo la media obtenida en el tratamiento de avena fue de 6,20%, en el tratamiento de vicia y avena + vicia la media fue de 5,20%, y el y tratamiento control tuvo una media de 7,60%.

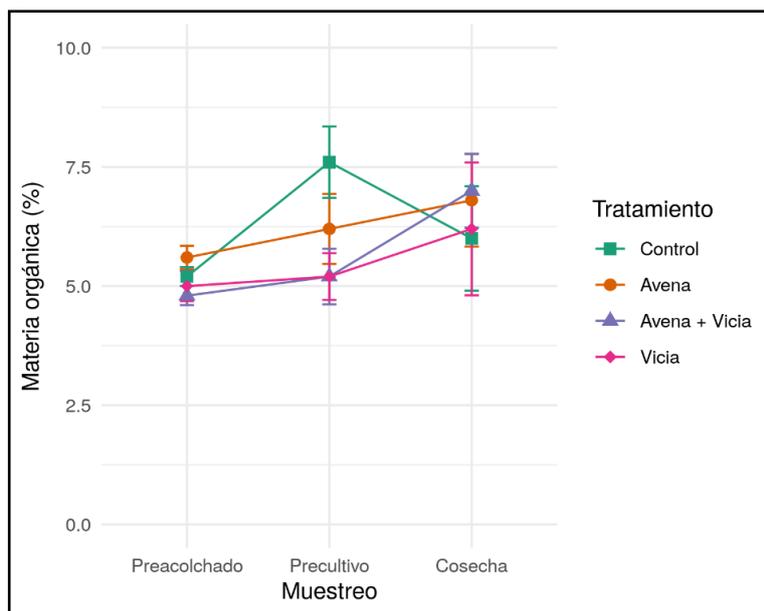


Figura 5 : Contenido de materia orgánica en el suelo en las diferentes fases de muestreo.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Los resultados obtenidos concuerdan con Castillo et al., (2010) quienes no obtuvieron cambios significativos en el contenido de materia orgánica en el suelo cultivado con maíz en tres coberturas de leguminosas.

De igual forma Raspo y Tassone (2016) no obtuvieron diferencias significativas en el contenido de materia orgánica del suelo bajo cultivos de cobertura de avena y centeno frente a tratamientos de barbecho químico y sin control, este ensayo se evaluó durante 10 meses.

Ellos corroboran con Christensen (2001) quien afirma que es poco probable que el contenido de Carbono en el suelo cambie en corto plazo, no obstante, se indica que podría registrarse cambios en las fracciones más lábiles de la materia orgánica asociada a residuos en etapas tempranas de descomposición. En su estudio nos indica que para estudiar el cambio de MO se debe realizar un fraccionamiento físico el cual se base en tres niveles de complejidad estructural y funcional en el almacenamiento de MO en el suelo, estos son: los complejos organominerales primarios (arcilla, limo y arena) y sus reacciones superficiales con los organismos, sustratos y minerales, los complejos secundarios que reflejan el grado de agregación de los complejos primarios y el suelo estructuralmente intacto (insitu).

7.3.1.4 pH del suelo

Las pruebas realizadas de Shapiro-Wilk y de Bartlett nos indican que los datos cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas en todas las fases del cultivo (Ver en Anexos 1). Según el análisis de varianza los cultivos de acolchado alcanzo significancia estadística en la fase de precultivo el p-valor fue de 0,04. Mientras que no se registró significancia estadística en las fases de preacolchado y cosecha (Tabla 8).

En la figura 6 se muestra los cambios en los valores de pH por tratamiento en cada fase evaluada (preacolchado, precultivo y cosecha).

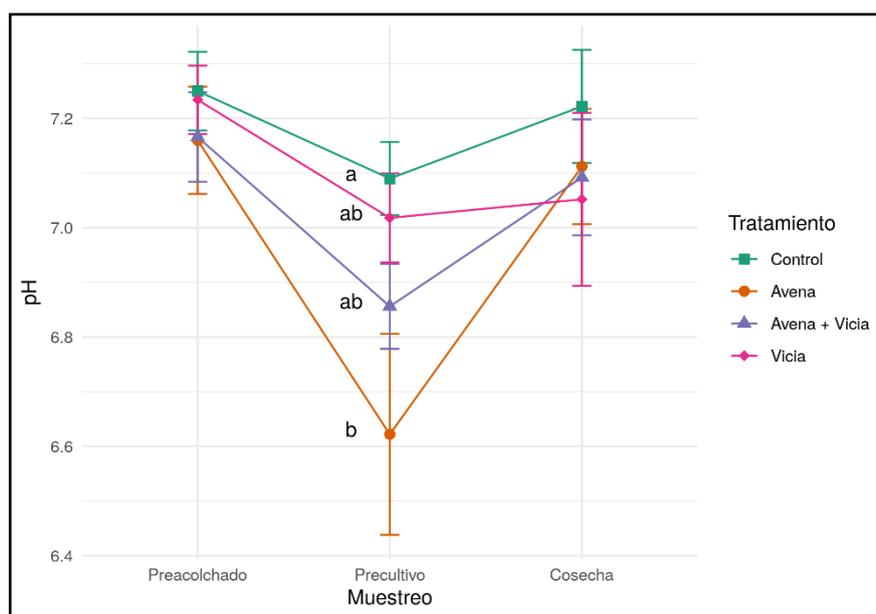


Figura 6: pH medido en el suelo en las distintas fases del cultivo en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

La media obtenida del pH en la fase preacolchado en los diferentes tratamientos fue de 7,2. En la fase antes de la siembra del cultivo de col el pH más bajo obtenido fue en el acolchado de avena la media fue de 6,6. Los tratamientos de acolchado de avena + vicia y de vicia estadísticamente no fueron significativos entre sí pertenecen al mismo rango con una media de 6,86 y de 7,02 respectivamente. Y el tratamiento control tuvo una media de 7,09 siendo el valor de pH más alto obtenido.



Tabla 9: Comparaciones en parejas de Tuckey al 95% de confianza para la variable pH en la fase de precultivo.

Trat	N	Media	Agrupación	
Control	5	7,09	A	
Vicia	5	7,02	A	B
Avena + Vicia	5	6,86	A	B
Avena	5	6,62	B	

Prueba de significancia de Tukey al 95%. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

La media obtenida del pH en la fase de cosecha en el tratamiento de vicia fue de 7,05, en el tratamiento de avena + vicia se obtuvo una media de 7,09, en el tratamiento de avena una media de 7,11 y en el tratamiento control la media fue de 7,22 registrando el valor más alto.

Los valores de pH comúnmente oscilan entre 6 y 7,5 siendo lo óptimo para el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Para obtener un adecuado crecimiento de la col el pH puede variar entre 5,5 a 7 (USDA, 2000). Por lo tanto, los valores obtenidos de pH en todos los tratamientos evaluados permiten el correcto crecimiento de la col. El tratamiento control registró el mayor valor de 7,22 el cual podría clasificarse como ligeramente alcalino.

Ghimire et al., (2017) evaluaron el efecto de los residuos de los cultivos de cobertura y un testigo de barbecho sobre propiedades del suelo y la mineralización del carbono orgánico en Estados Unidos. Los cultivos de cobertura evaluados fueron arveja, canola y avena. Al final del estudio obtuvieron que no hubo diferencia significativa en el pH entre los tratamientos evaluados. El pH del suelo osciló entre 7,9 y 8,1 en los diferentes tratamientos.

Estos resultados concuerdan con Galeana et al., (1999) quien evaluó labranza de conservación con cobertura de vicia, cebada; labranza tradicional con raíz de vicia y cebada; y fertilización en el rendimiento del maíz, y su efecto en el suelo durante tres ciclos del cultivo. Obteniendo que, la variable pH del suelo estadísticamente no mostró diferencias significativas por efecto de los diferentes tratamientos.

7.3.1.5 Conductividad eléctrica

En la tabla 8 se observa el análisis de varianza resultados para la variable conductividad eléctrica medida en fases en la cual reporta que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

La media evaluada de forma general para todos los tratamientos fue de 0,15. Estos resultados se pueden observar en la figura 7. La conductividad eléctrica nos indica el contenido de sales presentes en el suelo. Los valores bajos nos indican que no tenemos problema de sales presentes en el suelo, lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, por otro lado, si obtenemos valores altos, quiere decir que el suelo presenta problemas de sales lo cual dificulta el desarrollo de las plantas. La conductividad es muy importante porque está relacionada con el manejo, eficiencia tanto agronómica como química de los nutrientes y el riego (Cortés et al., 2013).

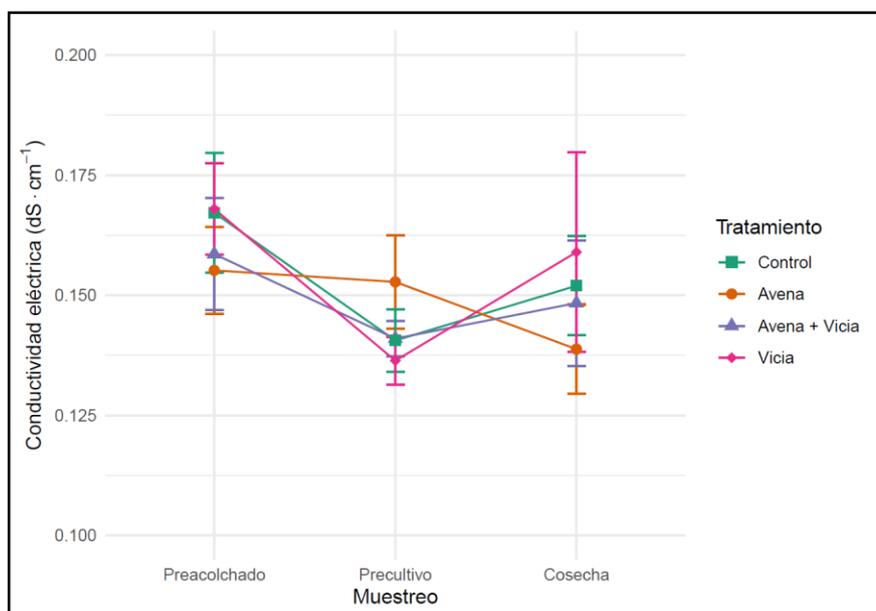


Figura 7: Conductividad eléctrica en $dS \cdot cm^{-1}$ por tratamiento y fases en estudio.
Fuente: Guartasaca, T; León, G

Los datos obtenidos siguen un comportamiento semejante para todos los tratamientos similar a lo expresado por León (2016) quien evaluó la aplicación de acolchados en el cultivo de lechuga, obteniendo que, los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas en la conductividad eléctrica.

7.3.1.6 Contenido de nitrato en el suelo

Las pruebas realizadas de Shapiro Wilks y de Bartlett para comprobar los supuestos del Anova fueron superior a 0,05 por cual se aceptó los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos en todas las fases evaluadas (Ver en Anexos1). El Anova realizado nos dio un $P > 0,05$ por cual estadísticamente no existe diferencias significativas entre los tratamientos en las distintas fases del cultivo (Tabla 8). Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula que propone que los cultivos de acolchado de avena y vicia no difieren en esta propiedad del suelo.

En la figura 8 observamos la variabilidad del contenido de nitratos en las distintas fases evaluadas.

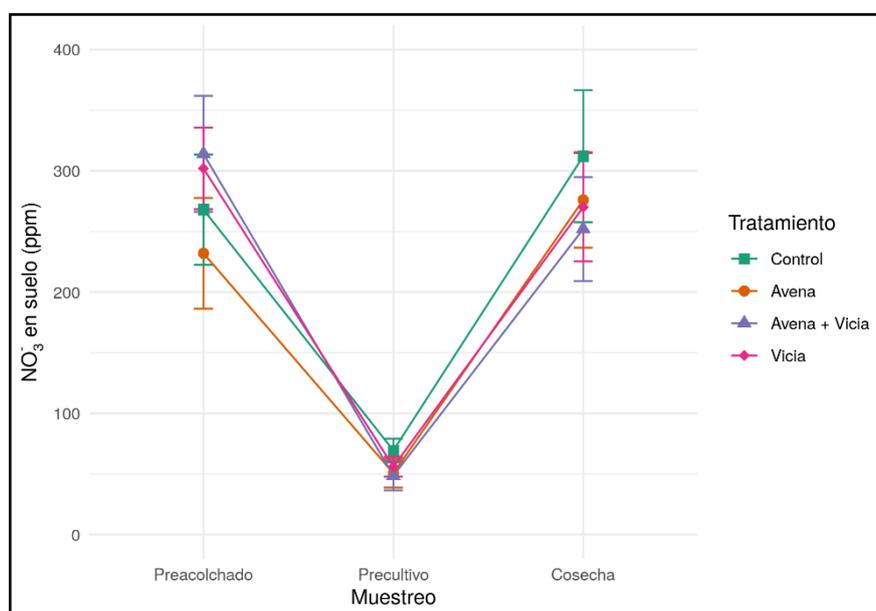


Figura 8: Comportamiento del contenido de nitratos en el suelo en las distintas fases y en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Las medias obtenidas del contenido de nitrato antes de la siembra de los cultivos de acolchado fueron para el tratamiento de avena de 232 ppm, 268 ppm en el tratamiento control, 302 ppm el tratamiento de vicia y 314 ppm el tratamiento de avena + vicia.

En la fase antes de la siembra de col el contenido de nitratos presento medias bajas en todos los tratamientos en el acolchado de avena + vicia la media fue de 48,60 ppm en el acolchado de avena se registró una media de 50,60 ppm, en el



acolchado de vicia una media de 56 ppm y el tratamiento control una media de 69,40 ppm.

A la cosecha de la col los valores de nitratos volvieron a incrementarse, la media del contenido de nitratos en el tratamiento de acolchado de avena + vicia fue de 252 ppm, en el tratamiento de acolchado de vicia fue de 270 ppm, en el tratamiento de avena fue de 276 ppm. El valor más alto registrado fue en el tratamiento control con una media de 312 ppm.

Estos resultados concuerdan con Mejía y Monteros (2018), quienes evaluaron el efecto de aplicar tres mulch orgánicos (residuos de cosecha de fréjol, arveja y cebada) en parcelas de cultivos asociados, obteniendo una disminución del grado de concentración de nitrógeno en el suelo al momento de aplicar el mulch. Así mismo Xie et al., (2016) mencionan el efecto de la estrategia de incorporación de trébol blanco como mantillo vivo en el cultivo de coliflor para reducir la lixiviación de nitratos, obteniendo como resultados que la siembra del mantillo vivo antes del cultivo no mostro diferencias significativas en comparación con la siembra del mantillo vivo al mismo tiempo que la plantación de coliflor en donde existió una disminución en la lixiviación potencial y un aumento en la concentración de nitratos en el cultivo así como un mayor rendimiento.

Varios estudios realizados en España señalan que los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura en el contenido de nitrógeno en el suelo se observan a largo plazo e indican el aumento de este nutriente a favor de los suelos no labrados. Además, aluden que la intensidad y alcance de las diferencias en el contenido de nitrógeno en el perfil del suelo dependen de diversos factores como el clima, tipo de suelo y las rotaciones elegidas en la explotación del suelo (Gil Ribes et al., 2017).

Los cultivos de cobertura de leguminosas como la vicia cubren parte del requerimiento de N de los cultivos posteriores durante la descomposición de sus residuos. El contenido de N de los residuos varía según la adaptación a condiciones específicas tanto climáticas como edáficas el N disponible en el suelo y el momento de supresión del crecimiento (Álvarez et al., 2013). Como se observa en la imagen el tratamiento con cobertura de vicia al momento de la



siembra del cultivo de col presenta uno de los valores más altos del contenido de nitrato en el suelo, aunque estadísticamente fue no significativo.

