



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

Evaluación de residuos de coberturas vegetales como acolchado en el desarrollo y rendimiento del cultivo de Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) con labranza reducida

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

AUTOR:

John Steven Rúa Carpio

C.I. 0105633309

Correo electrónico: johnrua1@hotmail.com

DIRECTOR:

Ing. Eduardo José Chica Martínez PhD.

C.I. 0912795101

Cuenca - Ecuador

22 de febrero de 2022



RESUMEN

La producción de hortalizas en el Ecuador representa una alternativa de suma importancia económica para el agricultor, no obstante, las malas prácticas agrícolas aceleran el deterioro de los suelos ocasionando que se reduzca el rendimiento y calidad de los cultivos de primera necesidad; los sistemas de acolchado son una alternativa de manejo que puede contribuir a solucionar los problemas registrados por malas prácticas de manejo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de residuos de 3 tipos de coberturas vegetales como acolchado en el desarrollo y rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en un esquema de cultivo con labranza reducida. El experimento fue ejecutado en el Campus Yanuncay de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 20 unidades experimentales en un área total de 60 m²; Los tratamientos evaluados fueron: T1: acolchado de *Avena sativa* L., T2: acolchado de *Vicia sativa* L. T3: acolchado de *Avena sativa* L. con *Vicia sativa* L. y T0: sin cobertura (Testigo comercial). Al final del experimento los tratamientos no modificaron ninguna variable edafológica a excepción de la materia orgánica; los acolchados obtuvieron una mejora en algunas variables de desarrollo del cultivo, pero no fue una respuesta consistente, además estos acolchados no mostraron diferencias en las variables biológicas del suelo, registrando un aumento considerable de cobertura vegetal por parte del cultivo de *Vicia*.

Palabras claves: Cultivos de cobertura. Agricultura de conservación. Residuos vegetales.



ABSTRACT

Vegetable production in Ecuador represents an alternative of great economic importance for the farmer, however, poor agricultural practices accelerate soil deterioration causing a reduction in the yield and quality of staple crops; mulching systems are an alternative management that can contribute to solve the problems caused by poor management practices. The objective of this study was to evaluate the effect of using residues from 3 types of cover crops as mulch on the development and yield of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) in a reduced tillage cultivation scheme. The experiment was carried out 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 replications with a total of 20 experimental units in a total area of 60 m²; the treatments evaluated were: T1: mulching of *Avena sativa* L., T2: mulching of *Vicia sativa* L., T3: mulching of *Avena sativa* L. with *Vicia sativa* L. and T0: no cover (commercial control). At the end of the experiment, the treatments did not modify any edaphological variable except for organic matter; the mulches obtained an improvement in some variables of crop development, but it was not a consistent response, in addition, these mulches did not show differences in the biological variables of the soil, registering a considerable increase in plant cover by the *Vicia* crop.

Key words: Cover crops. Conservation agriculture. Plant residues.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	2
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE ANEXOS.....	11
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA	12
AGRADECIMIENTOS	15
DEDICATORIA.....	16
1. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. OBJETIVOS	20
4.1. General.....	20
4.2. Específicos.....	20
5. HIPÓTESIS.....	20
6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	21
6.1. Producción de zucchini en Ecuador.....	21
6.2. Los sistemas de acolchado.....	21
6.2.1. Importancia del acolchado en sistemas agrícolas convencionales	22
6.3. Cultivos de cobertura.....	22



6.3.1.	Coberturas vegetales en hortalizas	22
6.4.	Efecto de las coberturas vegetales en el suelo	23
6.4.1.	Efecto sobre las características físicas.....	23
6.4.2.	Efecto sobre las características químicas	24
6.4.3.	Efecto sobre las características biológicas	24
6.4.4.	Efecto sobre los cultivos	25
6.5.	Residuos vegetales en sistemas de acolchado	26
6.6.	Labranza reducida en sistemas de acolchado	26
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
7.1.	Área de Estudio	27
7.1.1.	Materiales y Equipos.....	28
7.1.2.	Factor de Estudio.....	29
7.1.3.	Especificación de la unidad experimental.....	30
7.2.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
7.2.1.	Limpieza del terreno y delimitación del área de trabajo	32
7.2.2.	Siembra de los cultivos de cobertura	32
7.2.3.	Instalación de sistema de riego	32
7.2.4.	Manejo y monitoreo de acolchado de residuos vegetales	33
7.2.5.	Establecimiento del cultivo de zucchini.....	33
7.2.6.	Manejo del cultivo	33
7.2.7.	Toma de datos antes del establecimiento del cultivo de zucchini.....	33



7.2.8.	Toma de datos durante el desarrollo del cultivo de zucchini	34
7.2.9.	Toma de datos en la cosecha del cultivo de zucchini	34
7.3.	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES EVALUADAS	34
7.3.1.	Variables Edafológicas	34
7.3.2.	Variables en el desarrollo y cosecha del cultivo de zucchini.....	36
7.4.	Procesamiento de Datos	38
8.	RESULTADOS.....	39
8.1.	Propiedades físicas y químicas del suelo.....	39
8.1.1.	Densidad aparente del suelo.....	39
8.1.2.	Estructura del suelo	39
8.1.3.	Contenido de materia orgánica.....	40
8.1.4.	pH.....	40
8.1.5.	Conductividad eléctrica del suelo.....	41
8.1.6.	Contenido de humedad del suelo	43
8.1.7.	Temperatura.....	44
8.2.	Índices de crecimiento y desarrollo del cultivo de zucchini (<i>Cucurbita pepo</i> L.).....	45
8.2.1.	Longitud del tallo	45
8.2.2.	Diámetro del tallo.....	46
8.2.3.	Número de hojas acumuladas.....	46
8.2.4.	Número de frutos obtenidos	47
8.2.5.	Peso del fruto.....	48



8.2.6.	Diámetro del fruto	48
8.2.7.	Longitud de la raíz.....	49
8.2.8.	Volumen radicular	50
8.2.9.	Índice de contenido de clorofila ICC	50
8.2.10.	Días a la aparición de la flor	51
8.2.11.	Rendimiento por planta	52
8.3.	Propiedades Biológicas.....	52
8.3.1.	Riqueza de macrofauna de invertebrados.....	52
8.3.2.	Índice de Shannon- Wiener de macrofauna de invertebrados	53
8.3.3.	Cobertura del suelo.....	54
8.3.4.	Biomasa de malezas	55
9.	DISCUSIÓN	56
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
10.1.	CONCLUSIONES	58
10.2.	RECOMENDACIONES	59
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60
12.	ANEXOS.....	66



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y Equipos usados en la Investigación.....	28
Tabla 2. Factores de Evaluación en la Investigación	30



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del experimento.	27
Figura 2. Ubicación espacial de la parcela de estudio.....	28
Figura 3. Distribución aleatoria de los tratamientos en la parcela experimental.	30
Figura 4. Unidades de muestreo en subparcelas experimentales	31
Figura 5. Densidad aparente del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.....	39
Figura 6. Contenido de materia orgánica del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.....	40
Figura 7. pH del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al final del cultivo.....	41
Figura 8. Conductividad eléctrica del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.....	42
Figura 9. Conductividad eléctrica del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.....	42
Figura 10. Conductividad eléctrica del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura.....	43
Figura 11. Contenido de humedad del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.....	43
Figura 12. Contenido de humedad del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura.....	44
Figura 13. Temperatura del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.	44
Figura 14. Temperatura del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura	45
Figura 15. Longitud del tallo de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura... ..	45
Figura 16. Diámetro del tallo de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura. .	46
Figura 17. Número de hojas acumuladas en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.....	47



Figura 18. Número de frutos obtenidos en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura..... 47

Figura 19. Peso del fruto obtenido en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura. 48

Figura 20. Diámetro de frutos acumulados en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura..... 49

Figura 21. Longitud de la raíz de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura. 49

Figura 22. Volumen radicular de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura. 50

Figura 23. Índice de contenido de clorofila ICC registrada en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura. 51

Figura 24. Días a la aparición de la flor en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura..... 51

Figura 25. Rendimiento de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura. 52

Figura 26. Riqueza de macrofauna de invertebrados y cantidad de individuos por orden taxonómico antes de la implementación de cultivos de cobertura. 53

Figura 27. Riqueza de macrofauna de invertebrados y cantidad de individuos por orden taxonómico después de la implementación de cultivos de cobertura..... 53

Figura 28. Índice de Shannon – Wiener de órdenes de invertebrados bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo..... 54

Figura 29. Cobertura del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo. . 54

Figura 30. Cobertura del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura..... 55

Figura 31. Biomasa de malezas bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo..... 55



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de normalidad y homocedasticidad de las variables estudiadas en todo el experimento.....	66
Anexo 2. Medias y error estándar de las variables medidas durante la ejecución del experimento.	67
Anexo 3. Resultados del análisis de varianza de las variables medidas durante el desarrollo del experimento.....	72
Anexo 4. Registro de las principales malezas en cada tratamiento. A. Antes de la implementación del acolchado. B. Después de la implementación del acolchado.	78
Anexo 5. Distribución de tratamientos en campo. A. Antes de la siembra de los cultivos de cobertura. B. Después de la siembra de los cultivos de cobertura.	83
Anexo 6. Parcela experimental implementada con cultivos de cobertura A. Antes de la aplicación de herbicida. B. Después de la aplicación del herbicida.....	84
Anexo 7. A. Toma de datos edafológicos B. Toma de datos en el crecimiento y cosecha del cultivo de zucchini (<i>Cucurbita pepo</i> L.).	85
Anexo 8. Control de arvenses por cada tratamiento. A. <i>Avena sativa</i> L., B. <i>Vicia sativa</i> L., C. <i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L., D. Control (Sin cobertura).....	87



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

MO: materia orgánica del suelo

HMA: Hongos micorrízicos arbusculares

D_{ap}: Densidad aparente del suelo

CE: Conductividad eléctrica del suelo

ICC: Índice de contenido de clorofila



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, **John Steven Rua Carpio**, autor del trabajo de titulación “**Evaluación de residuos de coberturas vegetales como acolchado en el desarrollo y rendimiento del cultivo de Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) con labranza reducida**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de febrero de 2022

John Steven Rua Carpio

C.I: 010563330-9



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, **John Steven Rúa Carpio** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Evaluación de residuos de coberturas vegetales como acolchado en el desarrollo y rendimiento del cultivo de Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) con 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, 22 de febrero de 2022

John Steven Rúa Carpio

C.I: 010563330-9



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza para concluir con una etapa importante en mi vida, a la Universidad de Cuenca por abrirme las puertas al conocimiento y a la formación académica y profesional fortaleciendo mis principios y valores, a mi director de tesis Ing. Eduardo J. Chica Martínez PhD, quien con sus conocimientos acertados, tiempo y apoyo me guió en cada etapa de este proyecto para conseguir los resultados esperados, así mismo a todos los docentes, autoridades y afines quienes fueron parte de mi formación académica a lo largo del lapso de mi carrera profesional. Por último, deseo agradecer el apoyo incondicional de todos mis compañeros y en especial a mi familia por todo ese apoyo moral y humano que me brindaron en los momentos más difíciles.

A todos, muchas gracias.

John Steven Rua Carpio.



DEDICATORIA

Este trabajo de Investigación va dedicado principalmente a mi madre Martha Carpio, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se lo debo principalmente a ella, quien me motiva constantemente a cumplir con mis metas y alcanzar mis anhelos.

John Steven Rua Carpio.



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los sistemas de producción hortícola poseen una dinámica basada en la búsqueda de mayor productividad en la cosecha con un uso creciente de insumos y mecanización intensiva que origina varios problemas generalizados e impactos ambientales localizados de contaminación humana en zonas tradicionales, exclusivamente en áreas de erosión y de escasos recursos naturales comprometiendo la sostenibilidad de la producción (Madeira, Pacheco, & de Castro e Melo, 2015). En áreas agrícolas los cultivos de cobertura son usados principalmente por establecer un sistema integral de cultivos que permite la restauración de la salud del suelo aumentando su actividad fisicoquímica y biológica, y protegiendo los recursos naturales ante la erosión (USDA & NRCS, 2012). La incorporación de residuos vegetales como acolchado y la labranza reducida permiten mantener la composición del suelo, almacenando la humedad, controlando la temperatura y reduciendo los costos de producción (Caicedo, y otros, 2004).

Ecuador se caracteriza por ser un territorio en el cual la actividad hortícola ha ido en crecimiento, donde la provincia del Azuay se encuentra entre los mejores productores del país (Gobierno provincial del Azuay, 2015), sin embargo, hoy en día la práctica de labranza y control de arvenses que se manejan en cultivos de hortalizas limitan el mayor aprovechamiento de elementos físicos y biológicos en el suelo sin incluir prácticas de manejo en coberturas vegetales (Zea, Pierre, Lucero, Larriva, & Chica, 2020). El presente trabajo de investigación contribuye a ampliar los conocimientos y prácticas destinadas a la recuperación del suelo y la producción de hortalizas de manera sustentable, teniendo una gran utilidad debido a la rentabilidad de esta práctica en nuestro medio, contribuyendo de forma particular a la productividad del sector agrícola en la región y la conservación del agroecosistema en la actualidad.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de vegetales involucra diferentes prácticas que comprometen la salud del suelo limitando su productividad, donde la pérdida de la cobertura vegetal es la principal causa de erosión (Díaz, 2011). Ecuador en las últimas décadas ha experimentado grandes cambios en su cobertura vegetal y el uso del suelo donde el aumento de la frontera agrícola, un rápido y desordenado avance de áreas urbanas y la presión que estas ejercen sobre el territorio son la causa del deterioro de tierras con alto potencial agrícola, convirtiendo suelo rural en urbano. Del mismo modo el movimiento de áreas de cultivos y ganaderas a las laderas de las montañas o regiones menos fértiles que reduce la funcionalidad social y ambiental del suelo (Pinos, 2016), provoca efectos nocivos que estimulan cambios en la constitución de especies, simplificación estructural y pérdida de la biodiversidad alterando los ciclos de nutrientes de Carbono e Hidrógeno, por tanto, este aumento experimentado por las actividades antrópicas son los grandes desafíos para la conservación de los ecosistemas a nivel mundial, los cuales se sustentan a base de su productividad y cantidad de Biomasa concedida en gran medida por la vegetación (Liebman & Mohler, 2009), los cultivos de cobertura tienen como objetivo optimizar la estabilidad del sistema de agricultura de conservación, no solo por la mejora de las propiedades del suelo, sino también por su capacidad para favorecer una mayor biodiversidad en el ecosistema agrícola (FAO, 2016).

La cobertura vegetal está ligada a los efectos de una serie de procesos naturales que alteran la composición, estructura y función del ecosistema, por tanto, esta práctica se convierte en un elemento importante sobre el manejo agronómico de cualquier cultivo, sobre todo de hortalizas, pues son parte esencial de la agricultura ecológica, y al mismo tiempo creando una alta fertilidad al suelo sin el uso de fertilizantes químicos a través de la fijación biológica de



nitrógeno, siendo una forma natural de reducir la compactación del suelo, controlar la humedad y disminuir el uso general de energía (FAO y GTIS, 2015).

3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) es una hortaliza no tradicional cultivada a lo largo de todo el año debido a su gran producción, extensión hacia mercados de la región y su alta demanda en numerosas provincias de la sierra, encontrándose un elevado índice de consumo que representa una alternativa de producción viable para los agricultores, tanto para mercado interno como para fines de exportación (Salama, 2006). Los sistemas de acolchado están destinados a la producción de vegetales, utilizados principalmente en la protección del suelo, mejorando la infiltración de agua, amortiguando bajas temperaturas e incrementando la cantidad de materia orgánica y nutrientes esenciales, proliferando la existencia de organismos benéficos del suelo, evitando así la erosión (Lonch, 2000; SARE & USDA, 2012); dichos acolchados mejoran el desarrollo del cultivo de rotación y las propiedades del suelo que dependerán del tipo de acolchado a utilizar, las necesidades del cultivo y las condiciones ambientales de la zona de implementación (Franczuk, Kosterna, & Zaniewicz-Bajkowska, 2010).

Las principales dificultades que presentan los sistemas de acolchado está en su alto costo de implementación e inconvenientes relacionados con su manejo (Zribri, Faci, & Aragüés, 2011), es por esto que los cultivos de cobertura al ser una alternativa rentable, versátil y de bajo costo beneficia al agricultor, permitiéndole practicar técnicas de conservación de alto rendimiento económico (Ochoa & Oyarzun, 2008), por lo tanto el presente estudio busca evaluar el efecto de los residuos de tres tipos de coberturas vegetales en el desarrollo y rendimiento del cultivo de zucchini con labranza reducida.