7.3.1.7 Riqueza de invertebrados

Las pruebas realizadas de Shapiro-Wilks en la fase de preacolchado nos indican que los datos cumplen con el supuesto de normalidad y para la fase de cosecha no se cumple. Sin embargo, las dos fases cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas. En la tabla 8 se observa que en la fase de preacolchado no existe diferencias estadísticas entre tratamientos. Debido a que no fue posible elaborar un ANOVA por los datos en la fase de cosecha se desarrolló el test de Kruskal-Wallis en donde no se rechazó la hipótesis nula.

Tabla 10: Test de Kruskal-Wallis en la fase de cosecha de la variable riqueza de invertebrados.

Variable	Fase de Muestreo	gl	χ^2 de Kruskal-Wallis	Valor p
Riqueza de invertebrados	Cosecha	3	2,9237	0,4035

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Las medias obtenidas en la fase de preacolchado fueron las siguientes, la mayor riqueza de invertebrados se registró en el tratamiento de acolchado de avena ($\bar{X}=3,20$). Seguido del tratamiento de avena + vicia y vicia ($\bar{X}=2,80$). El tratamiento con menor valor en esta fase fue el tratamiento control ($\bar{X}=2,60$). En la fase de cosecha el tratamiento con mayor riqueza de invertebrados fue el acolchado de avena + vicia ($\bar{X}=11,60$), seguido del tratamiento de acolchado de avena ($\bar{X}=9,80$). mientras que los tratamientos con menor riqueza de invertebrados fueron el tratamiento control y vicia, con una media de 8,80 y 6,80 respectivamente. El comportamiento seguido por esta variable se observa en la figura 9.

Aunque, estadísticamente no se encontró diferencias entre los tratamientos evaluados la riqueza de invertebrados se incrementó en la fase de cosecha para todos los tratamientos. Y el tratamiento control en las dos fases evaluadas fue el que presentó los menores valores.

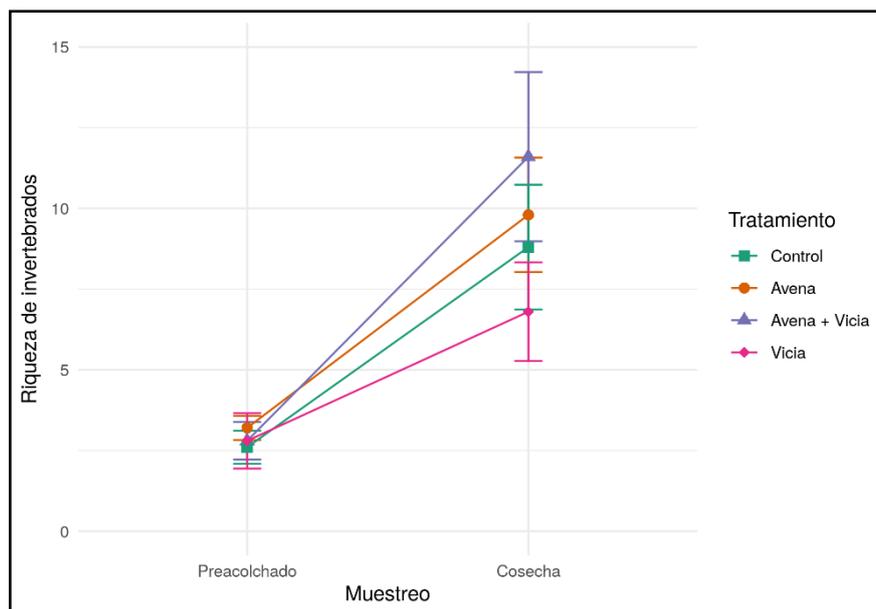


Figura 9: Riqueza de invertebrados medida en dos fases del cultivo en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Pérez et al., (2004) contradice nuestros resultados al reportar que la macrofauna edáfica aumenta al utilizar como acolchado el cultivo de vicia. Él estudió la población de fauna asociada a cinco sistemas de producción del maíz. Los sistemas evaluados fueron un sistema de producción de maíz en monocultivo que fue el testigo, y cuatro sistemas de producción en combinación de dos cultivos de cobertura (avena y vicia) en dos formas de uso acolchado o incorporadas.

Bikay y Malde (2007) evidencian que la abundancia y biodiversidad de la macrofauna del suelo fue significativamente mayor bajo el sistema de labranza cero con mantillos vivos (gramíneas y leguminosas) que, bajo labranza convencional, 3 años después de la implementación de estos sistemas.

7.3.1.8 Índice de diversidad Shannon-Weiner

En la fase de preacolchado las pruebas realizadas de Shapiro-Wilks indican que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, para la fase de cosecha no se cumple. Sin embargo, las dos fases cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas. En la tabla 11 se observa que en la fase de preacolchado no existe diferencias estadísticas entre tratamientos. Debido a que no fue posible elaborar un ANOVA por los datos en la fase de cosecha se desarrolló el test de Kruskal-Wallis en donde no se rechazó la hipótesis nula.

Tabla 11: Test de Kruskal-Wallis en la fase de cosecha de la variable riqueza de invertebrados.

Variable	Fase de Muestreo	gl	χ^2 de Kruskal-Wallis	Valor p
Índice de Shannon	Cosecha	3	2,2294	0,5262

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Aunque, estadísticamente no se encontró diferencias entre los tratamientos el índice de Shannon incrementó en la fase de cosecha para todos los tratamientos. En las dos fases del cultivo el tratamiento de avena presentó los valores mayores y el tratamiento de avena + vicia fue el que presentó los menores valores.

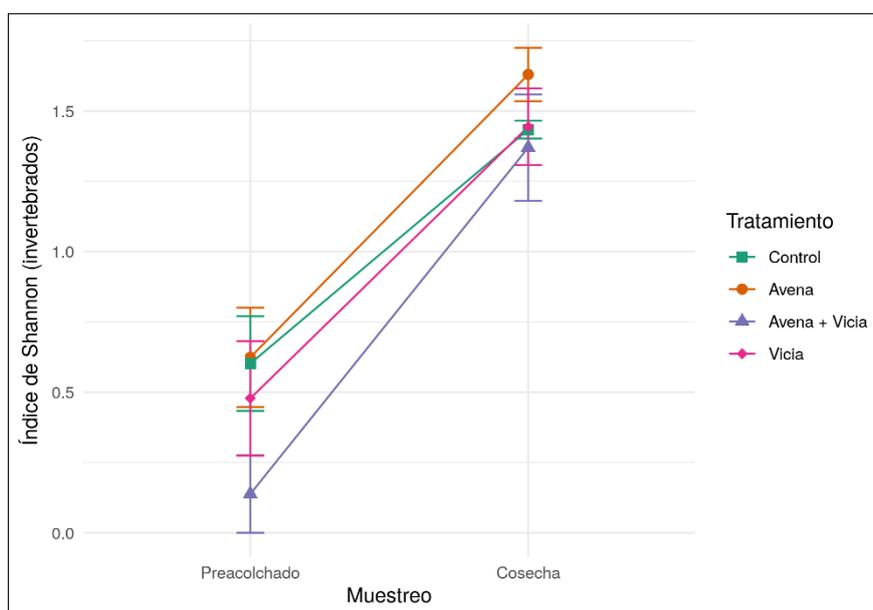


Figura 10: Índice de Shannon-Weiner medido en dos fases del cultivo en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G



Tabla 12: Resumen de las macrofauna encontrada en los diferentes tratamientos en las dos fases del cultivo.

Orden Taxonómico	Nombre común	Fase	Tratamiento			
			Avena	Vicia	Avena + Vicia	Control
Dermáptera	Tijeras	Preacolchado	1	4	0	4
Diplopoda	Milpies		1	0	0	0
Hymenoptera	Hormigas		10	9	12	6
Isopoda	Cochinillas		4	1	2	3
Índice de Shannon			0,99	0,83	0,41	1,06
Dermáptera	Tijeras	Cosecha	19	2	10	2
Haplotaxida	Lombriz		6	4	6	4
Orthoptera	Grillos		3	3	8	3
Araneae	Arañas		6	3	7	2
Coleóptera	Mariquitas Escarabajos		7	2	8	7
Isopoda	Cochinillas		18	15	13	4
Lepidoptera	Oruga de la col		7	4	5	2
Phasmida	Otuto		1	0	2	2
Índice de Shannon			1,88	1,65	2,07	2,15

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Al analizar el índice de diversidad de Shannon-Weaver de los insectos colectados, se observa en general una baja diversidad de insectos en todos los tratamientos, aunque los valores varían entre estos. Los insectos encontrados con mayor frecuencia fueron los llamados cochinillas de la humedad, sin embargo, Brown et al., (2002) menciona que la eficacia del método manual es baja y tiende a subestimar las poblaciones de la macrofauna, especialmente de los organismos de menor tamaño.

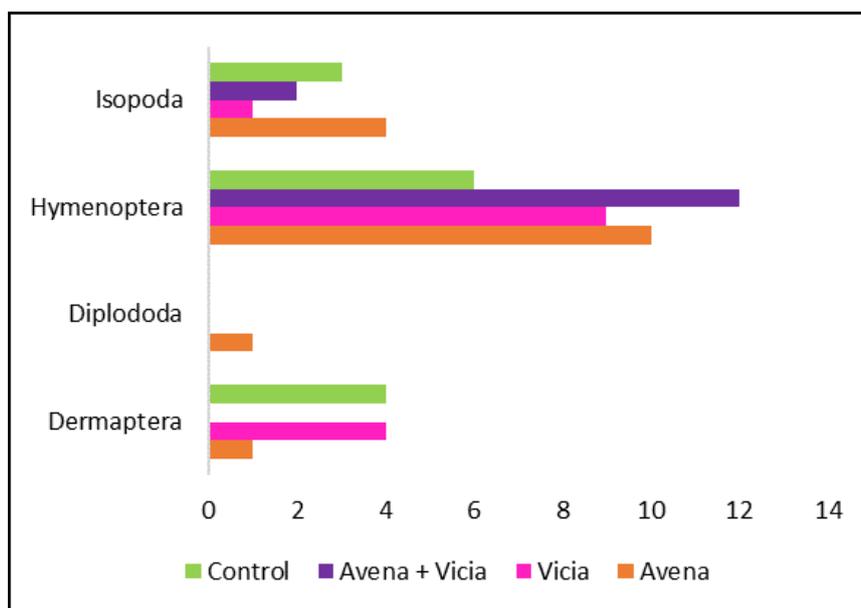


Figura 11: Ordenes taxonómicos de la macrofauna encontrada para los diferentes tratamientos en la fase preacolchado.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

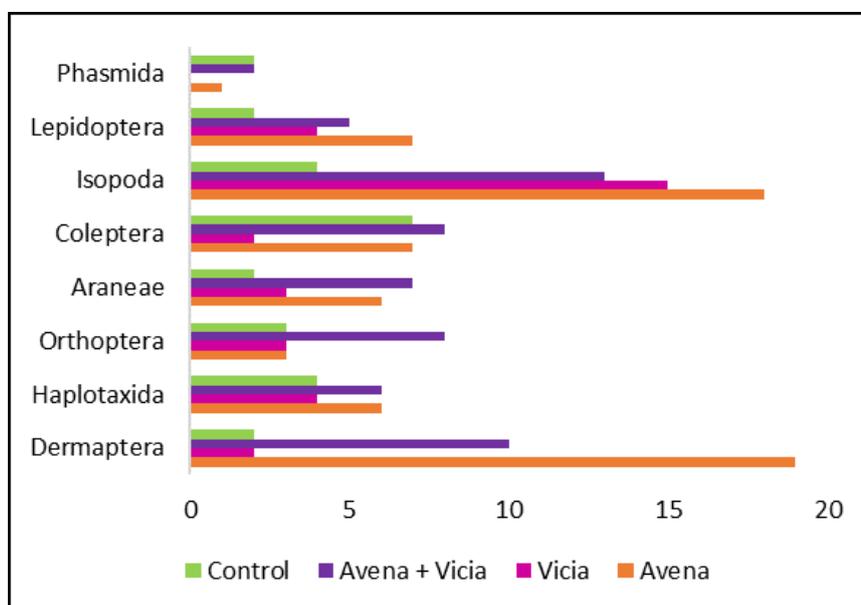


Figura 12: Ordenes taxonómicos de la macrofauna encontrada para los diferentes tratamientos en la fase acolchado.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

7.3.1.9 Estructura

La estructura también fue una variable medida en dos tiempos preacolchado y cosecha. Esta variable solo se analizó de manera descriptiva. La estructura presente tanto antes de la siembra de los cultivos de acolchado como en la cosecha fue granular no se presentó cambios.



La estructura del suelo con cultivos de acolchado, se mantuvo en un mejor estado que la del suelo desnudo durante el mayor tiempo mientras se llevó a cabo el proyecto, gracias a la protección contra los agentes atmosféricos que proporciona el acolchado. Los acolchados de avena, avena + vicia y vicia favorecieron a una estabilidad estructural, en precultivo, cultivo y cosecha del cultivo de col, en donde, no se diferenció cambios significativos en la estructura del mismo. Sin embargo, en el tratamiento control (suelo descubierto) presentó una leve compactación en el suelo durante el tiempo de estudio, efecto visible al presentarse un suelo expuesto a las modificaciones físicas y ambientales como son: radiación, cambios de temperatura, viento, etc. No obstante, estas diferencias observadas no fueron acompañadas por cambios en la porosidad como se reportó en una sección anterior.

7.3.2 Variables edafológicas medidas semanalmente

Para el análisis estadístico se utilizaron los datos de la última semana evaluada de las variables temperatura, contenido volumétrico del agua y conductividad eléctrica del suelo.

Tabla 13: Resultados de los Anovas de las variables edafológicas medidas semanalmente durante el desarrollo del cultivo.

Variable	Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	Valor f	Valor p
Temperatura	Tratamiento	3	0,3332	0,379	0,769
	Residuos	16	0,878		
Contenido volumétrico del agua	Tratamiento	3	0,003525	1,967	0,16
	Residuos	16	0,001792		
Conductividad eléctrica del suelo	Tratamiento	3	0,0011	0,851	0,486
	Residuos	16	0,0013		

Fuente: Guartasaca, T; León, G

7.3.2.1 Temperatura del suelo

El resumen de la temperatura medida por medio del TDR a nivel del suelo por tratamiento se muestra en la figura 13. Como se evidencia las temperaturas siguen un comportamiento similar en los diferentes tratamientos en cada muestreo semanal. De acuerdo a los resultados de la prueba de Shapiro-Wilks el estadístico fue de 0,953 y el p-valor correspondiente es de 0,22 con lo cual

aceptamos el supuesto de normalidad de los datos. El estadístico del test de Bartlett fue de 0,425 con un p-valor de 0,935 por lo tanto se cumple la homogeneidad de varianzas, y mediante el ANOVA se determinó que no existe diferencias significativas entre las temperaturas de cada tratamiento. Con los resultados obtenidos no se rechaza la hipótesis nula definida que la utilización de cultivos de acolchado de avena y vicia no difieren en esta propiedad del suelo.