4. OBJETIVOS

4.1. General

- Evaluar el efecto del uso de residuos de tres tipos de coberturas vegetales como acolchado en el desarrollo y rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en un esquema de cultivo con labranza reducida.

4.2. Específicos

1. Cuantificar el desarrollo y rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) sobre residuos de tres tipos de coberturas vegetales.
2. Caracterizar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo antes y después del cultivo para cada uno de los tratamientos.

5. HIPÓTESIS

- La utilización de residuos de tres tipos de coberturas vegetales como acolchado en un sistema de labranza reducida produce un efecto sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de zucchini y en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo.



6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

6.1. Producción de zucchini en Ecuador

La cadena productiva de hortalizas en Ecuador tiene una gran trascendencia en la economía campesina, optimizando recursos de pequeños y medianos agricultores debido a su extensa variedad de producción que permite una mayor estabilidad tanto en la comercialización como en el aprovechamiento en nichos de mercado. (Proaño & Lacroix, 2013)

El cultivo de zucchini conocido como “calabacín italiano” es originario del centro de México, Perú y EE.UU. (Noreña, y otros, 2019), a nivel nacional es cultivada gracias a sus grandes rendimientos de producción siendo un vegetal no exigente en propiedades del suelo (Suquilanda, 2012). Sin embargo, para una alta producción se requiere de suelos bien drenados con alta materia orgánica, siendo muy exigente en agua (Martínez, y otros, 2016). En Ecuador se lo cultiva en campo mediante técnicas de asociación con otros cultivos o como monocultivo. Datos del tercer Censo Nacional Agropecuario del año 2000, sostienen que esta hortaliza se ha registrado en nueve provincias: Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Loja, Cañar, Chimborazo, Pastaza, Azuay y Galápagos reportándose un rendimiento aproximado de 16 t/ha (INEC, 2000).

6.2. Los sistemas de acolchado

Los acolchados se definen como una cobertura que puede ser de tipo orgánica, inorgánica o biodegradable, usada para la protección del suelo ante a la evaporación excesiva y plantas competidoras, sin recurrir a un exceso laboreo (Gosálbez, 2012). Además de potenciar la actividad física y química del suelo, contribuyen a la propagación de microorganismos benéficos (Iqbal, y otros, 2020), dichas coberturas crean un ambiente para que la planta se desempeñe de mejor manera al conservar la temperatura y la humedad, enriqueciendo de dióxido de carbono y produciendo un óptimo rendimiento microbiano en el suelo (Lalljee, 2013).



6.2.1. Importancia del acolchado en sistemas agrícolas convencionales

Coletto (2015) afirma que los sistemas agrícolas convencionales se han implantado a lo largo del siglo XX basándose en una tradición milenaria de agricultura de tipo productivista y bastante consolidados que poseen una enorme dependencia de insumos sintéticos y no garantizan la conservación de los recursos naturales, siendo las principales causas de serios inconvenientes al sector agrícola principalmente relacionados con la erosión del suelo y la pérdida de su fertilidad (Coletto, 2005). Verhulst et al. (2015) mencionan que ante estos problemas las personas han llegado a comprender que la agricultura no solo depende de la alta productividad, sino que también debe ser una práctica sustentable (Verhulst, François, & Govaerts, 2015), debido a esto los sistemas de acolchado poseen un papel fundamental en la recuperación de la calidad del suelo mejorando su fertilidad, contribuyendo en el desarrollo de la vegetación, reduciendo los efectos negativos de la agricultura convencional.

6.3. Cultivos de cobertura

La sostenibilidad de la agricultura y la producción de alimentos se ha convertido en un tema fundamental en el desarrollo económico general, donde los cultivos de cobertura conforman un elemento importante de equilibrio sobre el sistema de agricultura de conservación, al producir efectos directos e indirectos en las propiedades del suelo gracias a su capacidad para fomentar una diversidad biológica reflejada en el agroecosistema (Robacker, y otros, 2015).

6.3.1. Coberturas vegetales en hortalizas

Las coberturas más estudiadas como cultivos de cobertura en hortalizas pertenecen a la familia botánica de las gramíneas y leguminosas. Se ha comprobado que la implementación de estas coberturas se debe a su elevado incremento y producción de biomasa que controla la erosión del suelo, evitando la lixiviación de nutrientes y plantas competidoras, mejorando a su vez la



estructura y fertilidad del suelo donde la incorporación de leguminosas benefician al aporte de nitrógeno atmosférico gracias a la asociación raíz – rizobio (Rimski & Álvarez, 2016). La mezcla de estas coberturas permite obtener beneficios conjuntos debido al elevado consumo de nitrógeno por parte de las gramíneas que estimulan la fijación biológica de N_2 de la leguminosa, facilitando un mayor aprovechamiento de agua y nutrientes a distinta profundidad adoptando sistemas radicales de distintas características (Taboada & Álvarez, 2008; Rimski & Álvarez, 2016).

6.4. Efecto de las coberturas vegetales en el suelo

La principal ventaja del uso de cubiertas vegetales en el suelo es la protección frente a la erosión (Muñoz-Iniestra, López, Hernández, Soler, & López, 2009), al mismo tiempo mejora su calidad y aporta microclimas adecuados para el desarrollo de microfauna benéfica, aportando nutrientes para el cultivo de rotación, permitiendo mantener la humedad y su estructura (Clark A. , 2015).

6.4.1. Efecto sobre las características físicas

La fertilidad física comprende el análisis y manejo de aquellas características del suelo que afectan el crecimiento vegetal. (Amézquita E. , 2004) Estudios hechos por Astier et al. (2002) afirman que las principales propiedades físicas del suelo que tienen que ser consideradas para entender las cualidades de un suelo, se encuentran la estructura, densidad aparente y la infiltración; los cultivos de cobertura cumplen la función de mejorar la porosidad del suelo debido a la condición de tamaño que confieren diferentes cualidades y comportamientos relacionados con el crecimiento de las plantas, de igual manera aportan en la retención de humedad evitando pérdidas por escorrentía y controlan la temperatura debido a la permeabilidad, composición y color de las coberturas vegetales (Amézquita, y otros, 2007).



6.4.2. Efecto sobre las características químicas

El estudio de la fertilidad química del suelo se define por la capacidad que tiene el suelo para proveer nutrientes esenciales al cultivo (Lal, 2008). Los cultivos de cobertura suministran materia orgánica al suelo generando una mejora en su fertilidad y aumentando nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo de rotación, mejorando la relación C/N del suelo acelerando el proceso de mineralización (García & García, 2013). De igual manera, estas coberturas conducen a la mejora de los suelos permitiendo el intercambio catiónico con las plantas, regularizando la acidez del suelo, manteniendo un pH adecuado (FORIGO Roter Italia, 2018), creando de esta forma un ambiente apto para la proliferación de organismos benéficos que mejoran las condiciones del suelo incrementando la biodiversidad microbiana y mejorando condiciones para la multiplicación de microorganismos (Morocho & Leiva-Mora, 2019).

6.4.3. Efecto sobre las características biológicas

La cubierta vegetal y sus rastrojos bajo condiciones controladas proporcionan hábitats para el adecuado desarrollo de organismos del suelo, siendo una fuente de materia orgánica que sirve como aporte de carbono orgánico y de energía para la macro, meso y microfauna cumpliendo una función muy importante en los procesos de reciclaje de nutrientes y en la capacidad del suelo para proveer al cultivo con suficientes nutrientes para cosechar un buen producto (Clapperton, 2003).

La actividad microbiana es activada por la presencia de cubiertas vegetales lo que favorece el desarrollo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), considerado como uno de los grupos más importantes de microorganismos en el suelo debido a los importantes servicios ecológicos que proporcionan, los cuáles, a cambio de carbono, ofrecen innumerables ventajas a sus hospedadoras (Martín & Rivera, 2015). Estudios realizados por Hontoria et al. (2018) afirman



que cuando se cultiva maíz tras un cultivo de gramíneas da excelentes resultados, puesto que las gramíneas favorecen la abundancia de hongos micorrízicos arbusculares y por tanto un gran poder de enraizamiento para el siguiente cultivo. De esta manera los organismos del suelo de todas las formas y tamaños, desde los microbios hasta la macrofauna, son de gran importancia para la salud de las plantas y su nutrición gracias a su interacción directa en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes influyendo sobre la humedad y disponibilidad de nutrientes y su movilidad en el perfil del suelo (FAO, s.f.).

6.4.4. Efecto sobre los cultivos

La cobertura vegetal es una práctica importante en el manejo agronómico de cualquier cultivo, especialmente de hortalizas (FAO, 2017), donde varios estudios han confirmado que el uso de coberturas vegetales mejoran el rendimiento y la producción del cultivo de rotación gracias a los beneficios que producen en el sistema agrícola (Mathews, 2015). Huerta - Olague et al. (2018) afirman que el uso de coberturas vegetales manifiesta una relación exponencial negativa respecto a la pérdida de suelo, lo que confirma que la cubierta vegetal tiene una gran importancia en la protección del suelo y el control de agentes atmosféricos, disminuyendo el impacto de las gotas de lluvia, aumentando el porcentaje de humedad y manteniendo el suelo bajo sombra, teniendo a su vez un efecto físico y alelopático sobre las malezas, rebajando su incidencia y conduciendo a la reducción del uso de agroquímicos y costos de producción de los cultivos. (Iowa State University Extension and Outreach, 2015; Clark A. , 2007)



6.5. Residuos vegetales en sistemas de acolchado

Alfaro et al. (2009) afirman que dentro de los sistemas agrícolas basados en acolchados orgánicos la cobertura vegetal muerta o también llamada cobertura anual o residual que se instala antes del cultivo en asociación de cultivos garantiza la protección del suelo aumentando los rendimientos de la producción, disminuyendo los costos requeridos en el cultivo, reteniendo nutrientes, humedad y temperatura, ahorrando energía que aumenta la proliferación de la biota natural del suelo, conformando un sistema de reciclaje y ahorro de recursos (Contreras & Moreno, 2005).

6.6. Labranza reducida en sistemas de acolchado

La cobertura vegetal combinada con la mínima labranza juega un “papel decisivo” en el control de la erosión y en el mejoramiento de los suelos, cumpliendo un papel importante sobre todo en el mantenimiento de la fertilidad y estructura del suelo (Lavelle & Spain, 2001), mejorando así sus propiedades físicas, químicas y biológicas, evitando a su vez la compactación del suelo, produciendo un menor consumo energético, ahorro de tiempo y mano de obra (Uribe & Rouanet, 2002).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en las parcelas experimentales del lote 4 del Campus Yanuncay de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca en la provincia del Azuay, ubicado a una altitud de 2560 m.s.n.m. entre 2°55'14.3" de latitud sur y 79°01'32.2 de longitud oeste. Las condiciones ambientales del área de estudio comprenden de un clima subtropical de montaña con temperatura promedio que varía desde 13 a 19 °C y una pluviosidad próxima de 789 mm (Climate-Data.org, 2021).

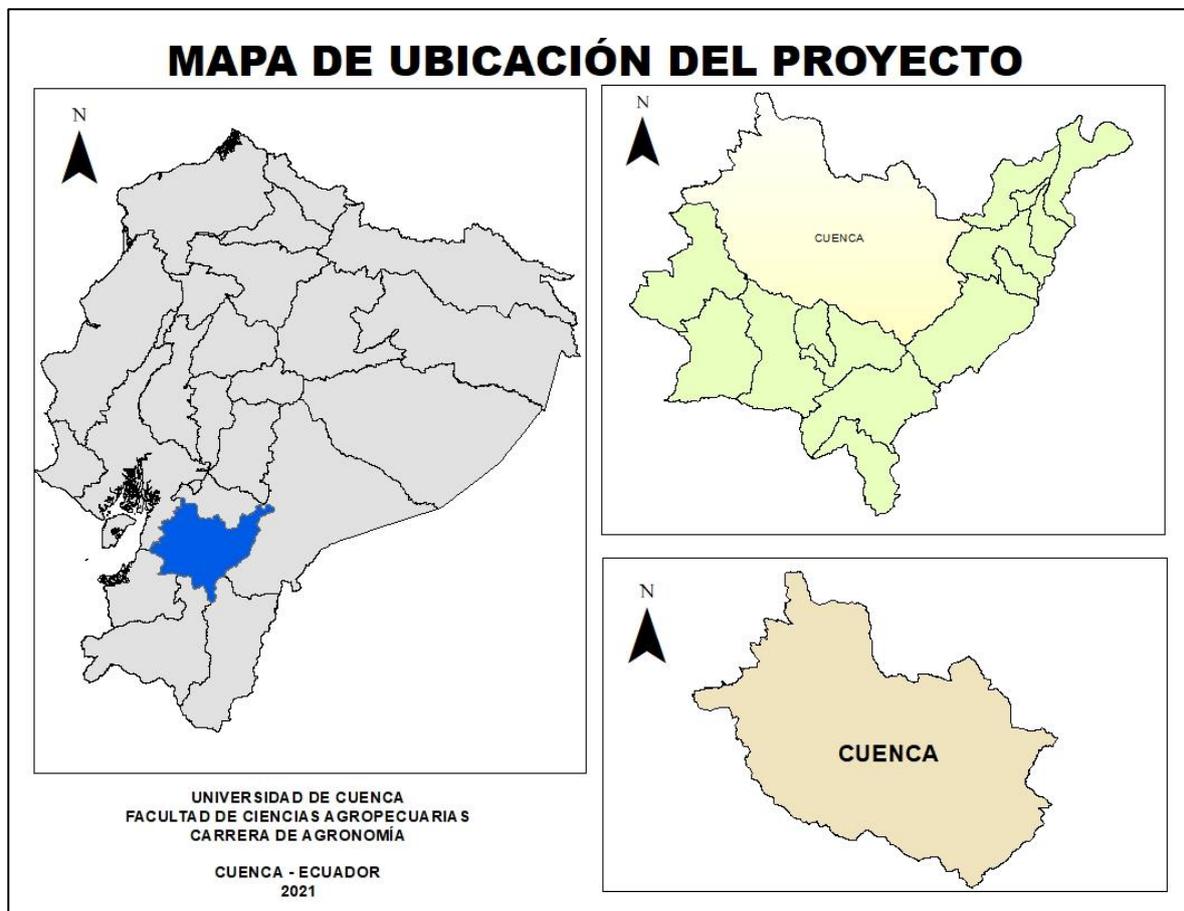


Figura 1. Mapa de Ubicación del experimento.

Fuente: ArcMap, 2021



Figura 2. Ubicación espacial de la parcela de estudio.

Fuente: Google Earth Pro, 2021

7.1.1. Materiales y Equipos

Tabla 1. Materiales y Equipos usados en la Investigación

Físicos	Químicos	Biológicos
<ul style="list-style-type: none">➤ Flexómetro➤ Computadora➤ Conductímetro	<ul style="list-style-type: none">➤ Fertilizantes orgánicos➤ Herbicida glifosato	<ul style="list-style-type: none">➤ Plántulas de <i>Cucurbita pepo</i> L. (zucchini).➤ Semillas de <i>Avena sativa</i> L.➤ Semillas de <i>Vicia sativa</i> L.