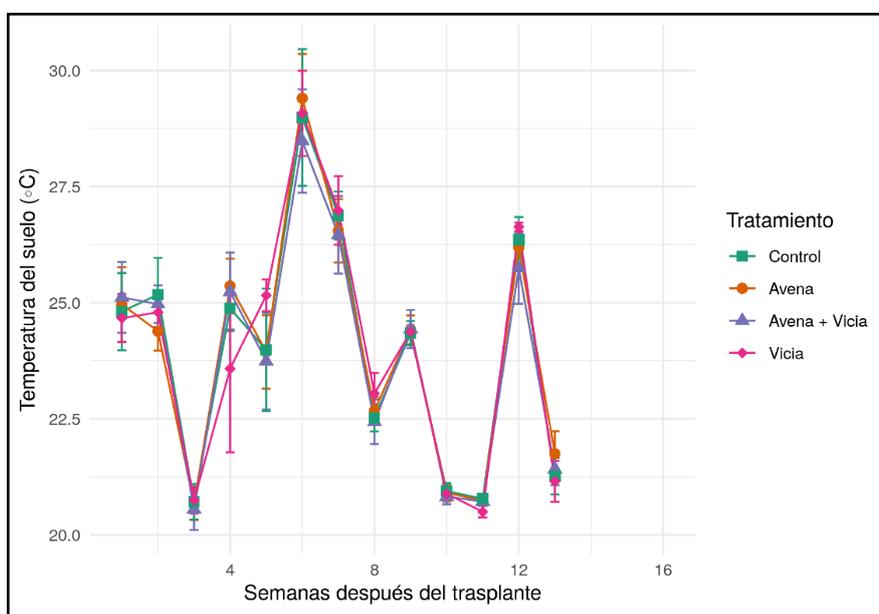


Figura 13: Comportamiento de la temperatura del suelo muestreada a 10 cm de profundidad durante el desarrollo del cultivo de col.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

La media registrada de la temperatura del tratamiento de avena + vicia fue de 23,87°C, seguido del tratamiento de avena con una media de 23,91°C, la media de la temperatura del tratamiento control fue de 24°C y la del tratamiento con cobertura de vicia fue de 24,02°C.

Los resultados obtenidos de esta variable concuerdan con Heriquez (2014), quien evidencia que no existe diferencias significativas en la temperatura del suelo en el primer ciclo de cosecha de lechuga cultivadas en acolchado con pasto, plástico y suelo sin acolchado; y contrastan frente a otros estudios realizados en donde se destaca la importancia de los acolchados en la conservación de la temperatura del suelo disminuyendo las fluctuaciones térmicas, reduciendo el estrés ocasionado al cultivo. (Novillo et al., 2019). Souza y Matsura (2010) afirman que la cobertura de maíz y avena registra baja conductividad térmica y alta reflectividad de los rayos solares, lo que ocasiona



una disminución de la temperatura máxima del suelo y de la amplitud térmica frente al suelo que permanece sin cobertura.

La falta de diferencias entre los tratamientos se podría atribuir a una baja fluctuación climática durante las horas de muestreos, estando la temperatura en un rango de 20°C a 30°C no existiendo temperaturas extremas para una mejor evaluación de los cultivos de cobertura. Zribi et al., (2011), indican que el efecto del acolchado frente a la temperatura se puede evidenciar de mejor manera en las horas de mayor temperatura en el día y de menor temperatura en la noche en donde el cultivo de cobertura actúa como amortiguador.

7.3.2.2 Conductividad eléctrica del suelo

Los resultados obtenidos de la conductividad eléctrica del suelo medida en el TDR se muestran en la figura 14. La conductividad eléctrica del suelo sujeta a los 3 tratamientos de acolchado y testigo muestra que todos conservan similar conductividad en las diferentes fechas de muestreo. Las pruebas realizadas de Shapiro-Wilks (p-valor = 0,99) y de Bartlett (p-valor = 0,62) constatan que los datos cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y los resultados del ANOVA (Tabla 13) indican que no existe diferencias significativas entre los tratamientos. Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula (H_0), determinada que, todos los tratamientos no difieren en esta propiedad del suelo.

La media de la conductividad eléctrica evaluada semanalmente en el tratamiento de acolchado de avena + vicia fue 0,28 dS. cm⁻¹. Mientras que el tratamiento de avena, vicia y control presentaron una media semejante de 0,41 dS. cm⁻¹.

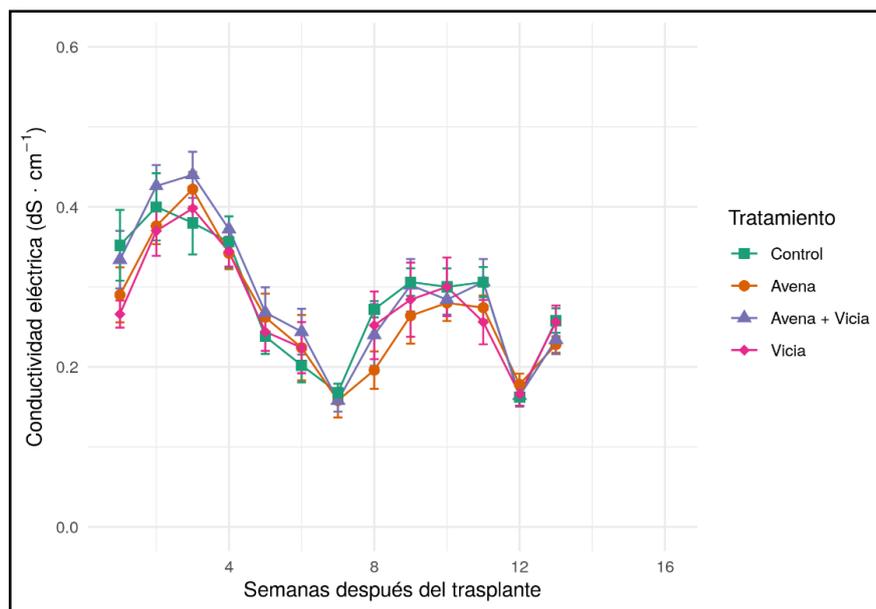


Figura 14: Comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo medida a 10 cm de profundidad en los diferentes tratamientos durante el desarrollo del cultivo de col.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

El rango de conductividad eléctrica es menor a $1 \text{ dS} \cdot \text{cm}^{-1}$ lo cual indica que el suelo no presenta ningún problema de sales y es apto para el desarrollo del cultivo en todos los tratamientos (USDA, 2000).

Los resultados obtenidos contrastan con quienes evidencian que el uso del acolchado redujo los valores de salinidad en el cultivo de acelga. Así mismo, en un ensayo realizado en un cultivo de pimiento concluyeron que el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo, pero el uso de acolchados como 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 (Zhang et al., 2008).

7.3.2.3 Contenido volumétrico del agua en el suelo.

El contenido de agua en el suelo durante el desarrollo del cultivo de col en los cultivos de acolchado es similar (Figura 15). La media obtenida del tratamiento de acolchado de avena y de avena + vicia fue del 33%. Mientras que el tratamiento control y vicia presentaron medias del 32% del contenido de agua en el suelo.

Los datos se encuentran dentro de una distribución normal con el test de Shapiro-Wilk se acepta la hipótesis de normalidad de los datos y el test de

Bartlett comprobó la homocedasticidad entre las varianzas de los tratamientos. Y con un p-valor de 0,16 (Tabla 13) en el Anova se evidenció que no existe diferencias significativas entre los tratamientos por lo que no se rechaza la hipótesis nula propuesta que los tratamientos no influyen en esta propiedad del suelo.

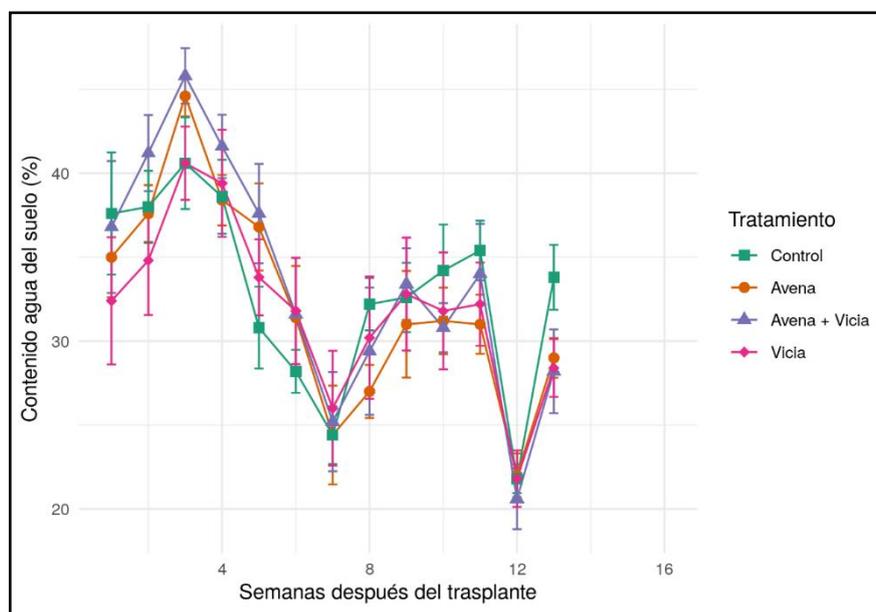


Figura 15: Comportamiento del contenido de agua del suelo expresado en (%) medida a 10 cm de profundidad en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Rahman et al., (2006) muestran la utilidad del acolchado combinado con el riego por goteo en la conservación de la humedad del suelo. Sin embargo, el resultado de esta variable concuerda con Scianca (2010), quien no obtuvo diferencias significativas en el contenido de agua en los tratamientos con cultivos de cobertura utilizados (centeno, rye grass, avena y testigo) durante el segundo año de evaluación en la producción de soja.

Resultados similares fueron obtenidos por Arévalo (2013) al evaluar el sistema de labranza mínima y cero, con cultivos de cobertura con y sin remoción en maíz. Los cultivos de cobertura evaluados fueron avena-vicia y pasto natural. Al final, en el ciclo del cultivo de maíz se demostró que, no existió influencia del sistema de labranza ni del cultivo de cobertura en el contenido de humedad del suelo.

7.3.3 Variable edafológica puntual

7.3.3.1 Biomasa de malezas

Tabla 14: Análisis de la varianza para la variable Biomasa acumulada de malezas

Variable	Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	Valor f	Valor p
Cobertura de malezas	Tratamiento	3	131,93	8,963	0,00102**
	Residuos	16	14,72		

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

En la variable biomasa acumulada de malezas la prueba realizada de Shapiro-Wilk presenta un p-valor de 0,675 con lo cual aceptamos el supuesto de normalidad. El test de Bartlett con un p-valor de 0,367 muestran que los datos cumplen con el supuesto de homocedasticidad y el resultado del ANOVA con un p-valor de 0,00102 evidencian que existe diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 14).

Se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la utilización de cultivos de acolchado difiere en la incidencia de malezas.

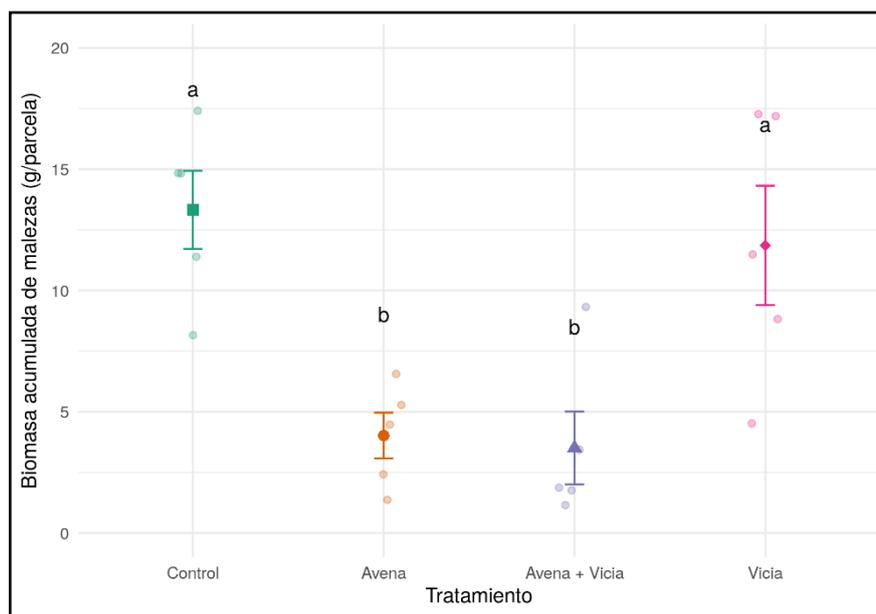


Figura 16: Biomasa acumulada de malezas en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Entre el tratamiento control y el tratamiento de acolchado de vicia no hubo diferencias significativas pertenecen al mismo rango A. La mayor biomasa de malezas se obtuvo en el tratamiento control con una media de 13,33 g/parcela seguido del tratamiento con cobertura de vicia con 11,86 g/parcela de cobertura



de malezas. Mientras que la menor biomasa de malezas se obtuvo en los tratamientos de avena y avena + vicia, entre estos dos tratamientos no hubo diferencias significativas pertenecen al mismo rango B. La menor biomasa se registró en el tratamiento de acolchado de avena + vicia con una media de 3,51 g/parcela, y el acolchado de avena registro una media de 4,02 g/parcela de biomasa de malezas.

Tabla 15: Comparaciones en parejas de Tuckey al 95% de confianza para la variable biomasa de malezas en la fase de precultivo

Trat	N	Media	Agrupación
Control	5	13,33	A
Vicia	5	11,86	A
Avena	5	4,02	B
Avena + Vicia	5	3,51	B

Prueba de significancia de Tukey al 95%. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Los resultados obtenidos no concuerdan con Frutos (2015) quien obtuvo menor peso de malezas en la cobertura de vicia frente a la cobertura de avena. Sin embargo, en el reporte de Frutos (2015), el mayor peso de malezas si se dio en el tratamiento control. Esto se debe a la limitada cantidad de luz que llega a la superficie del suelo lo cual limita la germinación de malezas.

En el estudio de Gomez (2012) se confirma que los mayores controles de malezas se logran con los mulchs (de chip de eucalipto y la cobertura plástica) alcanzando efectividades superiores o similares a las que se obtienen al realizar las aplicaciones periódicas de herbicidas.

La habilidad de los cultivos de cobertura para suprimir las malezas está relacionada con la cantidad de biomasa producida o con la liberación de sustancias inhibidoras. Así se ha determinado en diversos estudios realizados en Estados Unidos que para alcanzar una inhibición de la emergencia de malezas por encima de un 75% es necesario una biomasa de residuos de cultivos de cobertura por encima de los 8000 kg/ha y un espesor alrededor de los 10 cm (Bertolotto y Marzetti, 2017).



Con ello recalcamos que el mejor tratamiento para la supresión de malezas fue el tratamiento de avena debido a que este cultivo de cobertura presento una mayor biomasa de residuos durante todo el ciclo del cultivo de col.

7.4 Variables de respuesta del cultivo de col

7.4.1 Variables del cultivo medidas semanalmente

El análisis estadístico de las variables longitud, diámetro del tallo, número de hojas acumuladas y clorofila, fue realizado con los datos de la última semana evaluada.

Tabla 16: Resultados del Anova de las variables medidas semanalmente en el cultivo de col.

Variable	Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	Valor f	Valor p
Longitud del tallo	Tratamiento	3	0,4358	0,259	0,854
	Residuos	16	1,6823		
Diámetro del tallo	Tratamiento	3	2,434	0,711	0,559
	Residuos	16	3,421		
Clorofila	Tratamiento	3	23,09	1,071	0,389
	Residuos	16	21,59		
Número de hojas acumuladas	Tratamiento	3	0,536	0,535	0,665
	Residuos	16	1,002		

Fuente: Guartasaca, T; León, G

7.4.1.1 Longitud del tallo

En la figura 17, visualizamos la homogeneidad de la longitud del tallo de col bajo los tres sistemas de acolchado y testigo. Los resultados del análisis ANOVA (Tabla 16) verifica la homogeneidad entre los tratamientos, demostrando que no existe diferencias significativas entre los tratamientos. Con los resultados obtenidos en esta variable no rechazamos la hipótesis nula propuesta.

La media final obtenida en la longitud del tallo de la última semana muestreada del cultivo fue de 10,35 cm en el tratamiento de acolchado de avena, 10,16 cm en el tratamiento de vicia, 9,98 cm en avena + vicia y de 9,83 en el tratamiento control.

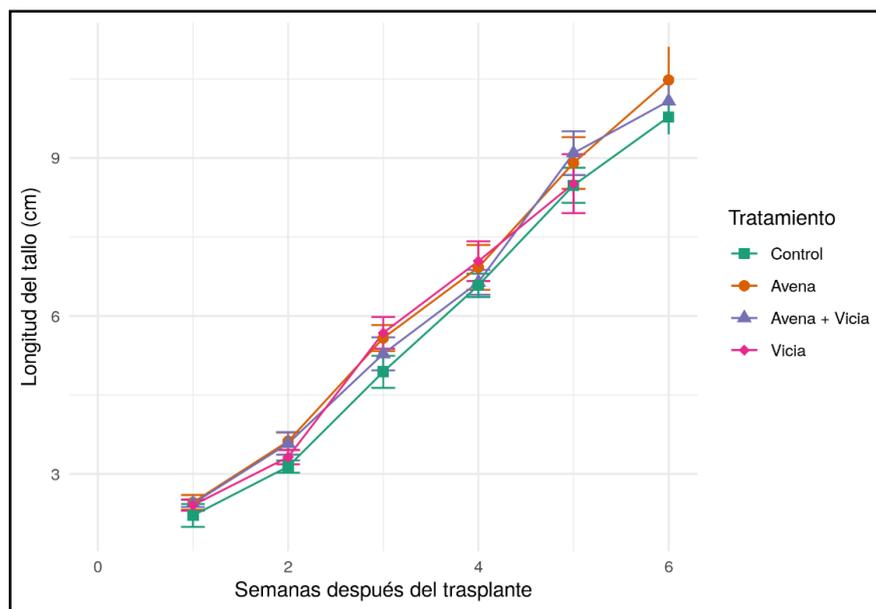


Figura 17: Comportamiento de longitud del tallo de cultivo de col en los diferentes tratamientos y control, expresado en cm.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Frutos (2015), sin embargo, evidencia diferencias significativas en la longitud del tallo en el cultivo de brócoli utilizando mulch de avena y vicia frente al testigo. Hernández et al., (2015) evaluaron el efecto de coberturas y micorrizas sobre el cultivo de berenjena obteniendo que no se encontraron diferencias significativas entre cobertura orgánica, manejo con glifosato y testigo en la variable altura de la planta y diámetro del tallo concordando con los resultados obtenidos.

De igual forma Rodríguez (2007) no obtuvo diferencias estadísticamente significativas en la variable altura de la planta de tomate bajo el efecto de cobertura del suelo de paja y salvado de arroz.

7.4.1.2 Diámetro del tallo

Se verificó los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos (Anexo 1). El Anova presentó un p-valor de 0,559 mostrando que estadísticamente los tratamientos no tuvieron diferencias significativas, lo cual indica que las coberturas no influyeron en el diámetro del tallo.

La variable presentó diámetros similares durante el desarrollo del cultivo en los sistemas de acolchado como en el control. La media del diámetro del tallo de la última semana de muestreo fue de 10,55 cm en el acolchado de avena, 10,50 cm en el tratamiento control, 10,41 cm en el acolchado de vicia, y 9,93 cm en el acolchado de avena + vicia.

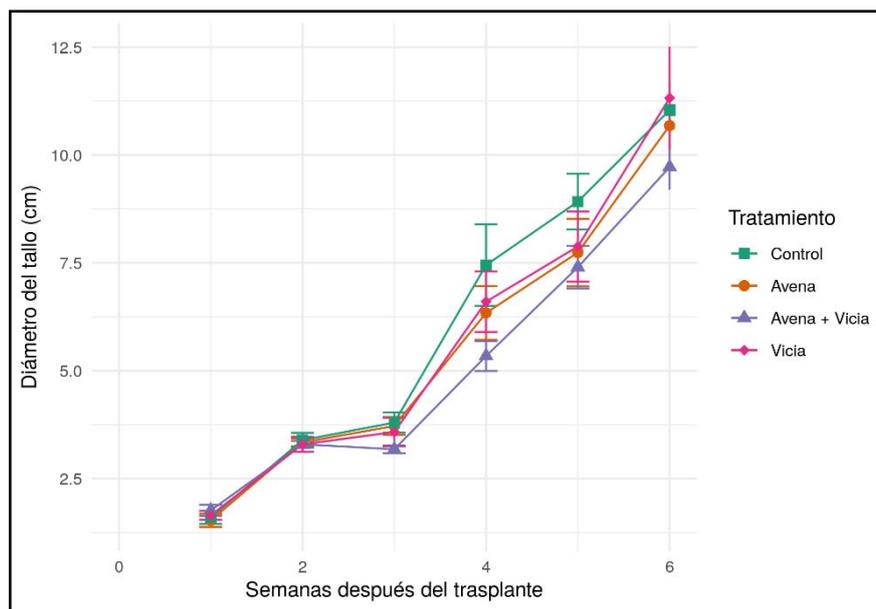


Figura 18: Comportamiento del diámetro del tallo de col, bajo los tres tipos de acolchado y control, medido en cm.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Los resultados obtenidos no coinciden con lo mencionado por Bolivar et al., (2017) quien evidencia que el factor mulch influye significativamente en el aumento del diámetro del cultivo de acelga frente al testigo de suelo desnudo. Este a su vez menciona que el uso de la variedad es considerable para las diferencias en los diámetros.

Los datos concuerdan con León (2016) quien evaluó el efecto de tres tipos de coberturas en el cultivo de lechuga obteniendo que el diámetro del tallo no presentó diferencias estadísticamente significativas.

7.4.1.3 Contenido de clorofila

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre tratamientos en el contenido de clorofila (Tabla 16).

La media obtenida del contenido de clorofila en el tratamiento de avena+ vicia fue de 23,56, en el tratamiento control de 24,33, en el tratamiento de avena de 24,56 y en el tratamiento de vicia de 25,57.

Las mediciones tomadas se muestran en la figura 18, se puede observar que la primera medida es baja debido a que las plantas eran jóvenes, luego los valores incrementan de acuerdo al desarrollo del cultivo y por último se observa que los

valores comienzan a descender debido a que el cultivo ya se había convertido en una planta adulta.

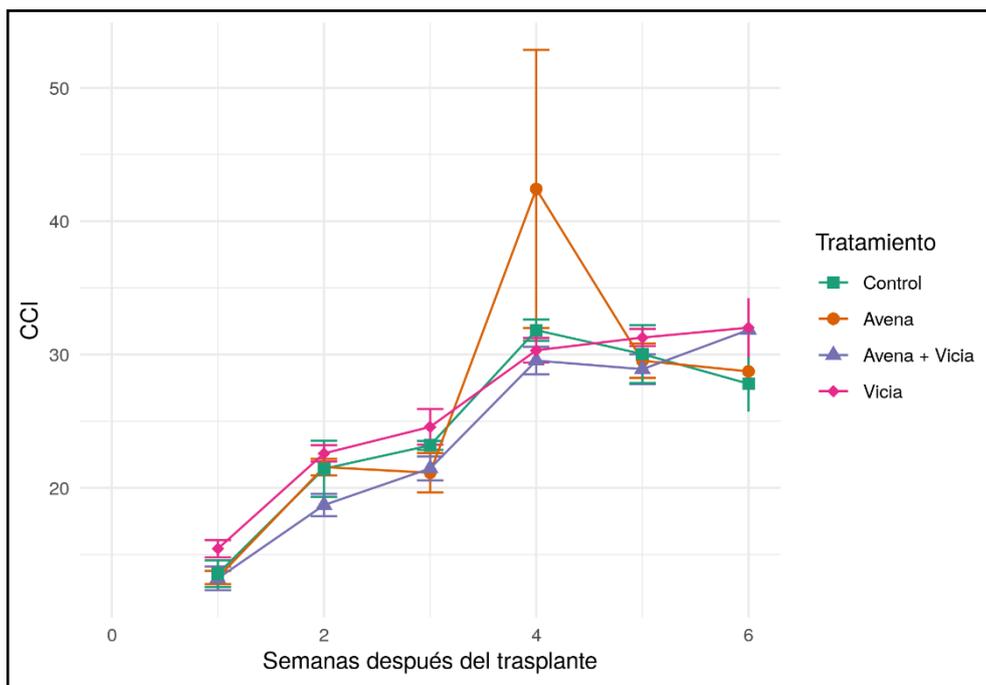


Figura 19: Contenido de clorofila en las hojas del cultivo de col durante el desarrollo del cultivo en los diferentes tratamientos.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Un estudio de acolchados biodegradables (2006) en el cultivo de brócoli no encuentra diferencias estadísticas en el contenido de clorofila, concordando con nuestros resultados. El contenido de clorofila es un indicador del estado nutricional de la planta con respecto a la concentración de N foliar al estar relacionado directamente en la síntesis de proteínas fotosintéticas. (Sánchez et al., 2018).

7.4.1.4 Número de hojas

El número de hojas acumuladas durante la fase del desarrollo del cultivo es similar en los diferentes tratamientos (Figura 20). La prueba de Shapiro-Wilk y la de Bartlett aceptan la hipótesis de que los datos se ajustan a una distribución normal. Y de acuerdo al análisis de varianza no existe diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 16). Esto indica que el uso de cultivos de cobertura no influye en la variable número de hojas de col.

La media obtenida en el último muestreo del número de hojas para el tratamiento de vicia y de avena+ vicia fue de 10,88, el de avena fue 10,52 y el tratamiento control de 11,32 hojas acumuladas.

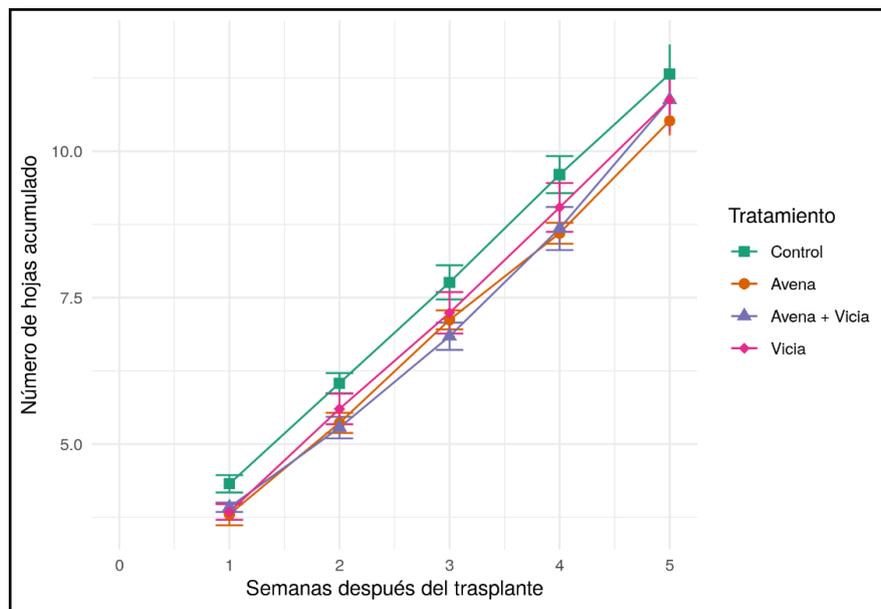


Figura 20: Número de hojas acumulado durante el desarrollo del cultivo bajo los tres sistemas de acolchado y testigo.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Los tratamientos no registraron un desarrollo similar en comparación con otras investigaciones donde se han empleado diferentes cultivos de cobertura, en donde el número de hojas tiende a ser más alto cuando se aplican coberturas al suelo (Frutos, 2015).

Por otro lado nuestros resultados corroboran con Bolivar et al., (2017) quienes en su investigación en el factor mulch no resulto significativo la variable número de hojas en la acelga resultado concordante con lo obtenido.



7.4.2 Variables del cultivo puntuales

Tabla 17: Análisis de la varianza para las variables del cultivo: nitrato de la hoja, longitud y volumen radicular y peso del repollo.

Variable	Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	Valor f	Valor p
Nitrato de la hoja/ repollamiento	Tratamiento	3	37206	1,152	0,358
	Residuos	16	32286		
Longitud de raíz	Tratamiento	3	314,9	0,788	0,518
	Residuos	16	399,7		
Volumen radicular	Tratamiento	3	106,45	1,664	0,215
	Residuos	16	63,96		
Peso del repollo	Tratamiento	3	345576	3,129	0,0383*
	Residuos	34	110440		

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Tabla 18: Test de Kruskal Wallis para las variables del cultivo que no cumplieron con el supuesto de normalidad de los datos.

VARIABLE	gl	χ^2 de Kruskal-Wallis	Valor p
Días al repollamiento	3	0,2	0,9776
Diámetro del repollo	3	5,6114	0,1321

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

7.4.2.1 Contenido de nitrato en la hoja

Se comprobó el supuesto de la normalidad con el test de Shapiro-Wilk el cual tuvo un p-valor de 0,4936. Y se comprobó el supuesto de homocedasticidad de varianzas con el test de Bartlett dándonos un p-valor de 0,191. En la tabla 16, se observa el análisis de la varianza resumido para la variable en el cual reporta que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, por lo cual no rechazamos la hipótesis nula propuesta que la utilización de cultivos de acolchado natural de avena y vicia no difieren en el rendimiento del cultivo de col.

El menor contenido de nitratos se registró en el tratamiento control con una media de 185,40 ppm NO_3^- , el tratamiento de avena + vicia presento una media de 318,40 ppm NO_3^- , mientras que la media tanto del tratamiento de avena como de vicia fue de 368 ppm NO_3^- .

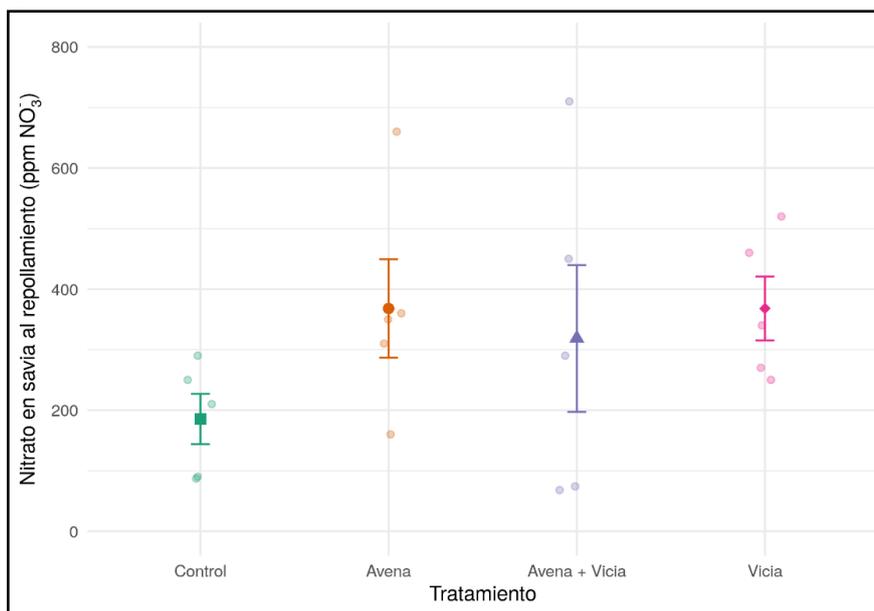


Figura 21: Contenido de Nitrato en la savia de la col en repollamiento.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Los resultados obtenidos concuerdan con los resultados obtenidos por Xie et al., (2016) en donde obtuvieron una mayor absorción total de N con la siembra del mantillo vivo de trébol blanco antes del cultivo de coliflor en comparación con la siembra al mismo tiempo con el cultivo utilizando el mismo mantillo, lo que indica una fuerte competencia entre el mantillo vivo y la coliflor en debido a la mayor densidad de plantas.