<ul style="list-style-type: none">➤ TDR➤ Anillos de Kopecky➤ Medidor de clorofila modelo “CCM-200 plus”➤ Fundas Plásticas para muestras➤ Palas➤ Azadillas➤ Calibrador➤ Balanza➤ Medidor de pH➤ Cuaderno de campo➤ Cámara fotográfica➤ Softwares estadísticos (Infostat, SPSS)➤ Aplicaciones para análisis de datos (Excel, ImageJ, Canopeo)		
---	--	--

7.1.2. Factor de Estudio

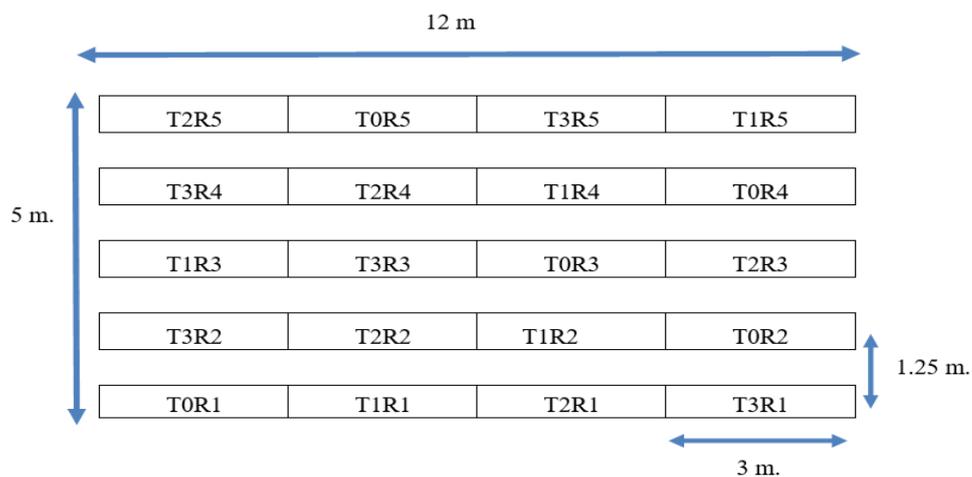
Los factores de estudio en el experimento fueron 3 tipos de cobertura vegetal y un testigo sin acolchado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Factores de Evaluación en la Investigación

Acolchado (residuos)	Tratamiento
Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	T1
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	T2
Avena (<i>Avena sativa</i> L.) + Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	T3
Natural (Sin acolchado)	T0

7.1.3. Especificación de la unidad experimental

El experimento se realizó en un lote continuo de 12 metros de largo y 5 m de ancho. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA). El factor principal de estudio para esta investigación fue el desarrollo del cultivo de zucchini, donde la variable de respuesta fue el rendimiento del cultivo sobre el factor de variación correspondiente al tipo de cobertura vegetal que aportó los residuos para producir el acolchado, formado por tres tratamientos y un testigo. El factor bloque fue la posición respecto al talud de la terraza donde se instaló el experimento, cada tratamiento contó con cinco repeticiones, distribuidas al azar en donde cada unidad experimental estuvo conformada por 5 plántulas de zucchini.

**Figura 3. Distribución aleatoria de los tratamientos en la parcela experimental.**

Donde:

T0: Testigo sin acolchado con labranza convencional.

T1: Acolchado de residuos de *Avena sativa* L. con labranza reducida.

T2: Acolchado de residuos de *Vicia sativa* L. con labranza reducida.

T3: Acolchado de residuos de *Avena sativa* L. con *Vicia sativa* L. con labranza reducida.

R_n: Número de repeticiones

Las unidades experimentales se sembraron en hileras simples de 3 m. de largo y 1.25 m. de ancho entre hileras, tomado desde el centro de cada hilera de cultivo.

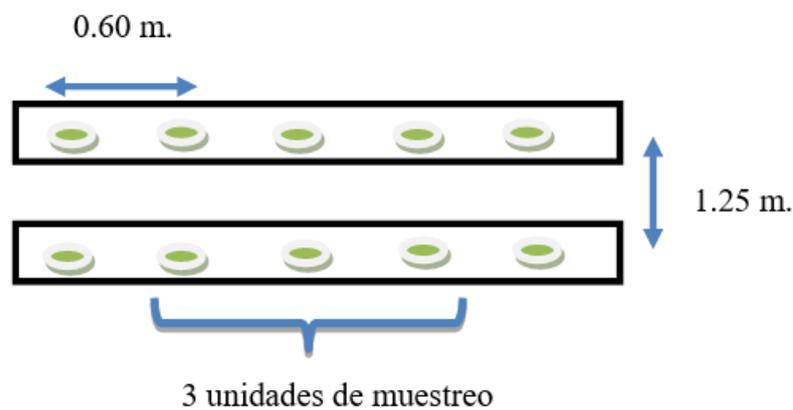


Figura 4. Unidades de muestreo en subparcelas experimentales

- **Densidad de siembra:** 0,6 m. entre plantas por 1,25 m. en hilera simple
- **Número de plantas por unidad experimental:** 5 plantas.
- **Unidad de muestreo (U.M.):** 3 plantas centrales por unidad experimental por efecto de borde.
- **Número de unidades experimentales (U.E.):** 20 unidades experimentales.
- **Total de plantas en el área experimental de 60 m²:** 100 plantas



7.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

7.2.1. Limpieza del terreno y delimitación del área de trabajo

Para el desarrollo del experimento se comenzó con la limpieza completa del terreno retirando todo material vegetal del área de estudio y aplicando herbicida “Glifosato” para su limpieza completa, seguidamente se inició con la limpieza de bordes y linderos del terreno y con la construcción de zanjas de infiltración alrededor del terreno para evitar excesos de humedad, luego se removió el suelo con azadillas y picos para seguidamente trabajar con el motocultor “Bertollini modelo 403” por toda la parcela para mullir el suelo e incorporar todos 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 área de trabajo realizando las divisiones para cada bloque.

7.2.2. Siembra de los cultivos de cobertura

Antes de la siembra de las coberturas vegetales se aplicó una fertilización de fondo a base de fósforo (DAP) de 240 g por cada unidad experimental para luego sembrar el 23 de abril de 2021 los cultivos de cobertura distribuidos en cada tratamiento, la cantidad de semilla utilizada para avena y vicia fue una dosis de 25 g por cada unidad experimental y para el tratamiento combinado de avena y vicia se sembró en cantidades proporcionales la combinación de las dos densidades descritas anteriormente.

7.2.3. Instalación de sistema de riego

Para el desarrollo del cultivo de cobertura se utilizó riego por aspersión para posteriormente cambiar a un sistema de riego por goteo para el desarrollo del cultivo de zucchini, el riego fue controlado periódicamente según las necesidades del cultivo con el asesoramiento del tutor de tesis.



7.2.4. Manejo y monitoreo de acolchado de residuos vegetales

Luego de 45 días de desarrollo del cultivo de cobertura se inició la aplicación de herbicida “Glifosato” sobre los respectivos tratamientos para construir los acolchados muertos que fueron evaluados durante la investigación.

7.2.5. Establecimiento del cultivo de zucchini

Las plántulas de zucchini fueron previamente germinadas en bandejas de germinación para posteriormente sembrarlas en cada unidad experimental, la siembra se realizó el 28 de junio de 2021, con un total de 100 plantas de zucchini en todo el experimento.

7.2.6. Manejo del cultivo

El cultivo fue monitoreado periódicamente desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de zucchini, la primera fertilización para el desarrollo del cultivo se la realizó a los 30 días después del trasplante, que consistió en una aplicación de una mezcla de 4 partes de Nitrato de amonio (NH_4NO_3) con 1 parte de muriato de potasio (KCl), constituyendo un aporte de 17,5g de N, 1,05g de P_2O_5 y 0,72g de K_2O por parcela, equivalente a 87,5 g de N/ha, 5,25 g de P_2O_5 /ha y 3,6 g K_2O /ha.

7.2.7. Toma de datos antes del establecimiento del cultivo de zucchini

Se procedió a la recolección de 20 muestras en cada unidad experimental por cada tratamiento para el análisis de las variables del suelo. Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.



7.2.8. Toma de datos durante el desarrollo del cultivo de zucchini

Las variables en relación al desarrollo del cultivo se las tomó de manera semanal luego del trasplante del cultivo en cada unidad de muestreo de cada unidad experimental.

7.2.9. Toma de datos en la cosecha del cultivo de zucchini

Las variables evaluadas al final del cultivo fueron tomadas a partir de cada unidad de muestreo correspondiente a cada unidad experimental.

7.3. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES EVALUADAS

7.3.1. Variables Edafológicas

Densidad aparente del suelo (g/cm^3): Para calcular la densidad del suelo se tomaron muestras de los primeros 20 cm de suelo en cada unidad experimental utilizando anillos de Kopecky, posteriormente estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelos de la facultad donde se determinó la densidad aparente a través de la relación entre el peso seco de la muestra de suelo y el volumen del anillo. Este análisis se realizó antes del trasplante del cultivo de zucchini y después de su cosecha.

Estructura: La evaluación de la estructura del suelo se realizó mediante observación directa en campo con ayuda de la Guía para la Descripción de Suelos de la FAO (FAO, 2009), dicha variable se midió antes del establecimiento del cultivo de zucchini y después de la cosecha.

Materia orgánica (%): Para el contenido de materia orgánica del suelo se procedió a pesar 10 g de muestra de cada unidad experimental para luego determinar su porcentaje mediante el método de incineración en laboratorio. Esta variable se analizó en dos fases del cultivo, antes de su establecimiento y después de la cosecha en cada unidad experimental.

pH: Para esta variable se pesaron 20 g de suelo por cada unidad experimental, posteriormente en un vaso de precipitación se colocó 50 ml de agua destilada para luego mezclar y formar una



solución que luego se filtró y se la analizó con la ayuda de un pH-metro. Esta variable se midió antes del establecimiento del cultivo de zucchini y después de la cosecha en cada unidad experimental.

Conductividad eléctrica del suelo (dS.cm^{-1}): Para esta variable se pesaron 10 g de suelo por cada unidad experimental, luego en un vaso de precipitación se colocó 50 ml de agua destilada para luego mezclar y formar una solución, posteriormente se la filtró y se la analizó con la ayuda de un conductímetro. Esta variable fue analizada antes del establecimiento del cultivo de zucchini y después de la cosecha en cada unidad experimental y de manera semanal, fue medida durante el desarrollo del cultivo con un TDR dentro de cada unidad experimental.

Contenido de humedad del suelo (%): Esta variable se midió semanalmente dentro de cada unidad experimental durante el desarrollo del cultivo de zucchini con un TDR.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$): Esta variable se midió semanalmente dentro de cada unidad experimental durante el desarrollo del cultivo de zucchini con un TDR.

Macrofauna de invertebrados: Para la determinación de la macrofauna del suelo se realizaron hoyos de 10 x 10 cm y una profundidad de 30 cm según la Metodología del programa de Investigación Internacional "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical" o TSBF (Bignell, Huising, & Moreira, 2011). Donde se clasificó la macrofauna mediante el uso de un tamiz y se registró los diferentes insectos encontrados por observación directa, luego con los datos obtenidos se determinó el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Esta variable fue tomada antes del establecimiento del cultivo de zucchini y después de la cosecha en cada unidad experimental.



Con los datos obtenidos se determinó:

-Riqueza específica (S): Determinada por el número de especies observadas o esperadas.

-Índices de diversidad Shannon-Weiner: Determinada por la riqueza específica ajustada y por la abundancia de cada especie por medio de la siguiente fórmula:

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

En donde:

H' = Índice de Shannon-Weiner

p_i = Abundancia relativa

\ln = Logaritmo natural

Cobertura del suelo (%): Esta variable se midió mediante el uso de la aplicación “Canopeo” semanalmente contabilizando el porcentaje de cobertura.

Biomasa de malezas (g/parcela): La cobertura de malezas se analizó dos veces durante el desarrollo del cultivo y después de la cosecha para ello se realizó un marco de 1.60 m. de largo por 0.50 m. de ancho en cada unidad de muestreo 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 posteriores tomas.

7.3.2. Variables en el desarrollo y cosecha del cultivo de zucchini

Contenido de clorofila (%): Esta variable se determinó semanalmente a partir del periodo de floración de las plántulas de zucchini mediante el medidor de índice de contenido de clorofila,



marca “OPTI-SCIENCES” modelo “CCM-200 PLUS”, en los respectivos tratamientos, considerando la última hoja joven completa de la planta.

Longitud del tallo (cm): Esta variable fue medida semanalmente con un flexómetro en las 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): Esta variable se midió semanalmente con ayuda de 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 unidad de muestreo. Este dato fue contabilizado semanalmente durante el desarrollo del cultivo.

Numero de frutos: Para esta variable se contaron el número de frutos obtenidos por cada unidad de muestreo. Este dato fue contabilizado en la cosecha del cultivo en cada unidad de muestreo.

Peso del fruto (g): El peso del fruto del zucchini fue medido con una balanza en gramos en cada unidad de muestreo por cada tratamiento.

Diámetro del fruto (cm): El diámetro del fruto fue medido mediante un calibrador en las unidades de muestreo por cada tratamiento.

Longitud de la raíz (cm): Para la obtención de datos de esta variable se cavó un hoyo alrededor de la planta de zucchini con la finalidad de obtener todo el radio de raíz y proceder a tomar la foto respectiva para el cálculo de la longitud en el software “ImageJ”. Este procedimiento se realizó en la cosecha del cultivo por cada unidad de muestreo y tratamiento.



Volumen radicular (cm³): El cálculo de esta variable se obtuvo en base al principio de Arquímedes. Se procedió a cortar la planta y dejar solamente el tallo con las raíces. Las raíces fueron lavadas para sumergirlas en una probeta con agua 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 por cada unidad experimental en la cosecha.

Días a la aparición de la flor: Se contabilizó los días después del trasplante a la aparición de la primera flor femenina en cada unidad de muestreo y tratamiento.

Rendimiento por planta (g/planta): Esta variable fue obtenida mediante la sumatoria del peso de cada fruto obtenido representado en g/planta.

7.4. Procesamiento de Datos

El experimento se desarrolló utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Con los resultados obtenidos se generaron estadísticos descriptivos y representaciones gráficas, donde se compararon las medias de cada tratamiento con su error estándar con niveles de significancia de $P < 0.05$, posteriormente los datos fueron sometidos a los supuestos del ANOVA (pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza), donde los datos fueron analizados usando pruebas paramétricas y no paramétricas (ANOVA o Test de Kruskal – Wallis), respectivamente dependiendo de su naturaleza.

Las variables que cumplieron con los supuestos del ANOVA y tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos fueron sometidos a la prueba de Tukey.

Los análisis fueron sometidos bajo el entorno del software estadístico "SPSS".

8. RESULTADOS

8.1. Propiedades físicas y químicas del suelo

8.1.1. Densidad aparente del suelo

Los resultados de esta variable (Figura 5), presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos tanto al inicio como al final del experimento (Anexo 1). El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento (Anexo 3), lo que indica que las coberturas no afectaron a esta variable.

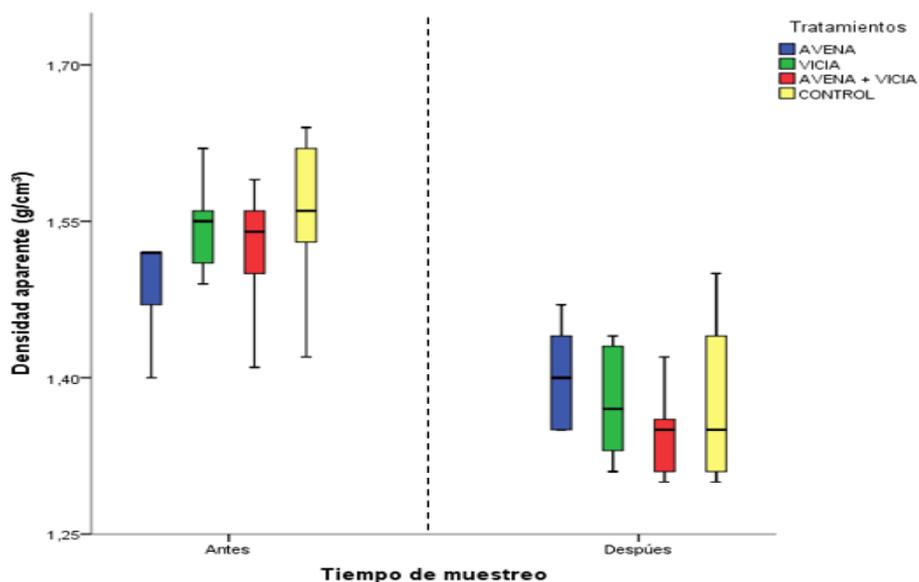


Figura 5. Densidad aparente del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.

8.1.2. Estructura del suelo

La estructura del suelo fue medida en dos etapas del experimento, antes y después de la implementación del acolchado. Esta variable se analizó de manera descriptiva mediante el uso de la guía para la descripción de suelos de la FAO.

El suelo no presentó cambios en su estructura antes ni después de la siembra de los cultivos de cobertura, se lo clasificó como un suelo con textura arcillosa con alta cantidad de humedad de tipo granular debido a la formación de agregados, provocado por la interacción dinámica con la labranza del suelo, con una moderada compactibilidad.

8.1.3. Contenido de materia orgánica

Referente a los resultados de esta variable (Figura 6), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos tanto al inicio como al final del experimento (Anexo 1). El análisis de varianza no reportó diferencias significativas al inicio del experimento, pero sí al final del mismo (Anexo 3), siendo el contenido de materia orgánica mayor en el tratamiento de cobertura de Avena al final del experimento respecto a los demás tratamientos.

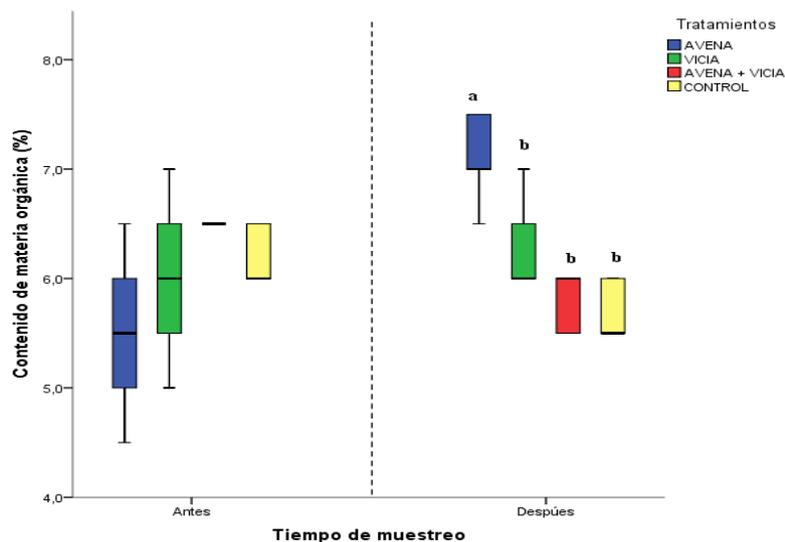


Figura 6. Contenido de materia orgánica del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.

8.1.4. pH

Al inicio del experimento los datos no presentaron normalidad y fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, evidenciando que no existen diferencias

significativas entre los tratamientos con p-valor de 0,099, no obstante, al final del experimento los datos mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Figura 7 y Anexo 1), El análisis de varianza, no detectó diferencias significativas al final del experimento (Anexo 3), indicando que las coberturas no afectaron en esta variable.

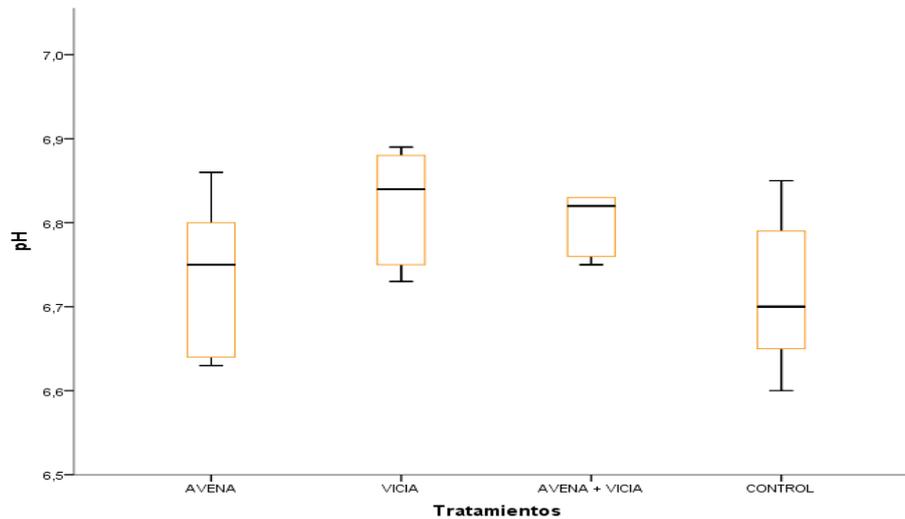


Figura 7. pH del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al final del cultivo.

8.1.5. Conductividad eléctrica del suelo

Referente a los resultados para esta variable (Figura 8) los datos mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos tanto al inicio como al final del experimento (Anexo 1). El análisis de varianza reportó diferencias al inicio del experimento resaltando que el tratamiento de Avena presenta menor concentración de sales, pero no se detectaron diferencias significativas con respecto al tratamiento de Avena + Vicia y el control, sin embargo, al final del experimento no se presentaron diferencias entre los tratamientos (Anexo 3), indicando que las coberturas no afectaron a esta variable.

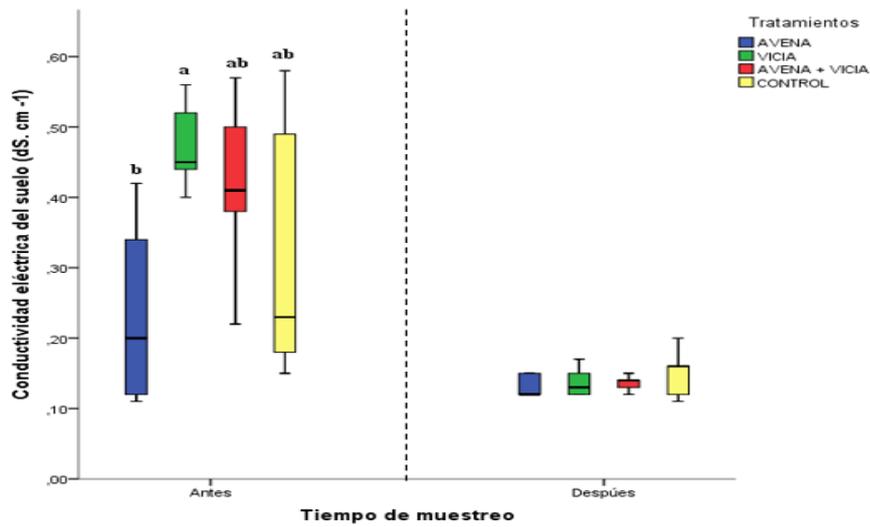


Figura 8. Conductividad eléctrica del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.

La conductividad eléctrica también fue medida de forma semanal usando un sensor TDR, sus series de datos se presentan en la Figura 9. De forma similar a lo reportado anteriormente, No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 10 y Anexo 3), asumiendo que los acolchados no influyeron en esta variable.

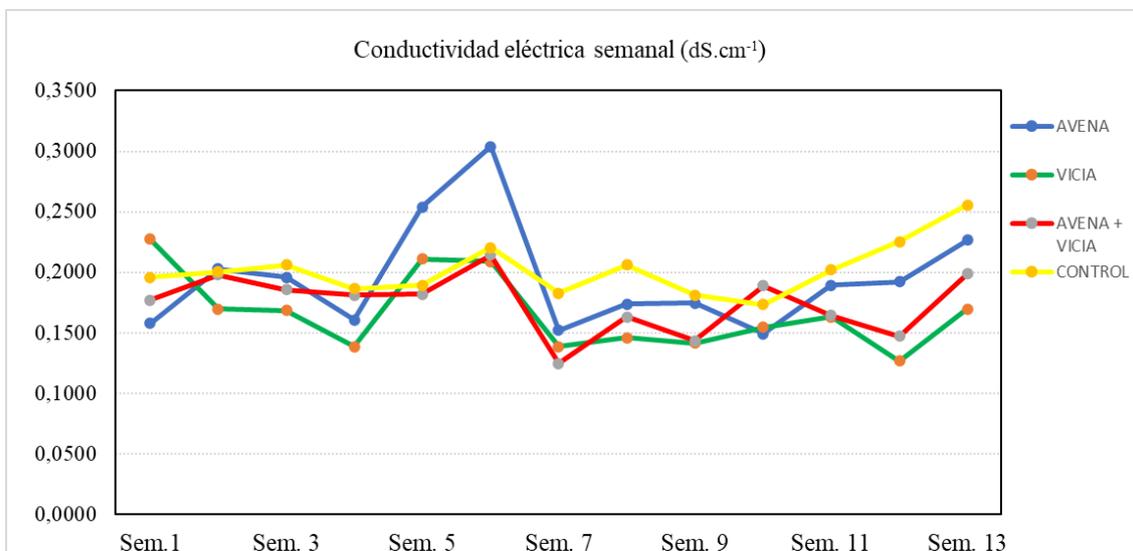


Figura 9. Conductividad eléctrica del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.

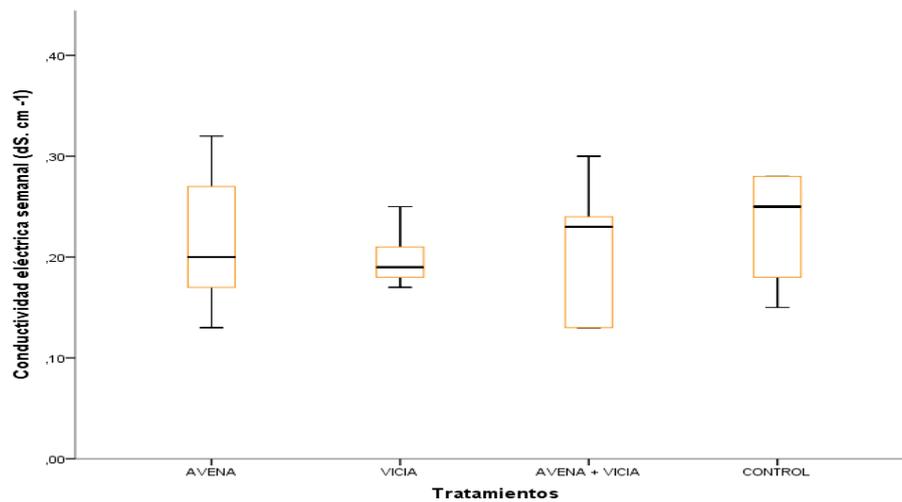


Figura 10. Conductividad eléctrica del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.1.6. Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo fue medido semanalmente mediante un sensor TDR y sus series de datos se presentan en la Figura 11. Los datos reportaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (Figura 12 y Anexo 3), asumiendo que los acolchados no influyeron en esta variable.

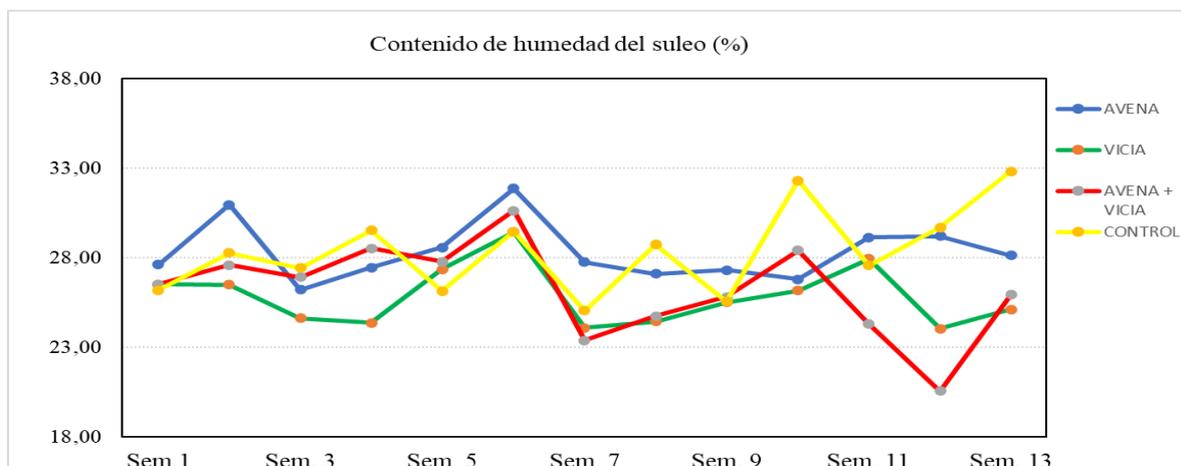


Figura 11. Contenido de humedad del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.

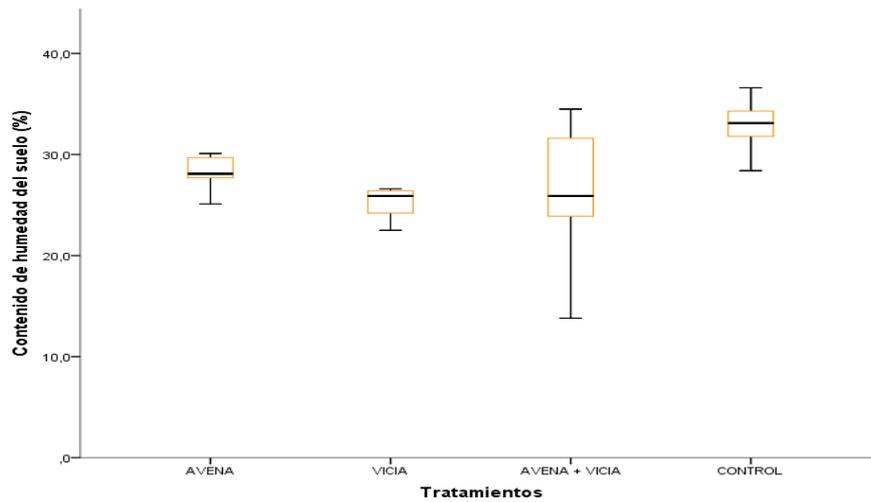


Figura 12. Contenido de humedad del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.1.7. Temperatura

La temperatura del suelo fue medida semanalmente mediante un sensor TDR y sus series de datos se presentan en la Figura 13. Los datos reportaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (Figura 14 y Anexo 3), asumiendo que los acolchados no influyeron en esta variable.

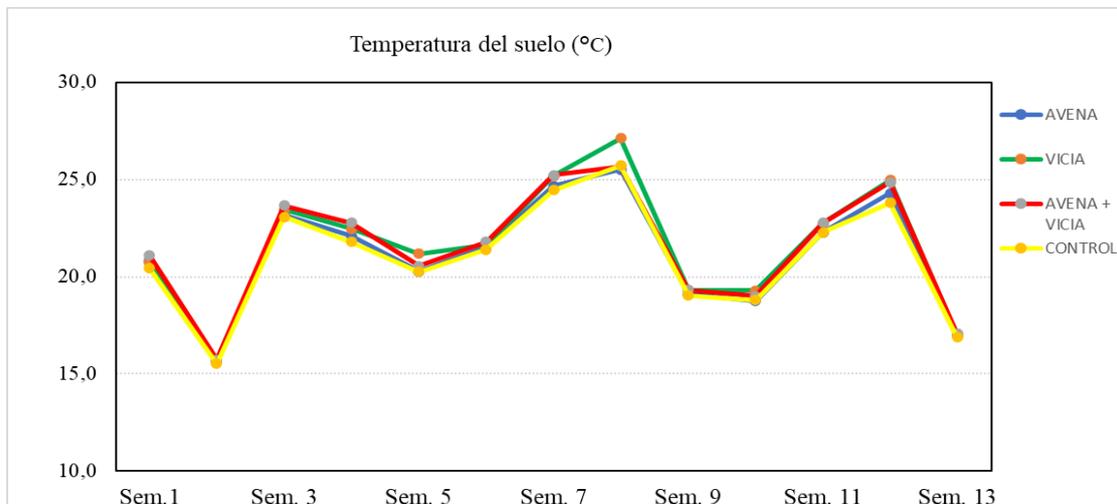


Figura 13. Temperatura del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.

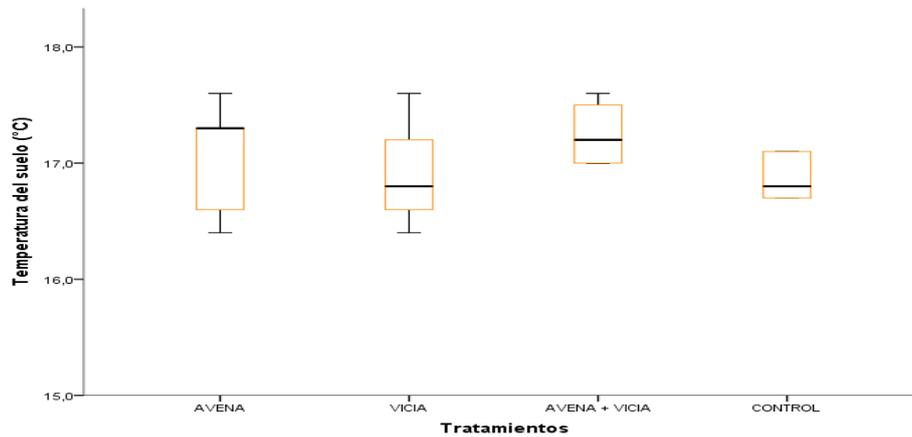


Figura 14. Temperatura del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura

8.2. Índices de crecimiento y desarrollo del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.)

8.2.1. Longitud del tallo

En síntesis, los resultados de esta variable (Figura 15), mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza reportó diferencias significativas en el tratamiento de Vicia (Anexo 3), no obstante, no hubo diferencias con respecto al tratamiento combinado de Avena + Vicia y el control.