7.4.2.2 Longitud de la raíz

En la figura 22 se presenta la longitud de raíz del cultivo de col bajo los tres sistemas de acolchado. Además, en el análisis estadístico (ANOVA, Tabla 16) se verifica la homogeneidad de varianzas, por lo que no se rechaza la hipótesis nula propuesta al no existir diferencias significativas entre tratamientos.

Aunque no existieron diferencias significativas entre tratamientos evaluados, en los tratamientos con acolchados se presentó la mayor longitud de raíz con una media de 125,64 cm en el acolchado de avena + vicia, seguido del tratamiento de acolchado de avena con 113,83 cm, frente al control (sin acolchado) que presentó una media de 109,36 cm. El tratamiento de acolchado de vicia presentó la longitud de raíz más baja 108,32 cm.

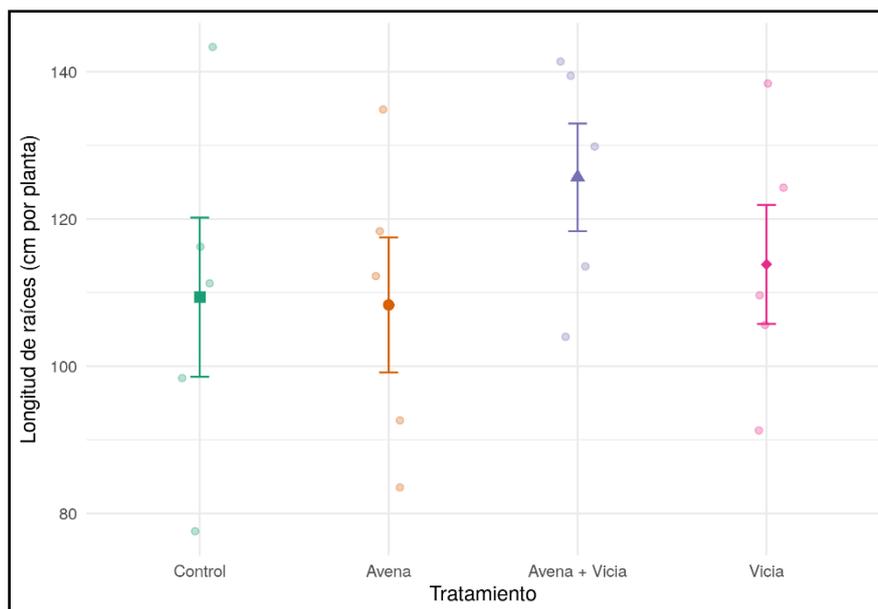


Figura 22: Longitud de la raíz medida en cm en los diferentes tratamientos evaluados.
Fuente: Guartasaca, T; León, G

En un estudio realizado por Acharyya et al., (2020) se evaluó el impacto de diferentes tipos de acolchado orgánico (mantillo de jacinto de agua, mantillo de yute y mantillo de aserrín) en el crecimiento, rendimiento y variables relacionadas al suelo en el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris* L.cv. Detroit Rojo oscuro). En donde, dentro de la variable longitud de la raíz no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Nagargoje, (2014) realizó un estudio sobre los efectos de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y del acolchado sobre el crecimiento y rendimiento de la col (*Brassica oleracea* var. Capitata L.), este experimento contó con dos factores de estudio (aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos y acolchado). Dentro de las variables evaluadas de acolchado con paja de arroz (gramínea) y jacinto de agua (Pontederiaceae) no presentaron diferencias significativas, y el efecto combinado de fertilizante mineral y vermicompost con mantillo de jacinto de agua reveló la disponibilidad de nutrientes para las plantas que dan un mejor crecimiento y desarrollo de las raíces, lo que finalmente aumentó el número raíces.

7.4.2.3 Volumen radicular

En la tabla 17 se presenta el análisis de la varianza para la variable volumen radicular en la cual reporta diferencias estadísticas no significativas entre los tratamientos en estudio.

Aunque los tratamientos no difirieron estadísticamente, el mayor volumen radicular se registró en el tratamiento de avena con una media de $22,43 \text{ cm}^{-3}$, el tratamiento de vicia obtuvo una media de $18,21 \text{ cm}^{-3}$, el tratamiento de avena + vicia alcanzó una media de $15,30 \text{ cm}^{-3}$. Mientras que el tratamiento con menor volumen radicular fue el control con una media de 11 cm^{-3} .

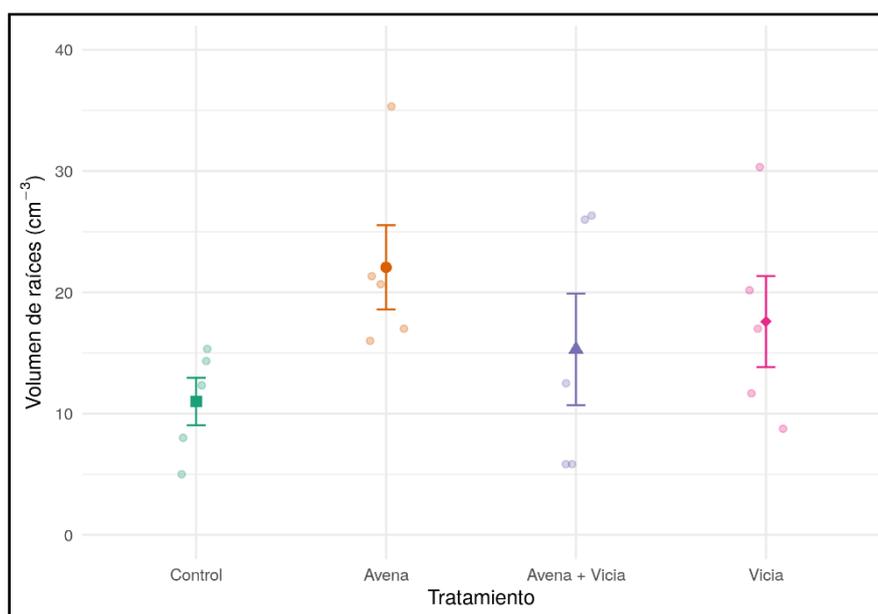


Figura 23: Volumen radicular expresado en cm^{-3} en los diferentes tratamientos evaluados.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Los resultados obtenidos no concuerdan con Frutos (2015), quien encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados siendo el tratamiento de mulch de vicia y avena los que presentaron los mayores valores en la variable volumen de raíz del brócoli.

El volumen de raíces afecta de manera diferente el estado de agregación del suelo debido a varios procesos como la penetración de las raíces, producción de exudados, descomposición de raíces muertas, entre otros. (Guerrero et al., 2013). El volumen radicular se correlaciona positivamente con la longitud y diámetro del tallo y la biomasa de la planta (Alzugaray et al., 2004). Esto implica

que en la medida en que el volumen radicular aumenta se estima que también aumenten los parámetros morfológicos evaluados.

7.4.2.4 Peso del repollo de col

El Anova realizado para la variable peso del repollo (Tabla 17) nos dio un p-valor de 0,038 por cual estadísticamente existe diferencias significativas entre las medias de algunos de los tratamientos en estudio. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula definida, y se concluye que la utilización de cultivos de acolchado produce diferencias en el peso del repollo de col.

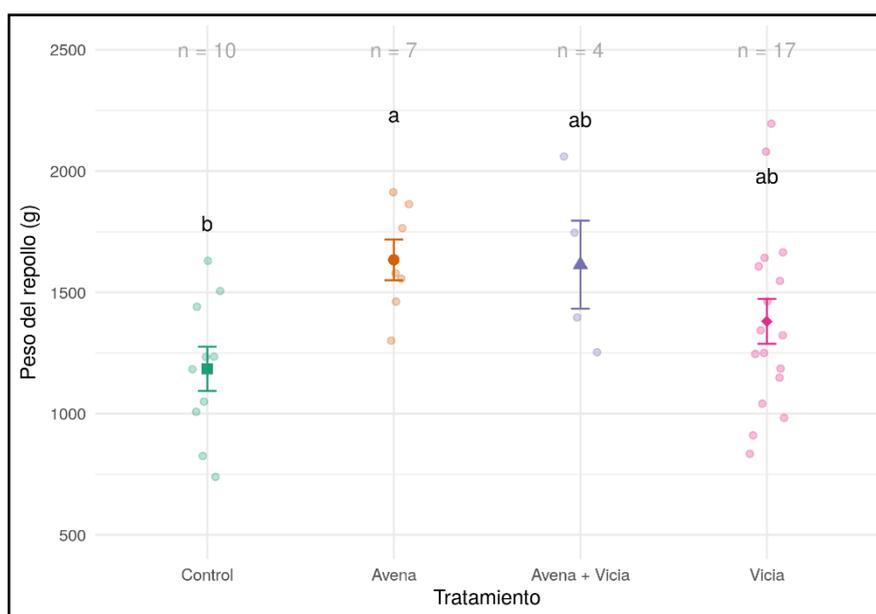


Figura 24: Peso del repollo de col expresado en gramos en los diferentes tratamientos.
Fuente: Guartasaca, T; León, G.

Tabla 19: Comparaciones en parejas de Tuckey al 95% de confianza para la variable peso del repollo.

Trat	N	Media	Agrupación
Avena	7	1634,2	A
Avena + Vicia	4	1614	A B
Vicia	17	1380,2	A B
Control	10	1184,8	B

Prueba de significancia de Tukey al 95%. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

El tratamiento con menor peso de repollo fue el tratamiento control con una media de 1184,85 g, el tratamiento de vicia y avena + vicia no difieren

estadísticamente entre sí, pertenecen al mismo rango con una media de 1380,21 g y 1614 g respectivamente. Y el tratamiento con mayor peso fue el de acolchado de avena con una media de 1634g.

Los resultados concuerdan con Tovar (2018), quien obtuvo un mayor peso de las cabezas de lechuga en los tratamiento de acolchado plástico y orgánico frente al testigo. Mientras que Frutos et al., (2016) quienes evaluaron el efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli consiguieron un mayor peso en el tratamiento con mulch de vicia seguido del mulch de avena contradiciendo nuestros resultados.

7.4.2.5 Días a repollamiento

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk rechazamos el supuesto de normalidad de los datos, y con el test de Bartlett aceptamos el supuesto de homogeneidad de varianzas. Como no se cumple el supuesto de normalidad se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis la cual nos dio un p-valor de 0,9976 con el cual se concluye que no existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados

La media de los días a repollamiento del cultivo de col en los tratamientos de acolchado de avena, vicia, avena+ vicia y control fue de 51 días. La figura 25 nos muestra de manera gráfica el comportamiento de los datos.

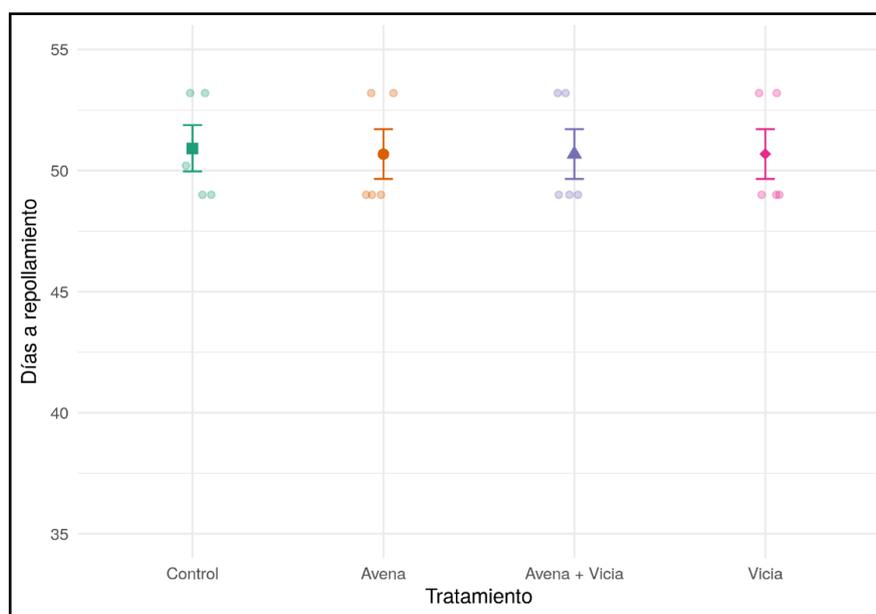


Figura 25: Días a la aparición del repollo de la col.

Fuente: Guartasaca, T; León, G

Estos resultados concuerdan con Ministerio de Agricultura y Ganadería (2011), quien indica que los días a la aparición del repollo responde a la duración de la etapa vegetativa y reproductiva propia de cada cultivar.

7.4.2.6 Diámetro del repollo de col

Debido a que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad se realizó la prueba de Kruskal-Wallis el cual nos dio un p-valor de 0,1321 por lo cual se asume que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula en la cual se menciona que los cultivos de acolchado de avena, avena + vicia y vicia no difieren en el rendimiento del cultivo de col.

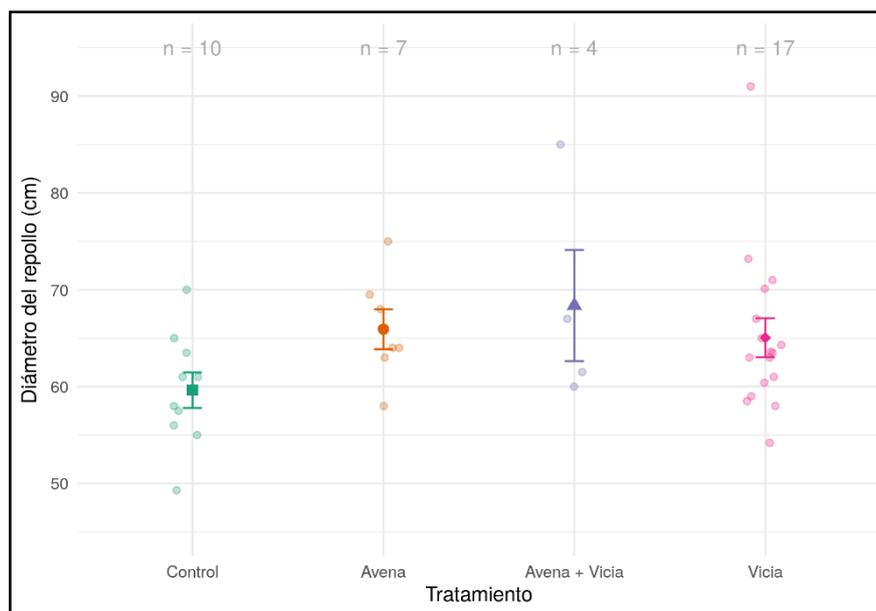


Figura 26: Diámetro del repollo de col expresado en cm en los diferentes tratamientos de acolchado y control.

Fuente: Guartasaca, T; León, G.

La media obtenida del diámetro del repollo de la col en el tratamiento control fue de 59,63 cm siendo el diámetro de col más bajo, en el tratamiento de acolchado de vicia se obtuvo una media de 65,05 cm. En el tratamiento de avena se registró una media de 65,93 y en el tratamiento de acolchado de avena + vicia se tuvo una media de 68,38 cm, el cual fue el valor más alto obtenido.

Discrepando los resultados obtenidos Frutos et al., (2016), si obtuvo diferencias significativas en su estudio realizado en Ambato en la variable diámetro de la pella de brócoli utilizando mulch de vicia, avena, maíz y caña de azúcar frente a



un testigo; obteniendo que el mulch de vicia fue el que obtuvo mayor diámetro seguido del mulch de avena. Además, señala que la interacción entre el tipo de mulch y el cultivo es de suma importancia para la producción final del cultivo.

7.5 Discusión general (Consideraciones finales)

Si disminuye la temperatura el contenido de materia orgánica aumenta debido que la tasa de mineralización es baja (Villasanti et al., 2013). Aunque no se evidencia diferencias en la temperatura del suelo obtenidas, estos datos son coherentes con el contenido de agua del suelo bajo el efecto de los diferentes cultivos de acolchado, a mayor temperatura el contenido de agua disminuye y a menor temperatura el contenido de agua aumenta.

Se debe prestar importancia el momento de secado de los cultivos de cobertura ya sea secado químico o mecánico, ya que en general las leguminosas presentan una relación C: N más baja que las gramíneas y a causa de ello los residuos de las leguminosas se descomponen más rápidamente. Es por esto que la vicia presento un bajo control de malezas debido a que el rastrojo se descompuso más rápidamente quedando el suelo con poca cobertura. La avena es una de las especies mayormente usada como cultivo de cobertura, debido a su resistencia al frío y al estrés hídrico. Y particularmente produce abundante volumen de residuos que se descomponen más lentamente logrando un control eficiente de malezas a causa de una mayor producción de materia seca. Esto se evidencia en los resultados siendo el tratamiento de cobertura de avena uno de los mejores tratamientos para el control de malezas en el cultivo (Bertolotto y Marzetti, 2017).

Este control eficiente de malezas hace que a largo plazo un beneficio directo sea la disminución del banco de semillas presentes en el suelo debido que el suelo permanecerá cubierto. Adicionalmente, los cultivos de cobertura mejoran los balances de agua para el cultivo principal, protegiendo la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia previniendo así la erosión hídrica.

Los cultivos de cobertura protegen al suelo y brindan un laboreo biológico al suelo por medio de sus raíces a las capas sub-superficiales, al penetrar en el suelo compactado mejoran la infiltración de agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona de raíces. Estos son beneficios a largo y mediano plazo, aunque se



puede observar ligeros cambios a corto plazo. En el presente proyecto el tratamiento de avena disminuyó el valor de densidad de 1,46 a 1,42, mientras que, el tratamiento control presentó valores altos de densidad tanto al principio y final del ciclo del cultivo evidenciándose una ligera compactación en el manejo del cultivo de col en este tratamiento. Por ende, el control presenta valores menores de porosidad y el tratamiento de avena al igual que el de vicia presentan mayores espacios porosos beneficiando de esta manera el crecimiento del cultivo.

Estos beneficios se pudieron observar en el cultivo de col en las variables diámetro y longitud del tallo en donde el tratamiento de avena presentó ligeramente valores más altos es decir un mayor desarrollo de las plantas de col, en consecuencia, se obtuvo mayor peso de los repollos en el tratamiento de cobertura de avena y un mayor diámetro, aunque esta última variable fue estadísticamente no significativa.

Se debe recalcar que los resultados relacionados con los sistemas de manejo de cultivos de cobertura del suelo, presentan diversidad de respuestas a un mismo sistema por causa de las características del suelo, del cultivo, del clima, entre otros. Por ello, según USDA cualquier especie puede funcionar como cultivo de cobertura de acuerdo al sitio en donde esta se encuentre y si esta presenta características aprovechables que cumplan con las necesidades específicas de cada agricultor. Estas especies de cobertura deben ser fáciles de manejar, no representar altos costos adicionales y si es posible generar productos aprovechables (Navarro et al., 2007).



8. CONCLUSIONES

El uso de cultivos de acolchado sobre la superficie del suelo no mejoró las propiedades físicas del suelo, como densidad, porosidad, materia orgánica, conductividad eléctrica, y contenido de nitratos. Sin embargo, se obtuvieron diferencias significativas en el pH del suelo.

El uso de cultivos de acolchado es una práctica que puede resultar eficiente para el aumento del rendimiento y el control de malezas en col, dependiendo principalmente del tipo de acolchado utilizado. En este estudio, el acolchado de avena+ vicia consiguió evidenciar la media obtenida más alta de 68,38 cm en el diámetro del repollo y un control más efectivo de las malezas puesto que en el mismo tratamiento se registró la menor biomasa de malezas es decir una media de 3,51 g/parcela.

El efecto de acolchados en el peso del repollo fue altamente significativo para todos los tratamientos frente al testigo, el tratamiento de acolchado de avena con una media de 1634,2 g alcanzo el mayor peso de los tratamientos de acolchado, frente al control que obtuvo una media de 1184,8 g.

9. RECOMENDACIONES

Se debe continuar realizando otras investigaciones en cultivos hortícolas, sobre la aplicación de acolchados orgánicos en el suelo, en especial con avena y vicia ya que han demostrado eficiencia en la reducción del consumo de agua e inhiben el crecimiento de malezas.

Evaluar tiempos más prolongados las propiedades del suelo bajo cultivos de cobertura, durante varios ciclos de cultivos.

Explorar otros tipos de supresión del cultivo de cobertura para contrastar con el del presente estudio a fin de identificar el mejor método de supresión que represente los mejores beneficios para el productor.



10. BIBLIOGRAFÍA

- III Censo Nacional Agropecuario. (2000). Resultados Nacionales. Volumen 1.
- Alejandra, F. (2001). *Evaluación técnica de la utilización de coberturas*.
- Acharyya, P., Banerjee, A., Mukherjee, D., Mandal, J., & Sahoo, B. (2020). Impact of Different Types of Organic Mulch on Growth, Yield, Soil Dynamics and Weed Infestation in Beetroot (*Beta vulgaris* L.cv. Detroit Dark Red) Plots. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(7), 1419–1427. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.163>
- Anantharam, V. (1996). *Mathematical Theory of Communication Networks. Stochastic Analysis and Related Topics V*, 1–39. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2450-1_1
- Asanza, J., y Barahona, J. (2015). *Impacto de la cobertura vegetal y las actividades antropicas sobre la formación del suelo en una microcuenca de páramo en la cuenca alta del rio Yanuncay-Quebrada Cuevas*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21930/1/tesis.pdf>
- Anderson, J., y Ingram, J. (1993). *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*, 2ª edición. Wallingford, UK CAB International.
- Acosta, J., Amado, T., Neergaard, A., Vinther, M., Da Silva, L. y Da Silveira, R. (2011). *Effect of 15N labeled hairy vetch and nitrogen fertilization on maize nutrition and yield under no tillage*. *R. Bras. Ci. Solo*. 35: 1337-1345.
- Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., y Bodrero, M. (2013). *Cultivos de cobertura*.
- Alzugaray, P., Haase, D., y Rose, R. (2004). *Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (Pseudotsuga menziesii (Mirb .) Franco producidas con el método 1 + 1*. 25(2), 17–33.
- Arévalo, C. (2013). *Evaluación de sistemas de labranza, cultivos de cobertura y rotación con maíz duro (Zea mays L.) En la microcuenca del río Alumbre, cantón Chillanes, provincia Bolívar - Ecuador*. Universidad Estatal de Bolívar.
- Báez, M. A., y Aguirre, J. F. (2011). *Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo*. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 113–121.
- Bertolotto, M., y Marzetti, M. (2017). *Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura*. *Aapresid*, 5342(2250–5350), 31.
- Bikay, S., y Malde, J. M. (2007). *Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system*. 97, 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.09.006>
- Bolivar, S., Del Castillo, C., Murillo, W., Chilon, E., Miranda, R., y Orsag, V. (2017).



- Evaluación del efecto de mulch en tres variedades de acelga (Beta vulgaris var . Cicla) La Paz , Bolivia. Aphapi, 3(3), 702–712.*
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J., Bueno, J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordaz, V., Rodríguez, C. (2002). *Diversidad Y Rol Funcional De La Macrofauna En Los Ecosistemas Trop Mexicanos.*
- Caicedo, S., Bernal, J., Navas, G., Salamanca, C., Guevara, E., y Botero, R. (2004). *Labranza de conservación para la producción de cultivos semestrales en el piedemonte llanero. (I).*
- Candia, R. (2013). *Calibración de dos sensores del tipo FDR y un sensor TDR en distintas condiciones de salinidad de suelo.* Universidad de Chile.
- Córdova, J., y Valverde, F. (2002). *Evaluación de la erosión causada por labranza con arado y rastra en Carchi-Ecuador. VIII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo, 1–9.*
- Castillo, B., Caamal, J., Jiménez, J., Bautista, F., Amaya, M., y Rodríguez, R. (2010). *Evaluación de tres leguminosas como coberturas asociadas con maíz en el trópico subhúmedo. Agronomía Mesoamericana, 21(8701), 39–50.*
- Christensen, B (2001). *Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. European Journal of Soil Science 52 (3), 345-353.*
- Cortés, D., Pérez, J., y Camacho, J. (2013). *Relación eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. 401–408.*
- Cunuhay, K., y Vivas, M. (2015). *(Brassica campestris) y perejil (Petroselinum crispum) con fertilizantes orgánicos. Ciencia y Tecnología Al Servicio Del Pueblo, 2(1), 29–34.*
- Estudio de acolchados biodegradables. (2006).*
- FAO. (1990). *Guía para la descripción de suelos. Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, 3(4), 100. file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00 (1).pdf*
- FAO. (1999). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal.*
- FAO. (2000). *Principios de la agricultura de conservación | Agricultura de conservación | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved April 14, 2019, from <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/principles-of-ca/es/>*
- FAO. (2002). *Agricultura de conservación Estudio de casos en América Latina y África.*
- FAO. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>*



- Fernandez, M. (2006). *Calibración del TDR reflectometría en el dominio del tiempo para la determinación de humedad volumétrica y conductividad eléctrica de suelos de la localidad de Choquenaira.*
- Ferreira, E., y Sellés, G. (2013). *Manual de riego para frutales: uso eficiente del agua de riego y estrategias para enfrentar períodos de escasez.* (Boletín IN). Instituto de Investi- gaciones Agropecuarias, Centros Regionales de Investigación La Platina y La Cruz.
- Frutos, Vanesa. (2015). *Efecto de la utilización del mulch natural, maíz (Zea mays L.), caña de azúcar (Saccharum officinarum L.), vicia (Vicia sativa L.), y avena (Avena sativa L.) Sobre la producción del brócoli (Brassica oleracea L.) En el campus Querochaca, Facultad De Ciencias Agropecuarias.*
- Frutos, V, Pérez, M., y Risco, D. (2016). *Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. Var. Italica) en Ecuador. Idesia, 34(6), 61–66.* <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000038>
- Furlán, F. (2011). Cultivos de cobertura: influencia sobre la calidad química y física del suelo. In *“Implicaciones de la aplicación al suelo de efluentes líquidos de tambo sin depurar.”*
- Galeana, M., García, N., Flores, D., y Santos, A. (1999). Conservation Tillage and Fertilization in Corn Yield and its Effect on the Soil. *Terra, 17, 325–335.*
- Gabathuler, E. Liniger, H., Hauert, C., y Giger, M. (2009). Beneficios de la gestión sostenible de la tierra. Gerny: Wachs, Ted & Thobault, Marlene, eds.
- Ghimire, B., Ghimire, R., vanleeuwen, D., y Mesbah, A. (2017). Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability (Switzerland), 9(12), 1–14.* <https://doi.org/10.3390/su9122316>
- Gil Ribes, J. A., Ordoñez Fernandez, R., González Sanchez, E. J., Veroz González, Ó., Gómez Ariza, M., y Sánchez Ruiz, F. (2017). *Beneficios de la Agricultura de Conservación en un entorno de cambio climático.* [Http://www.agriculturadeconservacion.org/Estudio_AEAC.pdf](http://www.agriculturadeconservacion.org/Estudio_AEAC.pdf)
- Gomez, C. (2012). *Efecto De Distintos Mulchings Sobre La Humedad Y Temperatura Del Suelo, Estado Hídrico, Incidencia De Malezas Y Crecimiento De Un Cultivo En Implantación De Mandarina Nova En Concordia, Entre Ríos. 1, 21–22.*
- Ghosh, P., Dayal, D., Bandyopadhyay, K., Mohanty, M. (2006). *Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. Field Crop. Res. 99:76-86*
- Guerrero, C., Etchevers, J., Fuentes, M., Goaverts, B., León, F., & Herrera, J. (2013). *Influence of the Roots on Soil Aggregation.*
- Guambo, M. (2010). *Estudio bioagronómico de 20 cultivares de coL (Brassica oleracea L. Var. Capitata), ESPOCH, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.* Escuela



superior politécnica de Chimborazo

- Gruszecki, R., Borowy, A., Sałata, A., y Zawiślak, G. (2015). *Effect of living mulch and linuron on weeds and yield of carrot under ridge cultivation. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 14(6), 67–82.
- Heriquez, S. (2014). *Efecto de acolchados sobre propiedades físicas de un suelo de la sabana de Bogotá y su relación con el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L)*. [Http://www.bdigital.unal.edu.co/46576/](http://www.bdigital.unal.edu.co/46576/)
- Hernández, C., Cardona, C., Vergara, C., Araméndiz, H., y Velázquez, R. (2015). *Efecto de coberturas y micorrizas nativas sobre el cultivo de berenjena (Solanum melongena L .)*. *Rev.Agron*, 23(1), 7–19.
- Hernández y Vélez. (2010). *Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en un andisol del departamento de Nariño. Revista de Agronomía*, 27(1), 40–48.
- Infante, M. L., y Morse, R. D. (1996). *Integration of no tillage and overseeded legume living mulches for transplanted broccoli production. HortScience*, 31(3), 376–380.
- Jaramillo, J., y Diaz, C. (2006). *El cultivo de las crucíferas Brócoli, Coliflor, Repollo y Col china*. Colombia: Litomadrid-Cra
- Jiron, J. (1997). *Evaluación técnica y económica de cultivos de cobertura y barreras vivas para pequeños agricultores de laderas*. Escuela Agrícola Panamericana.
- Jordán, A., Zavala, L., y Gil, J. (2010). *Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. Catena*, 81, 77-85.
- Kladivko, E. (1994). *Residue effects on soil physical properties. Managing Agricultural Residues*. pp. 123-141, Chap. 7
- León, E. (2016). *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*.
- Leary, J., DeFrank, J. (2000). Living mulches for organic farming systems. *HortTechnol.*, 10(4), 692–698
- López, R. (2010). *Laboreo de Conservación: Efectos a corto y largo plazo sobre la calidad del suelo y el desarrollo de los cultivos*.
- McGuire, A. (2018). Efectos de los herbicidas, fertilizantes y labranza en el suelo. Retrieved April 14, 2019, from <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2017/01/19/Efectos-de-los-herbicidas-fertilizantes-y-labranza-en-el-suelo.aspx?disp=1>
- Mejía, A., y Monteros, E. (2018). *Efecto de tres tipos de mulch orgánico en la calidad del suelo en parcelas de cultivos asociados en Aloburo Y Yahuarcocha*,



Imbabura. Universidad técnica del norte.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (2011). El cultivo de repollo. Consultado el: 02 agosto 2020. Recuperado de http://www.mag.go.er/biblioteca_virtual_ciencia

Morales, C. (2005). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. Santiago de Chile.

Najul, C., y Anzalone, A. (2006). *Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la caraota negra (Phaseolus vulgaris L.)*. *Bioagro*, 18(2), 75–82.

Naranjo, M., y Ataroff, M. (2015). *Calibración de equipos tdr para su uso en suelos no disturbados*. 40(June), 416–422.

Nagargoje, A. S. (2014). *Effect of combined application of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of cabbage (Brassica oleracea L. Var. capitata)*. *Ecology, Environment and Conservation*, 20(4), 1645–1646.
<https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2119.1042>

Navarro, H., Pérez, A., y Castillo, F. (2007). *Evaluation of five plant species as cover crops in the high valleys of México*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 151–157.