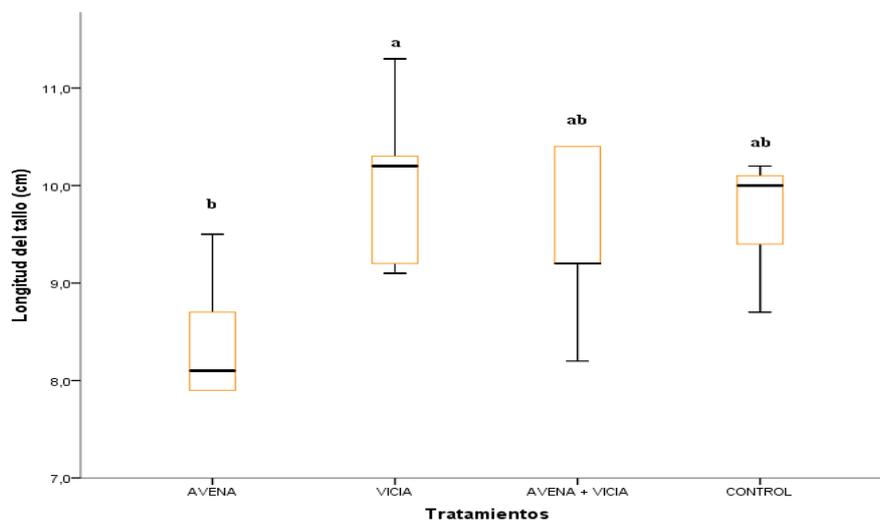


Figura 15. Longitud del tallo de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.2. Diámetro del tallo

Los datos para esta variable (Figura 16), obtuvieron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza presentó diferencias estadísticamente significativas (Anexo 3), siendo mayor el diámetro del tallo en el tratamiento de combinado de Avena + Vicia, no obstante, no hubo diferencias significativas con respecto al tratamiento de Vicia y el control.

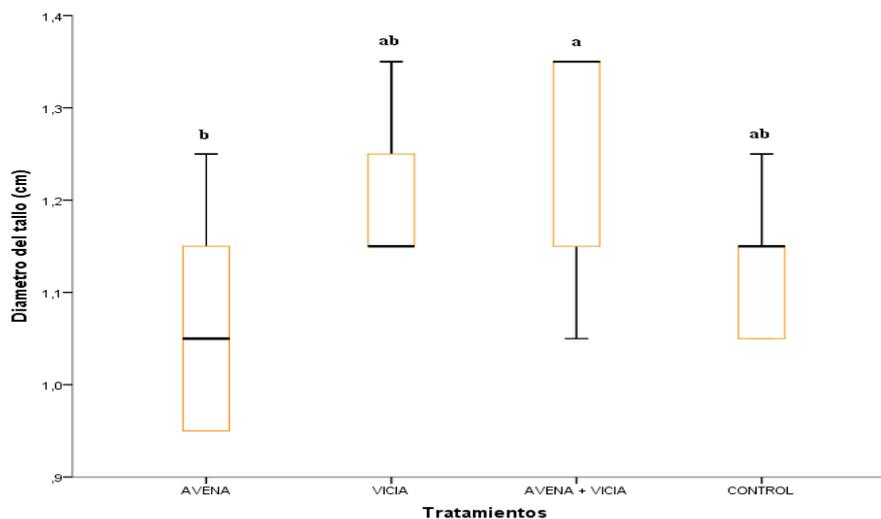


Figura 16. Diámetro del tallo de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.3. Número de hojas acumuladas

En referencia a los resultados para esta variable (Figura 17), los datos evidenciaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza presentó diferencias estadísticamente significativas (Anexo 3), siendo el número de hojas significativamente más bajo en el tratamiento de Avena con respecto a los demás tratamientos.

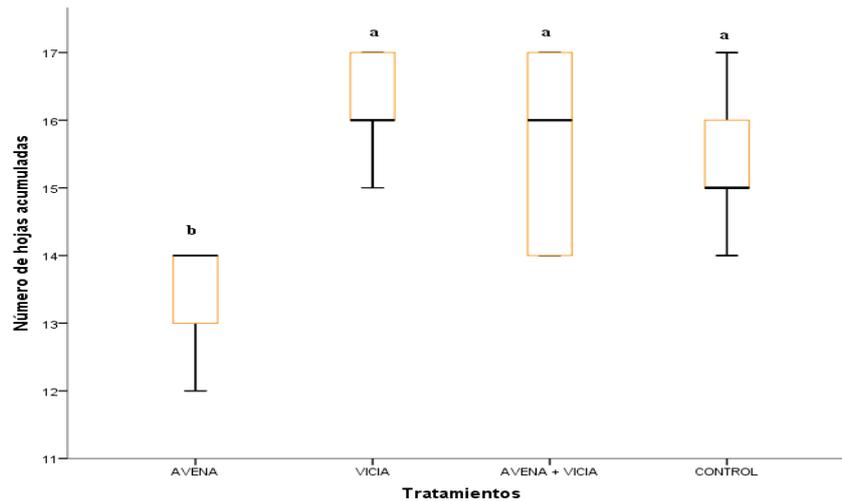


Figura 17. Número de hojas acumuladas en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.4. Número de frutos obtenidos

En cuanto a los resultados de esta variable (Figura 18), los datos demostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza presentó diferencias estadísticamente significativas (Anexo 3), siendo el número de frutos mayor en el acolchado de Vicia y el control con respecto a los demás tratamientos.

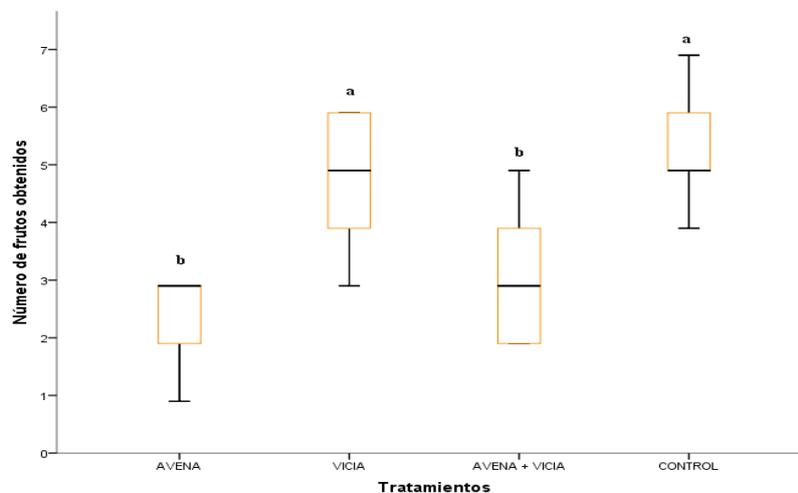


Figura 18. Número de frutos obtenidos en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.5. Peso del fruto

En resumen, los resultados para esta variable (Figura 19) presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (Anexo 3), asumiendo que los acolchados no influyeron con esta variable.

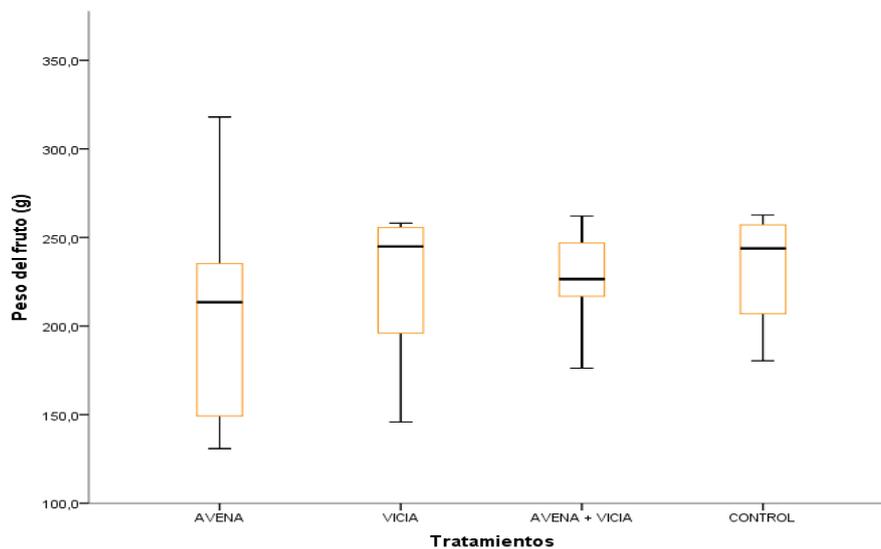


Figura 19. Peso del fruto obtenido en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.6. Diámetro del fruto

En cuanto a los resultados de esta variable (Figura 20), los datos demostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (Anexo 3), asumiendo que los acolchados no tuvieron influencia en esta variable.

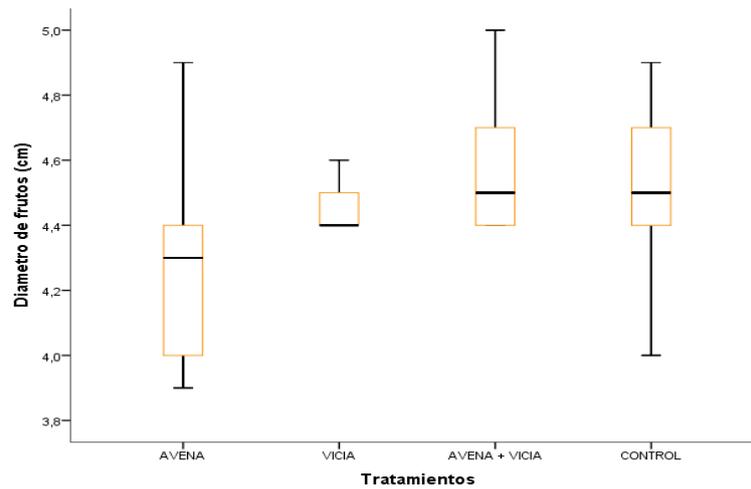


Figura 20. Diámetro de frutos acumulados en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.7. Longitud de la raíz

En resumen, los resultados de esta variable (Figura 21), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (Anexo 3), asumiendo que los acolchados no tuvieron influencia en esta variable

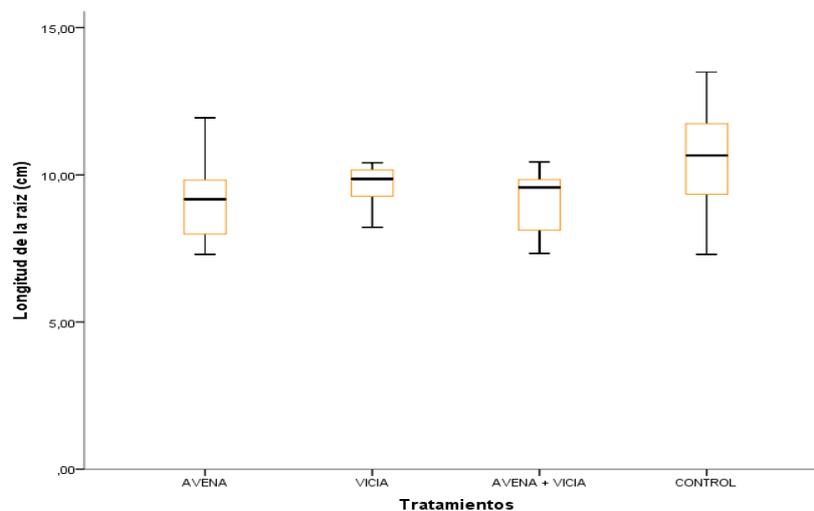


Figura 21. Longitud de la raíz de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.8. Volumen radicular

En cuanto a estos resultados (Figura 22), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (Anexo 3), asumiendo que los acolchados no presentaron cambios en esta variable

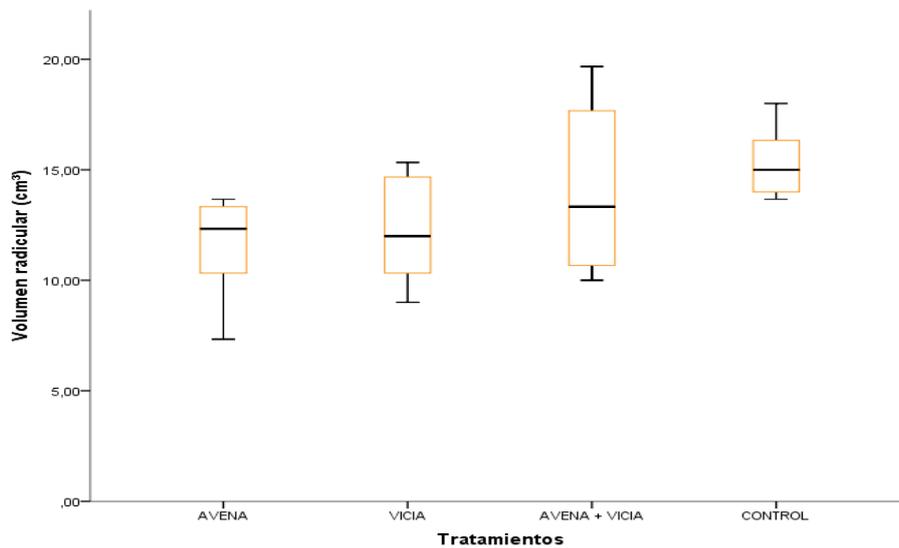


Figura 22. Volumen radicular de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.9. Índice de contenido de clorofila ICC

En cuanto a los resultados para esta variable (Figura 23), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza detectó diferencias significativas en los tratamientos (Anexo 3), comprobando que el acolchado combinado de Avena + Vicia obtuvo mayor concentración de clorofila, no obstante, no fue estadísticamente diferente al ICC de las plantas en los otros dos tratamientos de acolchado.

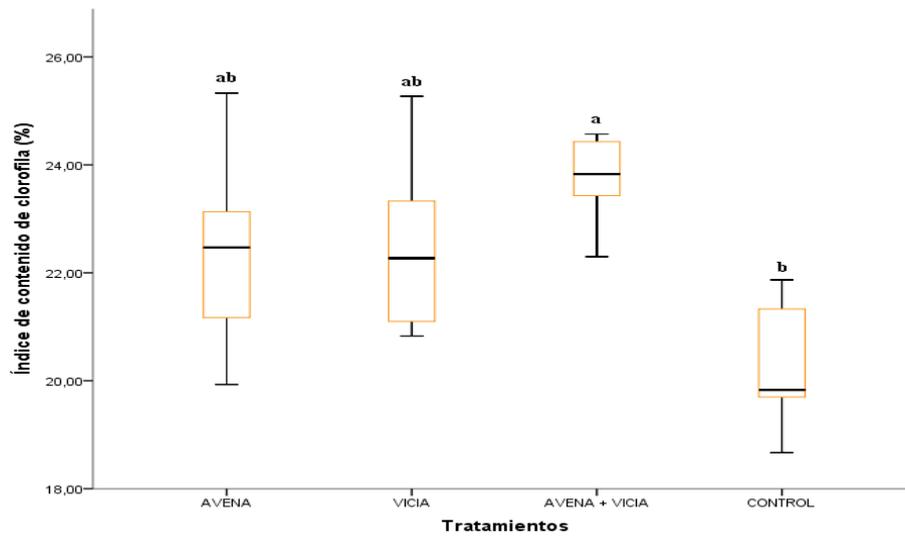


Figura 23. Índice de contenido de clorofila ICC registrada en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.10. Días a la aparición de la flor

En cuanto a los resultados para esta variable (Figura 24), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 3) comprobando que el tratamiento control y la cobertura de Vicia fueron los más precoces en florecer y el tratamiento de Avena fue el más tardío.

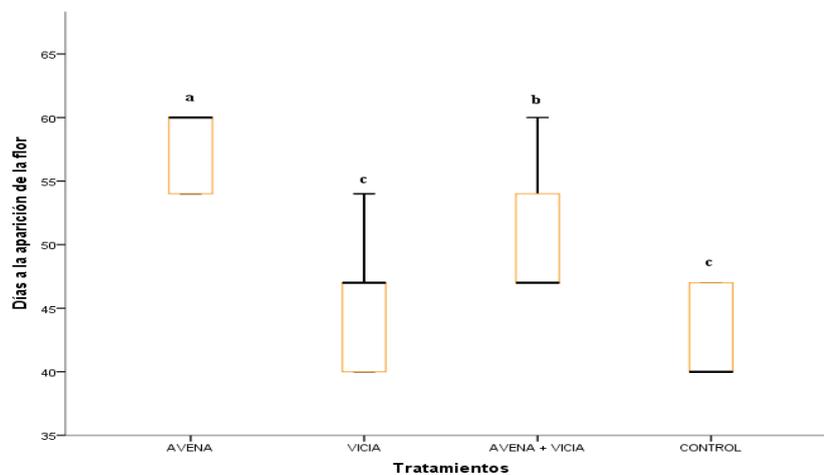


Figura 24. Días a la aparición de la flor en plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.2.11. Rendimiento por planta

En cuanto a los resultados sobre el rendimiento (Figura 25), los datos mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 3) sumiendo que los acolchados no influyeron con esta variable.

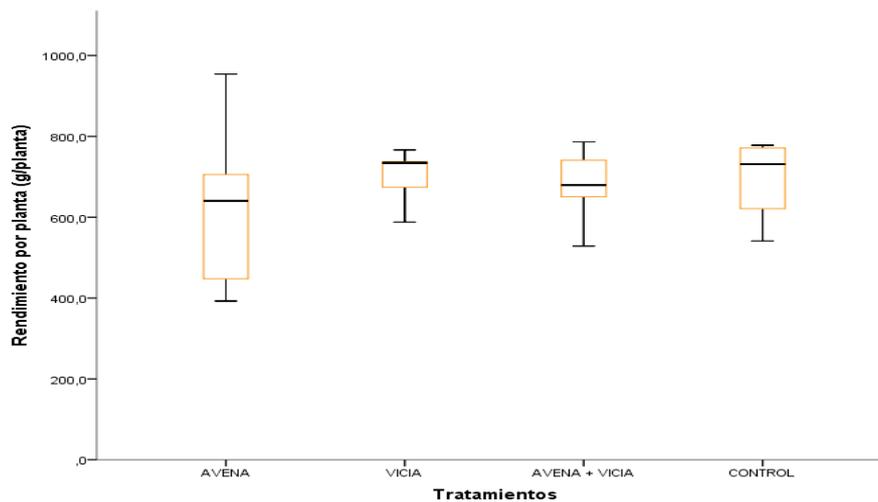


Figura 25. Rendimiento de plantas de zucchini bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.3. Propiedades Biológicas

8.3.1. Riqueza de macrofauna de invertebrados

Los datos de la macrofauna registrada al inicio y al final del experimento (Figura 26 y 27) presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza no demostró diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 3), indicando que los acolchados no tuvieron influencia en dicha variable.

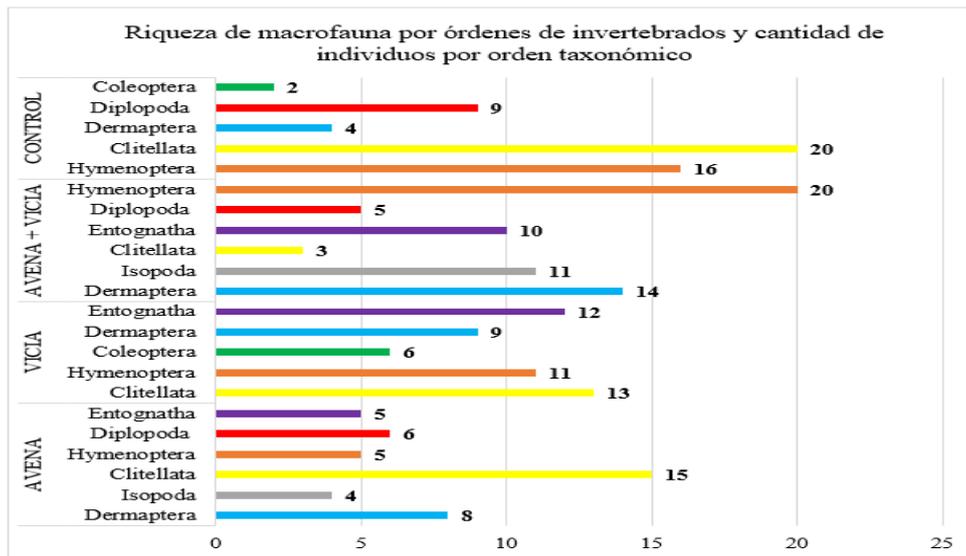


Figura 26. Riqueza de macrofauna de invertebrados y cantidad de individuos por orden taxonómico antes de la implementación de cultivos de cobertura.

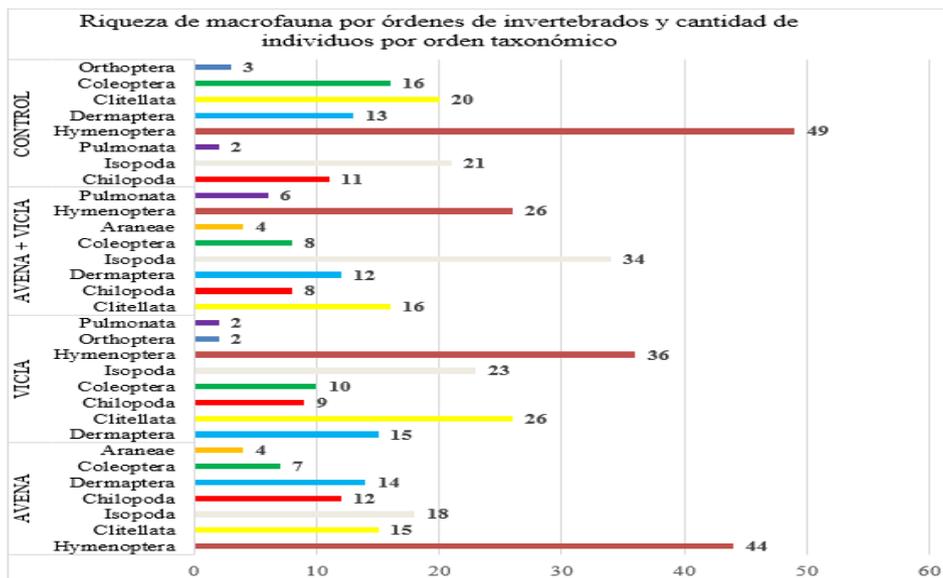


Figura 27. Riqueza de macrofauna de invertebrados y cantidad de individuos por orden taxonómico después de la implementación de cultivos de cobertura.

8.3.2. Índice de Shannon- Wiener de macrofauna de invertebrados

En cuanto a los resultados para esta variable (Figura 28), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos tanto al inicio como al final del experimento (Anexo 1). El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticamente

significativas tanto al inicio ni al final del experimento (Anexo 3), concluyendo que los acolchados no afectaron en esta variable.

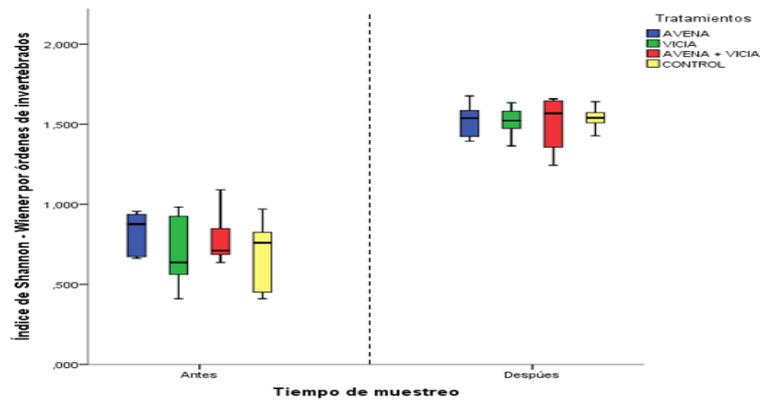


Figura 28. Índice de Shannon – Wiener de órdenes de invertebrados bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.

8.3.3. Cobertura del suelo

En la Figura 29 se presenta el porcentaje de la cobertura del suelo por cada acolchado y sus resultados se presentan en la Figura 30, donde los datos demuestran una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos (Anexo 1). El análisis de varianza presentó diferencias estadísticamente significativas (Anexo 3), siendo la cobertura del suelo mayor en el tratamiento de Vicia, no obstante, esta no fue diferente de la cobertura del tratamiento combinado de Avena con Vicia.

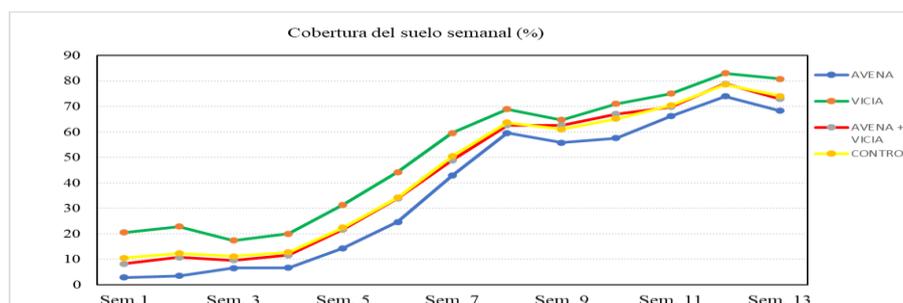


Figura 29. Cobertura del suelo muestreada semanalmente durante el desarrollo del cultivo.

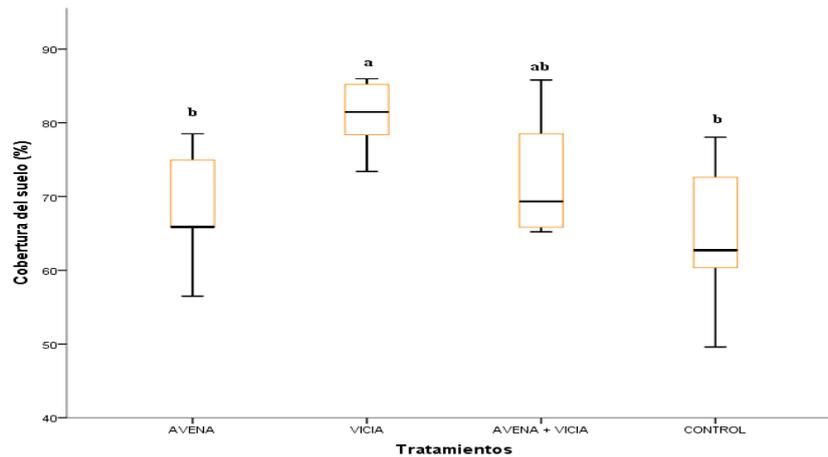


Figura 30. Cobertura del suelo bajo cuatro tratamientos de cobertura.

8.3.4. Biomasa de malezas

En referencia a esta variable (Figura 31), los datos presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas entre los tratamientos al inicio y al final del experimento (Anexo 1). El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre los tratamientos al inicio del experimento, pero si al final del mismo (Anexo 3), concluyendo que el tratamiento control tuvo la mayor acumulación de biomasa de malezas entre los tratamientos y que todas las coberturas generaron un control similar de la acumulación de biomasa de malezas.

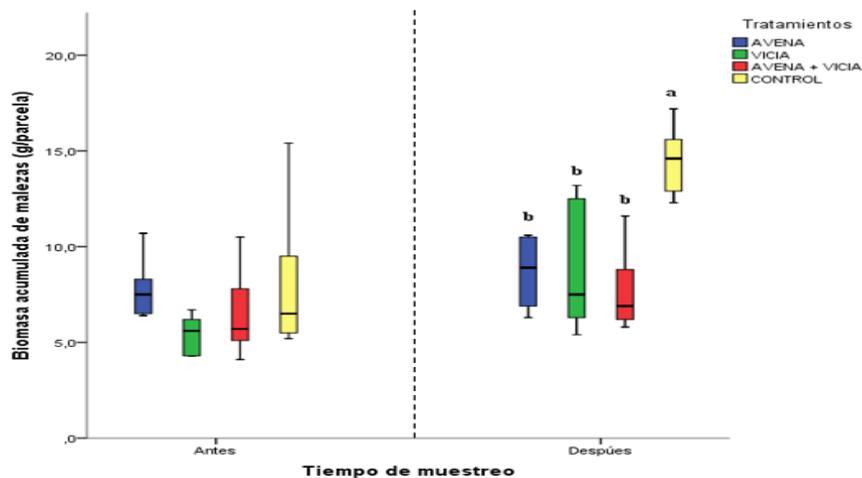


Figura 31. Biomasa de malezas bajo cuatro tratamientos de cobertura al inicio y al final del cultivo.



9. DISCUSIÓN

En cuanto a las propiedades del suelo los residuos de los acolchados evaluados en esta investigación (Avena, Vicia y Avena con Vicia) se comportaron de manera similar y no modificaron ninguna variable edafológica a excepción de la materia orgánica donde se obtuvo al final del cultivo una mayor acumulación en el acolchado de Avena con respecto a los demás tratamientos por lo que esta cobertura funcionó como una opción para mejorar la materia orgánica del suelo. Esto es debido a que las gramíneas participan en la descompactación del suelo, aportando buena nutrición a los cultivos y aumentando sus rendimientos, acumulando mayor cantidad de residuos en la superficie y llevando a cabo un mayor aporte de Carbono al suelo, el cual una parte se libera como dióxido de carbono (CO_2) y otra parte es incorporada por la masa microbiana por medio de compuestos orgánicos convirtiéndose en Carbono humificado (principal componente de materia orgánica). El resultado de este balance entre las tasas de mineralización y humificación, establece el grado de carbono orgánico total del suelo y sus fracciones. En climas templados las gramíneas permiten estabilizar los contenidos de materia orgánica por medio de la incorporación de residuos en el suelo, presentando mayor disponibilidad de nitrógeno en la planta, evitando pérdidas por lixiviación y aumentando el nivel de nitrato en cultivos de hortalizas (Martínez, y otros, 2016).

En cuanto al crecimiento y desarrollo del cultivo de zucchini la combinación Avena y Vicia mostraron mayor influencia en parámetros como el diámetro del tallo y el ICC, mientras que el mulch de Vicia presentó mayor influencia en el número de hojas acumuladas y la longitud del tallo, estos resultados se podrían deber a la proporción de Nitrógeno que aporta la Vicia al suelo por medio de la fijación de N atmosférico por los nódulos de sus raíces, además el nitrógeno fijado se va entregando de manera progresiva (Ariza, González, & López, 2020).



En cuanto a los días a la aparición de la flor y número de frutos por planta, el tratamiento control y de Vicia presentaron tiempos más cortos en relación a los demás tratamientos, donde estos resultados se podrían deber a la cantidad de nitrógeno que le suministran los residuos de los cultivos de cobertura y que dependerá de la inmovilización y mineralización a lo largo de la descomposición de las coberturas (Castro, Mojica, Carulla, & Lascano, 2018).

Del mismo modo los diferentes tipos de mulch no tuvieron efecto en la macrofauna de invertebrados, cabe resaltar que la cobertura de Vicia solo produjo mayor cobertura vegetal en el suelo y en cuanto al control de malezas se obtuvo un resultado bastante parejo entre los tratamientos evaluados con excepción del control. Estos resultados expresan que para controlar malezas se debe tener en cuenta el tiempo de secado de los cultivos de cobertura por cualquier procedimiento utilizado convencionalmente, los residuos de leguminosas tienden a descomponerse más rápido que las gramíneas, gracias a la producción de lignina y ácidos fenólicos que ofrecen a los residuos una más alta resistencia a la descomposición y por consiguiente resulta en una protección del suelo por un periodo más prolongado (Benites & Bot, 2014), sin embargo es aconsejable tener en cuenta la proporción de biomasa que los cultivos de cobertura generan y la relación de C:N al momento de escoger cultivos de cobertura.

De manera general, los cultivos de cobertura pueden expresar diferentes comportamientos que dependerán de la zona de implementación, el clima, la composición del suelo entre otros factores, es por esta razón, cualquier cultivo de cobertura puede funcionar favorablemente siempre y cuando se adapte a la zona de implementación, siendo de fácil manejo sin representar elevados costos.



10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

- En cuanto a las propiedades del suelo se concluyen que los distintos acolchados vegetales utilizados en la presente investigación no mejoraron parámetros edáficos, solo el tratamiento de Avena incrementó estadísticamente el contenido de materia orgánica en el suelo.
- Se concluye que en cuanto al desarrollo del cultivo se obtuvo una mejora en algunas variables de desarrollo del cultivo, pero no fue una respuesta consistente.
- En relación a las propiedades biológicas se concluye que los acolchados no influyeron en la macrofauna del suelo, obteniendo un control de malezas similar entre los tratamientos evaluados.



10.2. RECOMENDACIONES

- Como recomendación se podría evaluar el comportamiento de los residuos de acolchados adaptados a nuestro medio en otras variedades de interés agronómico.

- Se recomienda evaluar la eficiencia de los acolchados en relación al tiempo de implementación y su efecto en rotaciones de cultivos de interés agronómico.

- Se recomienda la combinación de otras coberturas de gramíneas y leguminosas con el fin de evaluar el comportamiento que tienen sobre los principales cultivos de hortalizas de interés en la región.