Novillo, Pellegrine, Chamorro, Bezu, y Golik. (2017). *Efecto de la cobertura vegetal sobre la temperatura del suelo*. 53(9), 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Noni, G. y Trujillo, G. (2010). Degradación del suelo en el Ecuador. *Revista Cultura*, 383–394. Retrieved from http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf

Novara, A., Minacapilli, M., Santoro, A., Rodrigo, J., Carrubba, A., Sarno, M., ... Gristina, L. (2018). *Real cover crops contribution to soil organic carbon sequestration in sloping vineyard*. *Science of the Total Environment*, 652, 300–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.247>

Pacheco, Y. (2015). *Evaluación de la desertificación en la provincia del Azuay a partir del año 1980*. Universidad Politécnica Salesiana.

Palacios, I., Ushiña, D., y Carrera, D. (2018). *Identificación de Cangahuas para su recuperación mediante estudio multicriterio y constatación in situ en comunas del volcán Ilaló*. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 13(1), 9–12.
<https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.649>

Paustian, K., Six, J., Y Hunt, E. T. E. H. W. (1999). *Management options for reducing CO2 emissions from agricultural soils*. *Biogeochemistry*, 147–163. Retrieved from [papers2://publication/uuid/5941582A-85A7-433A-AA2A-1C54EB303156](https://publication/uuid/5941582A-85A7-433A-AA2A-1C54EB303156)

Pound, B. (1997). *Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Latina*. *Food and Agriculture Organization*, 97–120.



- Proaño, V., y Lacroix, P. (2013). *Dinámicas de comercialización para la agricultura familiar campesina: desafíos y alternativas en el escenario ecuatoriano*. In *Publicación SIPAE, AVSF-Ecuador*
- Pérez, E., Vásquez, M., González, D., Pimienta, E., Nájera, M., y Torres, P. (2004). *Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica*. *Terra Latinoamericana*, 22(3), 335–341.
- PDOT. (2011). " *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia San Joaquín*".
- Quintero, M. (2015). *Efecto del acolchado plástico y orgánico sobre la temperatura del suelo y el rendimiento de tomate en invernadero* [Universidad Autónoma De Nuevo León].
[Http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5bqij3a2mlawuv4oize%0Ahttp://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?Script=sci_](http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5bqij3a2mlawuv4oize%0Ahttp://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?Script=sci_)
- Rahman, M., Uddin, M., Bagum, S., Mondol, A., y Zaman, M. (2006). *Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the coastal area of Bangladesh under rainfed condition*. *Int. J. Sustain. Crop Prod.*, 1(1), 6–10.
- Raspo, C., y Tassone, L. (2016). *Cultivos de cobertura de avena y centeno: efecto de la fertilización nitrogenada y momento de quemado sobre la eficiencia de uso del agua, relación carbono nitrógeno y control de malezas*. Universidad Nacional de la Pampa.
- Rea, F. (2012). *Respuesta del cultivo de col (Brassica oleracea) a la aplicación de tres tipos de abonadora orgánica en la zona de Otavalo, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica De Babahoyo.
- Riquelme, J. (2003). *Labranza de Conservación*. *Informativo INIA Raihuén N° 12*, 8. Retrieved from [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Labranza de conservación.pdf%0Ahttp://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR31560.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Labranza%20de%20conservaci%C3%B3n.pdf%0Ahttp://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR31560.pdf)
- Rodríguez, G. (2007). *Effect of rice bran mulching on growth and yield of cherry tomato*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3), 181–186.
[Https://doi.org/10.7764/rcia.v34i3.401](https://doi.org/10.7764/rcia.v34i3.401)
- Rodríguez, J. (2008). *Diseño, construcción y evaluación de los elementos que estan en contacto directo con el suelo de una sembradora de conservación para hortalizas acoplada al motocultor*. Universidad autónoma agraria "Antonio Narro", México.
- Rodríguez, J. (2012). *Dinámica de cambios en la cobertura vegetal*. Universidad Nacional Autónoma De Honduras.



- Rodríguez, J. (2015). *Efecto de sistemas de labranzas, mejoradores y rotación de cultivos en propiedades químicas de un suelo franco-arcilloso* (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).
<https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Ruiz, E., y Molina, D. (2014). *Revisión de literatura sobre beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes**. *Palmas*, 35(1), 53–64.
- Salamanca, A., y Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 191-381–397. <https://doi.org/10.23840/agehrd.2009.41.1.191>
- Santos, W., y Castro, D. (2012). *Estudio de la Pérdida del Recurso Suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de Estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los Andes Ecuatorianos* (Pontificia Universidad Católica Del Ecuador). Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7094/6.H07.001317.pdf;sequence=4>
- Sánchez, D. (2017). *Caracterización de la sustentabilidad, eficiencia energética y rentabilidad económica de los sistemas de producción hortícola de la parroquia San Joaquín-Azuay- Ecuador*. Universidad de Cuenca.
- Sánchez, E., Ruiz, J., Romero, L., Preciado, P., Flores, M., y Márquez, C. (2018). *Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol ejotero*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 387–398. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1757>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - (Senplades). (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017, 2017, 1–148. Recuperado: Abril, 2019 de <https://doi.org/10.1109/CDC.2014.7039974>
- Scianca, C. M. (2010). *Cultivos de cobertura en molisoles de la región pampeana. Producción de materia seca, eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja*.
- SICA. (2002). Resultados nacionales sobre el III censo nacional agropecuario de la República del Ecuador. In *Censo Nacional Agropecuario*. http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=111&Itemid=126&TB_iframe=true&height=800&width=1745
- Souza, Z., y Matsura, E. (2010). *Efecto de la cobertura en las propiedades del suelo y en la producción de frijol irrigado*. 13(2), 41–50.
- Suquilanda, M. (2008). *"Agricultura Orgánica Alternativa tecnológica del futuro"*. *Fundagro-abyala*.
- Talavera, M., y Padilla, J. (2000). *Evaluación de coberturas orgánicas y plásticas para*



- el combate de malezas en tomate (Lycopersicon esculentum Miller). Agronomía Mesoamericana, 11(2), 101–107.*
[Http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711216%0acómo](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711216%0acómo)
- Tovar, M. (2018). *Efecto del acolchado plastificado y orgánico en la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) En la provincia de Acobamba-Huancavelica* [Universidad Nacional De Huancavelica].
[Http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?Sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?Sequence=1&isallowed=y)
- USDA. (2000). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo.*
- Vargas, C., Sánchez G., y Jiménez, P. (2014). La Producción de Metabolitos Secundarios en la Familia Brassicaceae. *Revista Facultad de Ciencias Básicas, 9(2), 282.* [Https://doi.org/10.18359/rfcb.388](https://doi.org/10.18359/rfcb.388)
- Villasanti, C., Román, P., y Pantoja, A. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. In *Food and Agriculture Organization of the United Nationso.*
- Walsh, B., Salmins, S., Buszard, D., MacKenzie, A. (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*
- Weston, L. (1996). *Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. Agr.I.*
- Xie, Y., Tittarelli, F., Fragstein, P. Von, Bavec, M., y Canali, S. (2016). *Can living mulches in intercropping systems reduce the potential nitrate leaching . Studies of organic cauliflower (Brassica oleracea L . Var . Botrytis) and leek (Allium porrum L .) Production across European conditions. Renewable Agriculture and Food System, 32(3).* [Https://doi.org/10.1017/S1742170516000211](https://doi.org/10.1017/S1742170516000211)
- Zribi, W., Faci, J., y Aragüés, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información técnica económica agraria, 107(2), 148–162.*
- Zhang, Q., Inoue, M., Inosako, K., Irshad, M., Kondo, K., Qui, G., Wang, S. (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.*



11. ANEXOS

11.1 Anexo 1. Tablas resumen de los estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables evaluadas.

a) Estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables edafológicas muestreadas en fases.

Variable	Fase	Contraste de normalidad test de Shapiro-Wilks		Homogeneidad de varianzas test de Bartlett
		w	p	p
Densidad aparente	Preacolchado	0,94351	0,2792	0,8871
	Precultivo	0,95543	0,457	0,7035
	Cosecha	0,98467	0,9794	0,1952
Porosidad	Preacolchado	0,94358	0,28	0,8867
	Precultivo	0,95565	0,461	0,7044
	Cosecha	0,98406	0,9572	0,2195
Riqueza de invertebrados	Preacolchado	0,95306	0,4159	0,4585
	Cosecha	0,86134	0,008307	0,7576
Índice de Shannon	Preacolchado	0,9393	0,2325	0,9087
	Cosecha	0,98463	0,9792	0,033
Materia orgánica	Preacolchado	0,96991	0,7529	0,7802
	Precultivo	0,94093	0,2492	0,8398
	Cosecha	0,92788	0,1406	0,7318
pH	Preacolchado	0,97738	0,8959	0,8495
	Precultivo	0,96272	0,5994	0,1491
	Cosecha	0,9273	0,137	0,7953
Conductividad eléctrica	Preacolchado	0,91271	0,0718	0,916
	Precultivo	0,97204	0,7973	0,2914
	Cosecha	0,9418	0,2593	0,39
Contenido de nitratos	Preacolchado	0,97422	0,8402	0,9177
	Precultivo	0,93104	0,1617	0,8714
	Cosecha	0,9547	0,444	0,9335



- b) Estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables edafológicas medidas semanalmente.

Variable	Contraste de normalidad test de Shapiro-Wilks		Homogeneidad de varianzas test de Bartlett
	w	p	p
Temperatura	0,95342	0,422	0,935
Contenido volumétrico del agua	0,9392	0,2316	0,5851
Conductividad eléctrica del suelo	0,98996	0,9981	0,6208

- c) Estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables edafológicas puntuales.

Variable	Contraste de normalidad test de Shapiro-Wilks		Homogeneidad de varianzas test de Bartlett
	w	p	p
Biomasa acumulada de malezas	0,96628	0,6753	0,3674

- d) Estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables del cultivo medidas semanalmente.

Variable	Contraste de normalidad test de Shapiro-Wilks		Homogeneidad de varianzas test de Bartlett
	w	p	p
Longitud del tallo	0,98181	0,9552	0,4616
Diámetro del tallo	0,95463	0,4428	0,4421
Clorofila	0,9582	0,5086	0,9687
Número de hojas acumuladas	0,95966	0,5371	0,5509



- e) Estadísticos de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables del cultivo puntuales.

VARIABLE	Contraste de normalidad test de Shapiro-Wilks		Homogeneidad de varianzas test de Bartlett
	w	p	p
Nitrato de la hoja/ repollamiento	0,95742	0,4936	0,191
Longitud de raíz	0,9774	0,8962	0,8903
Volumen radicular	0,91768	0,08941	0,4931
Días al repollamiento	0,68278	2,42E-05	0,9987
Peso del repollo	0,97241	0,4605	0,503
Diámetro del repollo	0,89958	0,00248	0,3136

11.2 Anexo 2. Tablas resumen de los estadísticos descriptivos de las variables evaluadas.

- a) Estadísticos Descriptivos de la variable densidad aparente del suelo

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Densidad aparente	Avena	Preacolchado	1,46	0,06	0,13	0,02
	Avena	Precultivo	1,41	0,02	0,06	0,00
	Avena	Cosecha	1,42	0,08	0,17	0,03
	Vicia	Preacolchado	0,44	0,05	0,11	0,01
	Vicia	Precultivo	1,47	0,02	0,04	0,00
	Vicia	Cosecha	1,41	0,04	0,09	0,01
	Avena + Vicia	Preacolchado	1,45	0,04	0,08	0,01
	Avena + Vicia	Precultivo	1,45	0,01	0,03	0,00
	Avena + Vicia	Cosecha	1,41	0,02	0,05	0,00
	Control	Preacolchado	1,39	0,05	0,12	0,01
	Control	Precultivo	1,46	0,02	0,05	0,00
	Control	Cosecha	1,47	0,05	0,11	0,01



*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Densidad aparente	Avena	Preacolchado	8,64	0,24	-0,19	-2,14
	Avena	Precultivo	3,95	0,09	-0,11	0,42
	Avena	Cosecha	12,06	0,28	0,17	1,58
	Vicia	Preacolchado	7,78	0,17	1,8	3,49
	Vicia	Precultivo	2,52	0,07	-0,08	-1,62
	Vicia	Cosecha	6,81	0,18	-0,11	-1,82
	Avena + Vicia	Preacolchado	5,81	0,17	-0,13	-2,56
	Avena + Vicia	Precultivo	2,16	0,06	-0,61	0,00
	Avena + Vicia	Cosecha	3,63	0,09	-1,39	2,11
	Control	Preacolchado	8,66	0,18	1,6	3,21
	Control	Precultivo	3,32	0,09	-0,6	-3,14
	Control	Cosecha	7,66	0,21	0,16	-1,66

b) Estadísticos descriptivos de la variable porosidad del suelo.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Porosidad	Avena	Preacolchado	44,91	2,13	4,76	22,65
	Avena	Precultivo	46,94	0,94	2,09	4,38
	Avena	Cosecha	46,21	2,87	6,42	41,19
	Vicia	Preacolchado	45,74	1,89	4,22	17,83
	Vicia	Precultivo	44,6	0,62	1,39	1,95
	Vicia	Cosecha	46,62	1,61	3,6	12,96
	Avena + Vicia	Preacolchado	45,21	1,42	3,18	10,13
	Avena + Vicia	Precultivo	45,43	0,53	1,18	1,39
	Avena + Vicia	Cosecha	46,68	0,89	2,01	4,04
	Control	Preacolchado	47,32	2,04	4,57	20,85
	Control	Precultivo	44,6	0,8	1,83	3,37
	Control	Cosecha	44,37	1,89	4,24	17,95



*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Porosidad	Avena	Preacolchado	10,6	9,06	0,19	-2,14
	Avena	Precultivo	4,46	3,58	0,11	0,43
	Avena	Cosecha	13,89	10,34	-0,17	1,56
	Vicia	Preacolchado	9,23	6,41	0,09	3,49
	Vicia	Precultivo	3,13	2,64	-1,8	-1,61
	Vicia	Cosecha	7,72	6,98	0,11	-2,01
	Avena + Vicia	Preacolchado	7,04	3,39	0,13	-2,56
	Avena + Vicia	Precultivo	2,6	6,22	0,61	0,01
	Avena + Vicia	Cosecha	4,31	2,08	1,34	1,87
	Control	Preacolchado	9,65	6,8	-1,6	3,21
	Control	Precultivo	4,12	3,39	0,6	-3,15
	Control	Cosecha	9,55	8,06	-0,26	-1,46

c) Estadísticos descriptivos de la variable riqueza de invertebrados.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Riqueza de invertebrados	Avena	Preacolchado	3,2	0,37	0,84	0,7
	Avena	Cosecha	9,8	1,77	3,96	15,70
	Vicia	Preacolchado	2,8	0,86	1,92	3,7
	Vicia	Cosecha	6,8	1,53	3,42	11,70
	Avena + Vicia	Preacolchado	2,80	0,58	1,3	1,70
	Avena + Vicia	Cosecha	11,6	2,62	5,86	34,30
	Control	Preacolchado	2,6	0,51	1,14	1,3
	Control	Cosecha	8,8	1,93	4,32	18,7

*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef. Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Riqueza de invertebrados	Avena	Preacolchado	26,15	1,5	-0,51	-0,61
	Avena	Cosecha	40,43	7,5	0,61	-2,34
	Vicia	Preacolchado	68,7	3	1,52	2,61
	Vicia	Cosecha	50,3	6,5	0,59	-2,98
	Avena + Vicia	Preacolchado	46,57	2,5	-0,54	-1,49
	Avena + Vicia	Cosecha	50,49	11	0,59	-3,31
	Control	Preacolchado	43,85	2	-0,4	-0,18
	Control	Cosecha	49,14	8	0,6	-0,52



d) Estadísticos descriptivos de la variable índice de Shannon.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Índice de Shannon	Avena	Preacolchado	0,62	0,18	0,39	0,16
	Avena	Cosecha	1,63	0,09	0,21	0,05
	Vicia	Preacolchado	0,48	0,2	0,46	0,21
	Vicia	Cosecha	1,44	0,14	0,31	0,09
	Avena + Vicia	Preacolchado	0,14	0,138	0,31	0,09
	Avena + Vicia	Cosecha	1,37	0,189	0,42	0,18
	Control	Preacolchado	0,6	0,17	0,38	0,14
	Control	Cosecha	1,43	0,03	0,07	0,05