11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alfaro, E., Hernandez, Y., Mederos, D., & Rivas, E. (2009). Las coberturas vivas en sistemas de coberturas agrícolas. *Temas de Ciencia y Tecnología Vol. 13 N°38*, 7 - 16.
- Amézquita, E. (26 de Septiembre de 2004). La fertilidad física del suelo. Cali, Colombia, Colombia.
- Amézquita, E., Rao, I., Hoyos, P., Molina, D., Chavez, L., & Bernal, J. (2007). Development of an arable layer: A key concept for better management of infertile tropical savanna soils [Desarrollo de una capa de cultivo: Un concepto clave para una mejor gestión de los suelos infértiles de la sabana tropical]. En A. Bationo, B. Waswa, J. Kihara, & J. Kimetu, *Advances in Integrated Soil Fertility Management in sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities* [Avances en la gestión integrada de la fertilidad del suelo en el África subsahariana: Desafíos y oportunidades] (págs. 99 - 104). Colombia: Springer, Dordrecht.
- Ariza, R. S., González, M. O., & López, S. J. (2020). Evaluación de fijadores biológicos de nitrógeno libres sobre el crecimiento de gramíneas en suelo degradado. *Revista Colombiana de Biotecnología, Vol. XXII, Núm. 1*, 87 - 97.
- Astier, C. M., Maass, M. M., & Etchevers, B. J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia Vol.36*, 605 - 602.
- Benites, J. R., & Bot, A. (2014). Agricultura de conservación: una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales. *Perú: Agrobanco*, 335.
- Bignell, D., Huising, E. J., & Moreira, F. M. (2011). *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Caicedo, G. S., Bernal, R. H., Navas, R. G., Salamanca, S. C., Guevara, A. E., & Botero, Q. R. (2004). *Labranza de conservación para la producción de cultivos semestrales en el piedemonte llanero*. Colombia: Publicación CORPOICA La Libertad - Programa Regional de Investigación Agrícola.
- Castro, R. E., Mojica, R. J., Carulla, F. J., & Lascano, A. C. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en ecosistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana, Vol. 29, Núm. 3*, 711 - 729.
- Clapperton, M. J. (2003). Increasing soil biodiversity through Conservation Agriculture [Aumento de la biodiversidad del suelo mediante la agricultura de conservación]. En P. I. Conservacionista,



- II Congreso Mundial sobre Agricultura Conservacionista* (págs. 136 - 145). "Canada: Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Centre".
- Clark, A. (2007). *Managing cover crops profitably 3rd edition* [Gestión rentable de los cultivos de cobertura 3ª edición]. USA: Sustainable Agriculture Research & Education (SARE) program, College Park, MD.
- Clark, A. (2015). Cover Crops for Sustainable Crop Rotations [Cultivos de cobertura para rotaciones de cultivos sostenibles]. *Topic Room Series*, 1 - 4.
- Climate-Data.org. (20 de Agosto de 2021). *Clima Cuenca (Ecuador)*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-azuay/cuenca-875185/>
- Coletto, M. J. (2005). Agricultura convencional y Agriculturas alternativas. En C. d. Badajoz, *La agricultura y la ganadería extremelas en 2004* (págs. 215 - 225). España: Indugrafic S.L.
- Contreras, O., & Moreno, F. (2005). Cobertura muerta y arvenses en la asociación Lactuca sativa - Allium ampeloprasum. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología N°74*, 65 - 68.
- Díaz, M. C. (2011). Alternatives for erosion control by using conventional coverage, non conventional coverage and revegetation [Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de cobertura convencional, cobertura no convencional y revegetación]. En L. D. Hernández, *Ingeniería e Investigación - Tecnología en innovación y excelencia* (págs. 80 - 90). Colombia: Ingeniería e Investigación Vol. 31 N° 3.
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma: Cuarta Edición.
- FAO. (2016). *Save and Grow in practice: Maize, rice and wheat* [Ahorrar y cultivar en la práctica: Maíz, arroz y trigo]. Roma, Italia: FAO.
- FAO. (2017). *Conservation Agriculture - Revised version* [Agricultura de conservación - Versión revisada]. Roma, Italia: FAO.
- FAO. (s.f.). *Materia orgánica y actividad biológica*. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf>
- FAO y GTIS. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS) – Resumen Técnico*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo.



- FORIGO Roter Italia. (2018). *Cultivos de cobertura: qué son, cómo se hacen y qué beneficios aportan*. España: Biblioteca Horticultura. València: Serveis per la producció editorial SPE3.
- Franczuk, J., Kosterna, E., & Zaniewicz-Bajkowska, A. (2010). Weed-control effects on different types of cover-crop mulches [Efectos del control de las malas hierbas en diferentes tipos de cubiertas vegetales]. *Soil and Plant Science*, 472 - 479.
- García, N. G., & García, N. S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. España: Mundi-Prensa.
- Gobierno provincial del Azuay. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Azuay Actualizado 2015 - 2030*. Cuenca - Azuay: Prefectura del Azuay.
- Gosálbez, C. (8 de Junio de 2012). *¿ Que es un Acolchado?* Obtenido de Escuela Planeta Huerto: https://www.planetahuerto.es/revista/que-es-un-acolchado_00152
- Hontoria, C., Garcia, G. I., Gabriel, J. L., Alonso - Ayuso, M., & Quemada, M. (2018). Los cultivos cubiertos de invierno mejoran la fertilidad y calidad del suelo gracias a su efecto de micorrización. En G. Ó. Veroz, S. E. González, A. M. Gómez, R. Sánchez, G. F. Márquez, F. R. Ordóñez, . . . S. R. Espejo, *Agricultura de conservacion N° 41* (págs. 30 -39). España: Grupo Syngenta.
- Huerta-Olague, J. d., Oropeza, M. J., Guevara, G. R., Ríos, B. J., Martínez, M. M., Barreto, G. O., . . . Mancilla, V. O. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *IDESIA Vol. 32 N°2*, 153 - 162.
- INEC, I. N. (2000). *III Censo Nacional Agropecuario Vol 1*. Ecuador: Ministerio de agricultura y Ganadería - Proyecto SICA.
- Iowa State University Extension and Outreach. (2015). Cover Crops in Vegetable Production Systems [Los cultivos de cobertura en los sistemas de producción de hortalizas]. *Hortscience*, 1 - 7.
- Iqbal, R., Raza, S. M., Valipour, M., Saleem, M. F., Zaheer, M. S., Ahmad, S., . . . Nazar, M. A. (2020). Potential agricultural and environmental benefits of mulches- a review [Beneficios potenciales de los acolchados para la agricultura y el medio ambiente - una revisión]. *SpringerOpen*, 44-75.
- Lal, R. (2008). Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [Captura de carbono. Transacciones filosóficas de la sociedad real B: Ciencias Biológicas]. 815 - 830.



- Lalljee, B. (2013). Mulching as a mitigation agricultural technology against land degradation in the wake of climate change [El acolchado como tecnología agrícola de mitigación contra la degradación de la tierra a raíz del cambio climático]. *International Soil and Water Conservation Research*, 68-74.
- Lavelle, P., & Spain, A. V. (2001). *Soil ecology* [Ecología del suelo]. London, UK: Kluwer Academic Publishers.
- Liebman, M., & Mohler, C. L. (2009). Weeds and the soil environment [Las malas hierbas y el entorno del suelo]. En M. Liebman, C. L. Mohler, & C. P. Staver, *Ecological Management of Agricultural Weeds* [Gestión ecológica de las malas hierbas agrícolas]. (págs. 210 - 268). New York , USA: Cambridge University Press.
- Lonch, R. J. (2000). Effects of vegetation cover on runoff and erosion under simulated rain and overland flow on a rehabilitated site on the Meandu Mine [Efectos de la cubierta vegetal en la escorrentía y la erosión bajo lluvia simulada y flujo superficial en un sitio rehabilitado en la mina Meandu]. Tarong, Queensland. *Australian Journal of Soil Research Vol. 38*, 299 - 312.
- Madeira, R. N., Pacheco, L. C., & de Castro e Melo, R. A. (2015). *CULTIVO DE HORTALIZAS EN SISTEMAS DE PLANTÍO DIRECTO (SPDH) PARA AGRICULTURA CONVENCIONAL Y ORGÁNICA: ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE ARVENSES Y MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO*. Colombia: Conference: Seminario Internacional de cultivo hortícolas de altas temperaturas para el Caribe Colombiano.
- Martín, G. M., & Rivera, R. (2015). INFLUENCIA DE LA INOCULACIÓN MICORRÍZICA EN LOS ABONOS VERDES. EFECTO SOBRE EL CULTIVO PRINCIPAL. ESTUDIO DE CASO: EL MAÍZ. *Cultivos Tropicales Vol. 36*, 34 - 50 .
- Martínez, C. S., Muggeridge, J. D., De Souza, J. V., Carvajal, L. M., Jérez, F., & Sanchez, E. M. (2016). *Manual para el Cultivo de Hortalizas: Parte Especial*. Bolivia: Louvain Cooperation au Développement - Coopreción Belga al Desarrollo.
- Mathews, A. Y. (2015). *Preliminary Results from the Willamette Valley Cover Crop Adaptation Trial* [Resultados preliminares del ensayo de adaptación de cultivos de cobertura del valle de Willamette]. USA: USDA- United States Department of Agriculture.
- Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola Vol. 46 N° 2*, 93 - 103.



- Muñoz-Iniestra, D. J., López, G. F., Hernández, M. M., Soler, A. A., & López, G. J. (2009). Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial. *TERRA LATINOAMERICANA Vol. 27 N° 3*, 237 - 246.
- Noreña, J. J., Aguilar, A. P., Villarreal, N. A., Saldarriaga, C. A., Grisales, V. N., Quitero, V. L., & ... Macías Vivares, A. J. (2019). *Modelo productivo de calabacín (Cucurbita pepo) para los departamentos de Cundinamarca y Antioquia*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Ochoa, M., & Oyarzun, P. J. (2008). Los cultivos de cobertura lo hacen todo. En R. Bunch, G. López, R. Ugás, T. Pinzás, & G. Teresa, *LEISA- revista Agroecológica Vol. 24 no. 2* (págs. 24 - 26). Quito - Ecuador: Fundación ILEIA.
- Pinos, A. N. (2016). Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso Cantón Cuenca. *Estoa No. 9 Vol 5*, 8 - 18.
- Proaño, V., & Lacroix, P. (2013). *Dinámicas de comercialización para la agricultura familiar campesina: desafíos y alternativas en el escenario ecuatoriano*. Ecuador: Publicación SIPAE, AVSF.
- Rimski, K. H., & Álvarez, C. R. (2016). Capítulo 12: Cultivos de Cobertura. En K. H. Rimski, & C. R. Álvarez, *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (págs. 121 - 133). Argentina: Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
- Robacer, M., Canali, S., Lakkenborg, H. K., Bavec, F., Mlakar, S. G., Jakop, M., & Bavec, M. (2015). Cover crops in organic field vegetable production [Cultivos de cobertura en la producción ecológica de hortalizas]. *Scientia Horticulturae*, 1-6.
- Salama, A. M. (2006). Capítulo 3 - 3.3 Calabaza (*Cucurbita pepo*). En A. M. Salama, *Las Cucúrbitaceas importancia económica, bioquímica y medicinal* (pág. 119). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- SARE, S. A., & USDA, N. I. (2012). *Managing Cover Crops Profitably* [Gestión rentable de los cultivos de cobertura]. USA: University of Maryland.
- Suquilanda, V. M. (2012). *Producción orgánica de cultivos andinos (FAO)*. Ecuador: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Taboada, M. A., & Álvarez, C. R. (2008). *Fertilidad Física de los suelos (2a ed.)*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.



- Uribe, C. H., & Rouanet, M. J. (2002). Efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo. "*Agric Tec Vol. 62*", *SciELO*, 555 - 564.
- USDA, U. S., & NRCS, N. R. (2012). La biodiversidad incrementa el éxito de la mayoría de los sistemas agrícolas. "*Unlock the secrets in the soil*", 1- 2.
- Verhulst, N., François, I., & Govaerts, B. (2015). *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?* Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo.
- Zea, P., Pierre, L., Lucero, G., Larriva, W., & Chica, E. J. (2020). Desarrollo y rendimiento de calabacín y lechuga cultivados sobre acolchados vivos en Cuenca, Ecuador. *Siembra*, 43-49.
- Zribi, W., Faci, J. M., & Aragüés, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *ITEA - Información Técnica Económica Agraria*, Vol. 107 N.º 2, 148 - 162.

12. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de normalidad y homocedasticidad de las variables estudiadas en todo el experimento.

Variabes	Normalidad (valor P de acuerdo a la prueba de Shapiro – Wilks)	Valor P de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis	Homocedasticidad (valor P de acuerdo a la prueba de Levene)
Densidad aparente (Antes)	0,3888	-	0,684
Densidad aparente (Después)	0,1005	-	0,205
Contenido de materia orgánica (Antes)	0,1077	-	0,606
Contenido de materia orgánica (Después)	0,3156	-	0,516
pH (Antes)	-	0,099	0,313
pH (Después)	0,7368	-	0,137
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm ⁻¹) (Antes)	0,3635	-	0,066
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm ⁻¹) (Después)	0,7909	-	0,066
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm ⁻¹) semanal	0,8605	-	0,119
Contenido de humedad del suelo (%)	0,8246	-	0,069
Temperatura del suelo (°C)	0,6452	-	0,050
Longitud del tallo (cm)	0,6623	-	0,730
Diámetro del tallo (cm)	0,5020	-	0,235
Número de hojas acumuladas	0,2413	-	0,196
Número de frutos obtenidos	0,5875	-	0,756
Peso del fruto (g)	0,3965	-	0,264
Diámetro del fruto (cm)	0,1745	-	0,281
Longitud de la raíz (cm)	0,7322	-	0,323
Volumen radicular (cm ⁻³)	0,2636	-	0,101
Índice de concentración de clorofila ICC (%)	0,5438	-	0,444
Días a la aparición de la flor	0,4756	-	0,403
Rendimiento por planta (g/planta)	0,9323	-	0,121



Riqueza de invertebrados (Antes)	0,4321	-	0,266
Riqueza de invertebrados (Después)	0,9028	-	0,631
Índice de Shannon – Wiener (Antes)	0,3451	-	0,342
Índice de Shannon – Wiener (Después)	0,3422	-	0,067
Cobertura del suelo (%)	0,9421	-	0,391
Biomasa de malezas (g/parcela) (Antes)	0,2599	-	0,081
Biomasa de malezas (g/parcela) (Después)	0,3050	-	0,093

Anexo 2. Medias y error estándar de las variables medidas durante la ejecución del experimento.