*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Índice de Shannon	Avena	Preacolchado	63,34	0,58	-0,91	2,4
	Avena	Cosecha	13,02	0,39	-0,76	-1,36
	Vicia	Preacolchado	95,29	0,85	-0,22	-2,52
	Vicia	Cosecha	21,11	0,55	0,06	-0,07
	Avena + Vicia	Preacolchado	223,61	0,345	2,24	5
	Avena + Vicia	Cosecha	30,86	0,775	-0,15	-0,83
	Control	Preacolchado	64,42	0,55	-1,05	2,54
	Control	Cosecha	4,97	0,13	-0,93	-1,12

e) Estadísticos descriptivos de la variable materia orgánica.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Materia orgánica	Avena	Preacolchado	5,6	0,25	0,55	0,3
	Avena	Precultivo	6,2	0,74	0,16	2,70
	Avena	Cosecha				
	Vicia	Preacolchado	5	0,32	0,71	0,5
	Vicia	Precultivo	5,2	0,49	1,09	1,20
	Vicia	Cosecha				
	Avena + Vicia	Preacolchado	4,80	0,2	0,45	0,20
	Avena + Vicia	Precultivo	5,2	0,58	1,3	1,70
	Avena + Vicia	Cosecha				
	Control	Preacolchado	5,2	0,2	0,45	0,2
	Control	Precultivo	7,6	0,75	1,67	2,80
	Control	Cosecha				



*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Materia orgánica	Avena	Preacolchado	9,78	1	-0,61	-3,33
	Avena	Precultivo	26,5	3	-0,52	-1,69
	Avena	Cosecha				
	Vicia	Preacolchado	14,14	1	0,00	2
	Vicia	Precultivo	21,07	1,5	1,29	2,92
	Vicia	Cosecha				
	Avena + Vicia	Preacolchado	9,32	0,5	-2,24	5
	Avena + Vicia	Precultivo	25,07	2,5	0,54	-1,49
	Avena + Vicia	Cosecha				
	Control	Preacolchado	8,6	0,5	2,24	5
	Control	Precultivo	22,02	3	-1,09	0,54
	Control	Cosecha				

f) Estadísticos descriptivos de la variable pH.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
pH	Avena	Preacolchado	7,16	0,09	0,22	0,05
	Avena	Precultivo	6,62	0,18	0,41	0,17
	Avena	Cosecha	7,11	0,106	0,24	0,06
	Vicia	Preacolchado	7,23	0,06	0,14	0,19
	Vicia	Precultivo	7,01	0,08	0,18	0,03
	Vicia	Cosecha	7,05	0,16	0,35	0,13
	Avena + Vicia	Preacolchado	7,17	0,08	0,18	0,03
	Avena + Vicia	Precultivo	6,86	0,08	0,17	0,03
	Avena + Vicia	Cosecha	7,09	0,11	0,23	0,05
	Control	Preacolchado	7,25	0,07	0,16	0,03
	Control	Precultivo	7,09	0,07	0,15	0,02
	Control	Cosecha	7,22	0,1	0,23	0,05

*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
pH	Avena	Preacolchado	3,07	0,35	-0,54	1,67
	Avena	Precultivo	6,21	0,78	-0,57	-3,16
	Avena	Cosecha	3,32	0,47	-0,13	-2,64
	Vicia	Preacolchado	1,94	0,27	0,17	-2,53
	Vicia	Precultivo	2,6	0,29	1,48	2,51
	Vicia	Cosecha	5,01	0,7	-0,24	-2,7
	Avena + Vicia	Preacolchado	2,55	0,31	0,12	0,77
	Avena + Vicia	Precultivo	2,54	0,29	-1,14	1,29
	Avena + Vicia	Cosecha	3,34	0,45	0,06	-1,19
	Control	Preacolchado	2,22	0,31	0,57	-3,14
	Control	Precultivo	2,11	0,23	-1,09	2,41



	Control	Cosecha	3,2	0,46	0,06	-2,77
--	---------	---------	-----	------	------	-------

g) Estadísticos descriptivos de la variable conductividad eléctrica.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Ce	Avena	Preacolchado	0,16	0,01	0,02	0,00
	Avena	Precultivo	0,15	0,01	0,02	0,00
	Avena	Cosecha	0,14	0,01	0,02	0,00
	Vicia	Preacolchado	0,17	0,00	0,02	0,00
	Vicia	Precultivo	0,14	0,01	0,01	0,00
	Vicia	Cosecha	0,16	0,02	0,04	0,00
	Avena + Vicia	Preacolchado	0,16	0,01	0,02	0,00
	Avena + Vicia	Precultivo	0,14	0,00	0,01	0,00
	Avena + Vicia	Cosecha	0,15	0,01	0,02	0,00
	Control	Preacolchado	0,17	0,01	0,03	0,00
	Control	Precultivo	0,14	0,01	0,01	0,00
	Control	Cosecha	0,15	0,01	0,02	0,00

*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Ce	Avena	Preacolchado	13,07	0,03	-0,29	1,18
	Avena	Precultivo	14,26	0,04	-0,21	-2,06
	Avena	Cosecha	14,96	0,04	0,25	-2,6
	Vicia	Preacolchado	12,72	0,03	1,69	2,67
	Vicia	Precultivo	8,11	0,02	-0,53	-1,19
	Vicia	Cosecha	29,17	0,07	1,38	2,23
	Avena + Vicia	Preacolchado	16,46	0,05	0,83	0,33
	Avena + Vicia	Precultivo	5,78	0,01	0,22	-2,76
	Avena + Vicia	Cosecha	19,71	0,06	-0,6	-1,99
	Control	Preacolchado	16,71	0,04	1,76	3,44
	Control	Precultivo	10,33	0,02	-0,53	-2,96
	Control	Cosecha	15,2	0,04	-0,8	-1,93

h) Estadísticos descriptivos de la variable nitratos en el suelo.

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
NO ₃	Avena	Preacolchado	232	45,7	102,1	10420
	Avena	Precultivo	50,6	11,8	26,4	695
	Avena	Cosecha	276	39,3	87,9	7730,0
	Vicia	Preacolchado	302	33,70	75,3	5670
	Vicia	Precultivo	56	8,12	18,17	330
	Vicia	Cosecha	270	44,6	99,7	9950
	Avena + Vicia	Preacolchado	314	47,8	106,9	11430
	Avena + Vicia	Precultivo	48,6	12,10	27,00	728,3
	Avena + Vicia	Cosecha	252	42,8	95,8	9170,0



	Control	Preacolchado	268	45,5	101,8	10370
	Control	Precultivo	69,4	9,70	21,69	470,3
	Control	Cosecha	312	54,4	121,7	14720

*Continuación

Variable	Tratamiento	Fase Muestreo	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
NO ₃	Avena	Preacolchado	44	180	1,04	0,63
	Avena	Precultivo	52,11	49	0,77	-1,95
	Avena	Cosecha	31,86	170	0,19	-1,81
	Vicia	Preacolchado	24,93	135	-0,98	-0,64
	Vicia	Precultivo	32,44	35	-0,2	-2,59
	Vicia	Cosecha	36,94	185	-0,41	-0,75
	Avena + Vicia	Preacolchado	34,05	165	-1,24	2,52
	Avena + Vicia	Precultivo	55,53	38	2,05	4,26
	Avena + Vicia	Cosecha	38	165	-1,24	1,04
	Control	Preacolchado	38	170	1,13	1,66
	Control	Precultivo	31,25	33,5	0,02	1,78
	Control	Cosecha	39,02	165	-0,98	1,86

i) Estadísticos descriptivos de la variable contenido de agua

Variable	Tratamiento	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Contenido agua	Avena	195	0,32	0,005	0,08	0,006
	Vicia	195	0,32	0,006	0,08	0,007
	Avena + Vicia	195	0,34	0,006	0,09	0,01
	Control	195	0,33	0,005	0,07	0,006

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Contenido agua	Avena	25,51	0,14	0,21	-0,95
	Vicia	26,34	0,12	0,44	-0,29
	Avena + Vicia	27,95	0,16	-0,01	-1,04
	Control	24,19	0,11	0,11	-0,56

j) Estadísticos descriptivos de la variable temperatura

Variable	Tratamiento	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Temperatura	Avena	195	23,99	0,2	2,8	7,87
	Vicia	195	23,97	0,23	3,23	10,48
	Avena + Vicia	195	23,86	0,19	2,76	7,64
	Control	195	23,97	0,2	2,89	8,35



*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Temperatura	Avena	11,69	4,6	0,58	0,12
	Vicia	13,5	4,6	-1,78	13,65
	Avena + Vicia	11,59	4,5	0,42	-0,41
	Control	12,05	4,4	0,54	-0,11

k) Estadísticos descriptivos de la variable conductividad eléctrica

Variable	Tratamiento	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
CE	Avena	195	0,27	0,007	0,1	0,01
	Vicia	195	0,67	0,22	3,16	10,03
	Avena + Vicia	195	0,29	0,008	0,11	0,01
	Control	195	0,28	0,007	0,1	0,01

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
CE	Avena	38,51	0,15	0,41	-0,37
	Vicia	473,69	0,15	7,92	61,49
	Avena + Vicia	39,28	0,17	0,54	-0,1
	Control	35,56	0,14	0,43	-0,12

l) Estadísticos descriptivos de la variable longitud del tallo.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Longitud tallo	Avena	6,33	0,25	3,05	9,3
	Vicia	6,21	0,25	3,08	9,49
	Avena + Vicia	6,19	0,25	0,25	9,11
	Control	5,86	0,24	0,24	8,27

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Longitud tallo	Avena	48,2	5,5	0,4	-0,55
	Vicia	49,59	5	0,36	-0,82
	Avena + Vicia	48,8	5,5	0,34	-0,91
	Control	49,12	5,42	0,25	-1



m) Estadísticos descriptivos de la variable diámetro del tallo

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Diámetro tallo	Avena	5,56	0,28	3,38	11,45
	Vicia	5,72	0,3	3,69	13,64
	Avena + Vicia	5,11	0,25	3,01	9,06
	Control	6,03	0,3	3,65	13,64

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Diámetro tallo	Avena	60,86	5	0,65	-0,52
	Vicia	64,56	6	0,95	0,42
	Avena + Vicia	58,83	4	0,72	-0,54
	Control	60,47	6	0,45	-1,01

n) Estadísticos descriptivos de la variable número de hojas acumuladas

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Número hojas acumuladas	Avena	7,08	0,23	2,56	6,54
	Vicia	7,32	0,24	2,72	7,38
	Avena + Vicia	7,12	0,24	2,66	7,09
	Control	7,8	0,24	2,66	7,06

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Número hojas acumuladas	Avena	36,13	4	0,19	-0,89
	Vicia	37,11	4,5	0,23	-1,02
	Avena + Vicia	37,4	4	0,33	-0,93
	Control	34,03	4,5	0,17	-1,04

o) Estadísticos descriptivos de la variable contenido de clorofila.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
CCI	Avena	26,11	1,92	23,54	553,91
	Vicia	26,03	0,66	8,11	65,72
	Avena + Vicia	23,94	0,68	8,31	68,97
	Control	24,64	0,65	7,97	63,5



*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
CCI	Avena	90,15	13,35	10,12	116,03
	Vicia	31,14	12,53	0,24	-0,37
	Avena + Vicia	34,69	12,5	0,09	-0,74
	Control	32,34	12,53	-0,06	-0,87

p) Estadísticos descriptivos de la biomasa de malezas.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Biomasa	Avena	4,02	0,944	2,11	4,45
	Vicia	11,86	2,46	5,5	30,23
	Avena + Vicia	3,51	1,5	3,36	11,27
	Control	13,33	1,61	3,59	12,92

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Biomasa	Avena	52,51	4,02	-0,19	-1,70
	Vicia	46,37	10,56	-0,28	-1,64
	Avena + Vicia	95,76	4,95	1,91	3,71
	Control	26,97	6,35	-0,63	-0,4

q) Estadísticos descriptivos de la variable volumen radicular.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Volumen raíz	Avena	22,43	2,71	10,15	103,03
	Vicia	18,21	2,72	10,17	103,41
	Avena + Vicia	15,30	3,22	12,47	155,60
	Control	11	1,35	5,21	27,14



*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Volumen raíz	Avena	45,26	11,75	1,97	5,34
	Vicia	55,83	11,63	1,31	2,12
	Avena + Vicia	81,53	15	1,28	0,93
	Control	47,36	8	0,26	-0,6

r) Estadísticos descriptivos de la variable peso del repollo.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Peso repollo	Avena	1634,2	84,1	222,5	49507,6
	Vicia	1380,2	92,2	380,3	144640,2
	Avena + Vicia	1614	181	363	131471
	Control	1184,8	91,2	288,5	832514,4

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Peso repollo	Avena	13,62	401,5	-0,14	-1,15
	Vicia	27,55	530,3	0,71	0,16
	Avena + Vicia	22,47	693	0,48	-2,07
	Control	24,35	494,9	-0,03	-0,82

s) Estadísticos descriptivos de la variable diámetro del repollo.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Diámetro repollo	Avena	65,93	2,06	5,45	29,7
	Vicia	65,05	2,01	8,3	68,94
	Avena + Vicia	68	5,74	11,48	132
	Control	59,63	1,84	5,81	33,74



*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Diámetro repollo	Avena	8,27	6,5	0,38	0,42
	Vicia	12,76	8,85	1,99	5,55
	Avena + Vicia	16,8	20,13	1,62	2,51
	Control	9,74	8,13	0,05	0,39

t) Estadísticos descriptivos de la variable días al repollamiento.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Días repollamiento	Avena	50,68	0,87	4,34	18,81
	Vicia	50,68	0,87	4,34	18,81
	Avena + Vicia	50,68	0,87	4,34	18,81
	Control	50,92	0,88	4,4	19,41

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Días repollamiento	Avena	8,56	0,00	2,66	6,24
	Vicia	8,56	0,00	2,66	6,24
	Avena + Vicia	8,56	0,00	2,66	6,24
	Control	8,65	0,00	2,4	5,06

u) Estadísticos descriptivos de la variable Nitratos de la hoja al repollamiento.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
No ₃ savia repollamiento	Avena	368	81,3	181,9	33070
	Vicia	368	52,9	118,2	13970
	Avena + Vicia	318,0	121	271	73477
	Control	185,4	41,5	92,9	8625,8



*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
No ₃ savia repollamiento	Avena	49,42	275,0	1,09	2,46
	Vicia	32,12	230	0,43	-2,29
	Avena + Vicia	85,13	509,0	0,67	-0,75
	Control	50,09	182	-0,2	-2,72

v) Estadísticos descriptivos de la variable longitud de la raíz.

Variable	Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Longitud raíz	Avena	113,83	8,0	18,0	326,49
	Vicia	108,32	9,17	20,5	420,26
	Avena + Vicia	125,64	7,317	16,36	267,72
	Control	109,36	10,8	24,16	584,15

*Continuación

Variable	Tratamiento	Coef.Var.	IQR	Asimetría	Curtosis
Longitud raíz	Avena	22,4	32,88	0,27	-0,50
	Vicia	78,3	38,51	0,03	-0,50
	Avena + Vicia	45,6	32	0,50	-2,08
	Control	72,6	41,81	0,18	0,69