Variables	Tratamientos	Media ± error estándar
Densidad aparente (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	1,49 ± 0,02
	<i>Vicia sativa</i> L.	1,55 ± 0,02
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	1,52 ± 0,03
	Control	1,55 ± 0,04
Densidad aparente (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	1,40 ± 0,02
	<i>Vicia sativa</i> L.	1,38 ± 0,03
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	1,35 ± 0,02
	Control	1,38 ± 0,04
Contenido de materia orgánica (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	5,50 ± 0,35
	<i>Vicia sativa</i> L.	6,00 ± 0,35
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	6,50 ± 0,00
	Control	6,20 ± 0,12
Contenido de materia orgánica (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	7,10 ± 0,19
	<i>Vicia sativa</i> L.	6,30 ± 0,20
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	5,80 ± 0,12
	Control	5,70 ± 0,12



pH (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	6,78 ± 0,04
	<i>Vicia sativa</i> L.	6,76 ± 0,04
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	6,88 ± 0,02
	Control	6,76 ± 0,04
pH (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	6,74 ± 0,06
	<i>Vicia sativa</i> L.	6,82 ± 0,04
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	6,80 ± 0,00
	Control	6,74 ± 0,05
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm⁻¹) (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	0,24 ± 0,06
	<i>Vicia sativa</i> L.	0,47 ± 0,03
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	0,42 ± 0,06
	Control	0,31 ± 0,08
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm⁻¹) (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	0,13 ± 0,01
	<i>Vicia sativa</i> L.	0,14 ± 0,01
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	0,14 ± 0,01
	Control	0,15 ± 0,02
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm⁻¹) semanal	<i>Avena sativa</i> L.	0,22 ± 0,03
	<i>Vicia sativa</i> L.	0,20 ± 0,01
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	0,21 ± 0,03
	Control	0,23 ± 0,03
Contenido de humedad del suelo (%)	<i>Avena sativa</i> L.	28,14 ± 0,89
	<i>Vicia sativa</i> L.	25,12 ± 0,78
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	25,94 ± 3,58
	Control	32,84 ± 1,36
Temperatura del suelo(°C)	<i>Avena sativa</i> L.	17,04 ± 0,23
	<i>Vicia sativa</i> L.	16,92 ± 0,22



	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	17,26 ± 0,12
	Control	16,88 ± 0,09
Longitud del tallo (cm)	<i>Avena sativa</i> L.	8,42 ± 0,31
	<i>Vicia sativa</i> L.	10,02 ± 0,40
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	9,48 ± 0,42
	Control	9,68 ± 0,28
Diámetro del tallo (cm)	<i>Avena sativa</i> L.	1,02 ± 0,06
	<i>Vicia sativa</i> L.	1,16 ± 0,04
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	1,20 ± 0,06
	Control	1,08 ± 0,04
Número de hojas acumuladas	<i>Avena sativa</i> L.	13,40 ± 0,40
	<i>Vicia sativa</i> L.	16,20 ± 0,37
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	15,60 ± 0,68
	Control	15,40 ± 0,51
Número de frutos obtenidos	<i>Avena sativa</i> L.	2,40 ± 0,40
	<i>Vicia sativa</i> L.	4,80 ± 0,58
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	3,20 ± 0,58
	Control	5,40 ± 0,51
Peso del fruto (g)	<i>Avena sativa</i> L.	209,34 ± 33,38
	<i>Vicia sativa</i> L.	220,10 ± 21,69
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	225,70 ± 14,67
	Control	230,20 ± 15,78
Diámetro del fruto (cm)	<i>Avena sativa</i> L.	4,30 ± 0,18
	<i>Vicia sativa</i> L.	4,46 ± 0,04
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	4,60 ± 0,11
	Control	4,50 ± 0,15
Longitud de la raíz (cm)	<i>Avena sativa</i> L.	9,24 ± 0,80
	<i>Vicia sativa</i> L.	9,59 ± 0,39



	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	9,06 ± 0,58
	Control	10,51 ± 1,05
Volumen radicular (cm⁻³)	<i>Avena sativa</i> L.	11,40 ± 1,17
	<i>Vicia sativa</i> L.	12,27 ± 1,22
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	14,27 ± 1,91
	Control	15,40 ± 0,80
Índice de concentración de clorofila ICC (%)	<i>Avena sativa</i> L.	8,78 ± 0,36
	<i>Vicia sativa</i> L.	10,02 ± 0,40
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	9,48 ± 0,42
	Control	9,68 ± 0,28
Días a la aparición de la flor	<i>Avena sativa</i> L.	57,60 ± 1,47
	<i>Vicia sativa</i> L.	45,60 ± 2,62
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	51,00 ± 2,63
	Control	42,80 ± 1,71
Rendimiento por planta (g/planta)	<i>Avena sativa</i> L.	628,06 ± 100,11
	<i>Vicia sativa</i> L.	700,28 ± 31,86
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	677,18 ± 44,00
	Control	688,62 ± 46,33
Riqueza de invertebrados (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	2,60 ± 0,24
	<i>Vicia sativa</i> L.	2,60 ± 0,24
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	3,00 ± 0,45
	Control	2,60 ± 0,40
Riqueza de invertebrados (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	3,60 ± 0,81
	<i>Vicia sativa</i> L.	3,80 ± 0,73
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	3,00 ± 0,77
	Control	3,40 ± 0,68



Índice de Shannon – Wiener (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	0,82 ± 0,06
	<i>Vicia sativa</i> L.	0,70 ± 0,11
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	0,80 ± 0,08
	Control	0,68 ± 0,11
Índice de Shannon – Wiener (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	1,52 ± 0,05
	<i>Vicia sativa</i> L.	1,52 ± 0,05
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	1,49 ± 0,08
	Control	1,54 ± 0,04
Cobertura del suelo (%)	<i>Avena sativa</i> L.	68,34 ± 3,87
	<i>Vicia sativa</i> L.	80,88 ± 2,31
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	72,94 ± 4,00
	Control	64,67 ± 4,96
Biomasa de malezas (g/parcela) (antes)	<i>Avena sativa</i> L.	7,88 ± 0,79
	<i>Vicia sativa</i> L.	5,42 ± 0,49
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	6,64 ± 1,14
	Control	8,42 ± 0,49
Biomasa de malezas (g/parcela) (Después)	<i>Avena sativa</i> L.	8,64 ± 0,89
	<i>Vicia sativa</i> L.	8,98 ± 1,62
	<i>Avena sativa</i> L. con <i>Vicia sativa</i> L.	7,86 ± 1,07
	Control	14,52 ± 0,89

**Anexo 3. Resultados del análisis de varianza de las variables medidas durante el desarrollo del experimento.**

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Densidad aparente (Antes)	Tratamiento	3	4,7E-03	0,90	0,4702
	Bloque	4	2,1E-03	0,39	0,8094
	Error	12	0,01		
Densidad aparente (Después)	Tratamiento	3	2,5E-03	0,54	0,6653
	Bloque	4	2,4E-03	0,52	0,7258
	Error	12	4,6E-03		
Contenido de materia orgánica (Antes)	Tratamiento	3	0,88	2,67	0,0951
	Bloque	4	0,33	1,00	0,4449
	Error	12	0,33		
Contenido de materia orgánica (Después)	Tratamiento	3	2,05	13,64	0,0004
	Bloque	4	0,07	0,50	0,7365
	Error	12	0,15		



pH	Tratamiento	3	0,01	0,87	0,4826
	Bloque	4	0,01	0,90	0,4954
	Error	12	0,01		
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm⁻¹) (Antes)	Tratamiento	3	0,06	3,57	0,0470
	Bloque	4	0,03	1,66	0,2243
	Error	12	0,02		
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm⁻¹) (Después)	Tratamiento	3	3,0E-04	0,49	0,6980
	Bloque	4	3,2E-04	0,52	0,7237
	Error	12	6,2E-04		
Conductividad eléctrica del suelo (dS. cm⁻¹) semanal	Tratamiento	3	7,8E-04	0,23	0,8753
	Bloque	4	0,01	1,66	0,2230
	Error	12	3,4E-04		
Contenido de humedad del suelo (%)	Tratamiento	3	59,97	3,28	0,0588
	Bloque	4	25,53	1,39	0,2941
	Error	12	18,31		



	Tratamiento	3	0,15	1,22	0,3450
Temperatura del suelo (°C)	Bloque	4	0,26	2,14	0,1379
	Error	12	0,12		

	Tratamiento	3	2,38	4,23	0,0295
Longitud del tallo (cm)	Bloque	4	0,87	1,54	0,2519
	Error	12	0,56		

	Tratamiento	3	0,03	5,57	0,0125
Diámetro del tallo (cm)	Bloque	4	0,03	5,91	0,0072
	Error	12	0,01		

	Tratamiento	3	7,38	7,03	0,0055
Número de hojas acumuladas	Bloque	4	1,95	1,86	0,1829
	Error	12	1,05		

	Tratamiento	3	9,65	13,95	0,0003
Número de frutos obtenidos	Bloque	4	3,43	4,95	0,0137
	Error	12	0,69		



	Tratamiento	3	405,08	0,17	0,9161
Peso del fruto (g)	Bloque	4	2995,15	1,24	0,3457
	Error	12	2415,93		

	Tratamiento	3	0,08	0,85	0,4948
Diámetro del fruto (cm)	Bloque	4	0,07	0,73	0,5896
	Error	12	0,09		

	Tratamiento	3	2,07	0,59	0,6320
Longitud de la raíz (cm)	Bloque	4	0,72	0,21	0,9299
	Error	12	3,49		

	Tratamiento	3	16,72	1,69	0,2218
Volumen radicular (cm³)	Bloque	4	6,00	0,61	0,6653
	Error	12	9,89		

Índice de concentración de clorofila ICC (%)	Tratamiento	3	10,23	3,54	0,0482
	Bloque	4	1,32	0,46	0,7656
	Error	12	2,89		



Días a la aparición de la flor	Tratamiento	3	212,85	35,13	<0,0001
	Bloque	4	76,13	12,57	0,0003
	Error	12	6,06		

Rendimiento por planta (g/ planta)	Tratamiento	3	5040,19	0,33	0,8055
	Bloque	4	29429,42	1,91	0,1730
	Error	12	15387,05		

Riqueza de invertebrados (Antes)	Tratamiento	3	0,20	0,29	0,8348
	Bloque	4	0,30	0,43	0,7854
	Error	12	0,70		

Riqueza de invertebrados (Después)	Tratamiento	3	0,58	0,61	0,6220
	Bloque	4	8,43	8,79	0,0015
	Error	12	0,96		

Índice de Shannon – Wiener (Antes)	Tratamiento	3	0,02	0,63	0,6093
	Bloque	4	0,06	1,77	0,2004
	Error	12	0,04		



	Tratamiento	3	1,6E-03	0,08	0,9702
Índice de Shannon – Wiener (Después)	Bloque	4	2,1E-03	0,10	0,9800
	Error	12	0,02		

	Tratamiento	3	244,34	6,02	0,0096
Cobertura del suelo (%)	Bloque	4	182,79	4,50	0,0188
	Error	12	40,59		

	Tratamiento	3	8,97	1,09	0,3918
Biomasa de malezas (g/parcela) (Antes)	Bloque	4	4,13	0,50	0,7364
	Error	12	8,26		

	Tratamiento	3	46,50	6,82	0,0062
Biomasa de malezas (g/parcela) (Después)	Bloque	4	6,29	0,92	0,4827
	Error	12	6,82		

Anexo 4. Registro de las principales malezas en cada tratamiento. A. Antes de la implementación del acolchado. B. Después de la implementación del acolchado.

A. Antes de la implementación del acolchado

Tratamiento	Repetición	Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Cantidad
AVENA	A1R1	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	4
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	5
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	4
AVENA	A2R2	Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	5
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	3
		Lecherón	<i>Euphorbia davidii</i>	Euphorbiaceae	2
		Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	2
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	1
AVENA	A3R3	Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	5
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	3
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	6
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
AVENA	A4R4	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	1
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	1
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	1
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	1
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	4
		Llantén Peludo	<i>Plantago australis</i>	Plantaginaceae	1
AVENA	A5R5	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	3
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	5
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	5
VICIA	V1R1	Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	5
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	5
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	16
VICIA	V2R2	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	5
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	5
VICIA	V3R3	Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	5
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	7
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	1
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	2
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	7
		Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	4
VICIA	V4R4	Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	2
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	7
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	5
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	2
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	4
VICIA	V5R5	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	5
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4
AVENA + VICIA	AV1R1	Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	4
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	5
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4



AVENA + VICIA	AV2R2	Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	2
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	3
		Lecherón	<i>Euphorbia davidii</i>	Euphorbiaceae	7
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	11
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	1
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	2
AVENA + VICIA	AV3R3	Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	1
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	5
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	3
		Lecherón	<i>Euphorbia davidii</i>	Euphorbiaceae	6
		Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	1
AVENA + VICIA	AV4R4	Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	7
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	2
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	4
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	4
AVENA + VICIA	AV5R5	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	6
CONTROL	C1R1	Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	4
		Lecherón	<i>Euphorbia davidii</i>	Euphorbiaceae	4
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	17
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	13
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	2
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	5
CONTROL	C2R2	Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	6
		Lecherón	<i>Euphorbia davidii</i>	Euphorbiaceae	12
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	3
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	3
CONTROL	C3R3	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	6
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	4
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	2
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	4
CONTROL	C4R4	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
		Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	1
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	5
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	8
		Llantén Peludo	<i>Plantago australis</i>	Plantaginaceae	1
CONTROL	C5R5	Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	12
		Llantén Peludo	<i>Plantago australis</i>	Plantaginaceae	1
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	4
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	6

B. Después de la implementación del acolchado

Tratamiento	Repetición	Nombre común	Nombre científico	Familia	Cantidad
AVENA	A1R1	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	9
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	3
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	6
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	5
		Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	6
		Bombilla	<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	3
AVENA	A2R2	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	10
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	2
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4
AVENA	A3R3	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	7
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	3
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	4
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	1
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	2
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
AVENA	A4R4	Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	3
		Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	1
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	1
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	1
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	2
AVENA	A5R5	Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	3
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	3
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	1
VICIA	V1R1	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	4
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	1
VICIA	V2R2	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	2
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	18



		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	1
		Pacunga	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Asteraceae	7
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	3
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	1
VICIA	V3R3	Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	2
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	4
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	2
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	11
		Pacunga	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Asteraceae	1
VICIA	V4R4	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	9
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	5
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	2
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	1
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	1
		Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	2
		Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	1
VICIA	V5R5	Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	4
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	1
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	1
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	3
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	3
AVENA + VICIA	AV1R1	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	3
		Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	2
		Esparto	<i>Juncus microcephalus</i>	Juncaceae	1
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	3
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	1
		Taguachi	<i>Tinantia erecta</i>	Commelinaceae	1
AVENA + VICIA	AV2R2	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	4
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	12



		Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	5
		Pacunga	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Asteraceae	1
AVENA + VICIA	AV3R3	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	9
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	1
AVENA + VICIA	AV4R4	Taguachi	<i>Tinantia erecta</i>	Commelinaceae	1
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	4
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
		Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	2
		Llantén Peludo	<i>Plantago australis</i>	Plantaginaceae	1
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	2
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	2
AVENA + VICIA	AV5R5	Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	4
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	1
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	1
CONTROL	C1R1	Taguachi	<i>Tinantia erecta</i>	Commelinaceae	1
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	1
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	6
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	8
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	4
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	22
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	1
		Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	5
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	2
CONTROL	C2R2	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	12
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	1
		Bombilla	<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	1
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	1
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	3
		Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	1
CONTROL	C3R3	Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	21
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	2

		Pacunga	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Asteraceae	1
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	2
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	2
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	4
CONTROL	C4R4	Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	4
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	3
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	4
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	2
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	4
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	5
CONTROL	C5R5	Hierba de Cochino	<i>Jaegeria hirta</i>	Asteraceae	1
		Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	2
		Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	15
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	11
		Botón amarillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	Asteraceae	1
		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1
		Hierba del cuy	<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	1
		Culantrillo	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae	3
		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	7
		Yuruza	<i>Paspalum candidum</i>	Poaceae	1

Anexo 5. Distribución de tratamientos en campo. A. Antes de la siembra de los cultivos de cobertura. B. Después de la siembra de los cultivos de cobertura.

A. Antes de la siembra de los cultivos de cobertura



B. Después de la siembra de los cultivos de cobertura



Anexo 6. Parcela experimental implementada con cultivos de cobertura A. Antes de la aplicación de herbicida. B. Después de la aplicación del herbicida.

A. Antes de la aplicación de herbicida



B. Después de la aplicación de herbicida

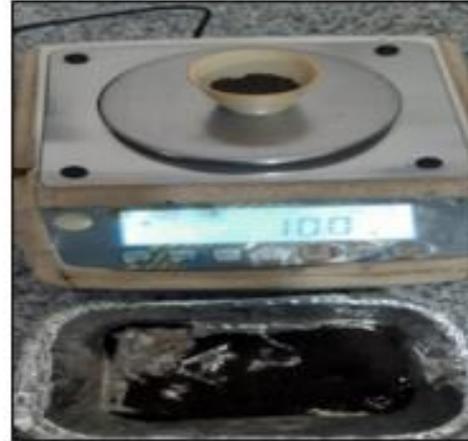


Anexo 7. A. Toma de datos edafológicos B. Toma de datos en el crecimiento y cosecha del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.).

A. Toma de datos edafológicos



Cálculo de conductividad eléctrica y pH del suelo al inicio y al final del acolchado en laboratorio.



Cálculo de materia orgánica del suelo al inicio y al final del acolchado en laboratorio.



Cálculo de densidad aparente (D_{ap}) del suelo al inicio y al final del acolchado en laboratorio.



Cálculo de variables edáficas durante el desarrollo del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en campo.



Cálculo del diámetro del fruto.



Cálculo del peso y número de frutos obtenidos.

B. Toma de datos en el crecimiento y cosecha del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.).



Macroinvertebrados del suelo



Medición de variables de crecimiento y desarrollo en plantas de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en campo

Anexo 8. Control de arvenses por cada tratamiento. A. *Avena sativa* L., B. *Vicia sativa* L., C. *Avena sativa* L. con *Vicia sativa* L., D. Control (Sin cobertura).

A. Acolchado de *Avena sativa* L.



B. Acolchado de *Vicia sativa* L.



C. Acolchado de *Avena sativa* L. con *Vicia sativa* L.



D. Control (Sin cobertura).

