

EFEECTO DE LA UTILIZACIÓN DEL MULCH NATURAL, MAÍZ (*Zea mays L.*), CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*), VICIA (*Vicia sativa L.*), Y AVENA (*Avena sativa L.*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.*) EN EL CAMPUS QUEROCHACA, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.



JOHANNA VANESSA FRUTOS PINTO

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA
INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

AMBATO – ECUADOR

2015

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La suscrita JOHANNA VANESSA FRUTOS PINTO, portadora de cédula de identidad número: 180437392-4, libre y voluntariamente declara que el trabajo de investigación titulado “EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DEL MULCH NATURAL, MAÍZ (*Zea mays L.*), CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*), VICIA (*Vicia sativa L.*), Y AVENA (*Avena sativa L.*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.*) EN EL CAMPUS QUEROCHACA, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS” es original, auténtica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

JOHANNA VANESSA FRUTOS PINTO

DERECHO DEL AUTOR

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de esta tesis, o de parte de ella.

**EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DEL MULCH NATURAL, MAÍZ (*Zea mays L.*),
CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*), VICIA (*Vicia sativa L.*), Y AVENA
(*Avena sativa L.*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.*)
EN EL CAMPUS QUEROCHACA, FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

REVISADO POR:

Dr. David Risco
TUTOR

Ing. Mg. Marco Pérez
ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

FECHA

Ing. Mg. Hernán Zurita

Ing. Mg. Giovanni Velástegui

Ing. Mg. Eduardo Cruz

DEDICATORIA

Sin duda a Dios, por bendecirme en cada paso que he dado, por haberme regalado inteligencia y sabiduría, y permitirme finalizar con éxito mi carrera profesional.

A mi madre, pilar fundamental en mi vida, sinónimo de lucha, esfuerzo y esmero, que con infinito amor y dedicación me enseñó la entrega y responsabilidad en el diario vivir, para hacer de mí una profesional con valores éticos, morales y espirituales.

A mi Padre, por su amor brindado desde la infancia con esfuerzo y sacrificio para permitirme alcanzar cada una de las metas propuestas.

A mi hermano, por brindarme su confianza y apoyo incondicional.

A mi compañero de vida, Oscar Acosta, por su paciencia, amor y entrega durante el transcurso de mi carrera.

A mis sobrinos, Tomás, Valentina y Rafael, que han llegado a pintar de colores mi vida, con sus sonrisas y locuras.

AGRADECIMIENTO

De manera profunda a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por acogerme en sus aulas, donde la formación académica y profesional fortalecieron mis principios y valores, brindándome conocimientos para llegar a ser una profesional útil para la sociedad.

Un agradecimiento sincero y profundo a todos los profesores de la Carrera de Ingeniería Agronómica, especialmente al tutor de tesis, Dr. David Risco, quien con sus acertados consejos, tiempo y voluntad ha permitido culminar con éxito la presente investigación.

Agradezco infinitamente al Ing. Mg. Marco Pérez, Biometrista, por orientarme con sus conocimientos y capacidades desde el inicio del desarrollo de mi tesis, la cual ha finalizado llenando nuestras expectativas.

Agradezco a la Ing. Mg. Elizabeth Ibarra, Asesora de Redacción Técnica, por su valiosa colaboración durante el desarrollo de la tesis y sobre todo por su paciencia para que este trabajo pudiera llegar a culminarse.

Al Ing. Mg. Giovanni Velástegui por su apoyo y amistad durante la carrera y la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
1.PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización.....	1
1.2. Análisis Crítico.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	4
2.MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes investigativos	4
2.2. Categorías Fundamentales.....	5
2.2.1. El cultivo de brócoli	5
2.2.1.1. Origen.....	5
2.2.1.2. Clasificación Taxonómica	6
2.2.1.3. Morfología.....	6
• Raíz.....	6
• Tallo.....	6
• Hojas.....	7
• Flor.....	7
• Inflorescencia.....	7
• Fruto.....	7

• Semilla.....	7
2.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	8
• Clima	8
• Temperatura.....	8
• Luminosidad	8
• Suelo	8
2.2.1.5. Evolución fisiológica.....	9
• Fase de crecimiento	9
• Fase de inducción floral.....	9
• Fase de formación de inflorescencias.....	9
• Fase de floración.....	9
• Fase de fructificación.....	9
2.2.1.6. Establecimiento de cultivo.....	10
• Semillero.....	10
• Preparación del Terreno.....	10
• Densidad de Siembra	10
• Transplante	10
2.2.1.7. Descripción de la variedad	11
• Variedad Avenger.....	11
• Variedad Legacy.....	11
2.2.1.8. Manejo del cultivo	11
• Deshierbe y Aporque	11
• Fertilización	12
• Riego.....	12

2.2.1.9.	Plagas y Enfermedades.....	12
•	Plagas.....	12
•	Enfermedades.....	14
2.2.1.10.	Problemas fisiológicos.....	15
2.2.1.11.	Cosecha.....	15
•	Tiempo.....	15
•	Diámetro y firmeza.....	15
2.2.1.12.	Poscosecha.....	16
2.2.1.13.	Composición Nutricional del brócoli.....	16
2.2.2.	Mulch.....	17
2.2.2.1.	Definición.....	17
2.2.2.2.	Ventajas de aplicar el mulch apropiado.....	17
2.2.2.3.	Tipos de mulch.....	18
•	Mulch inorgánico.....	18
•	Mulch orgánico.....	19
2.3.	Hipótesis.....	24
2.4.	Señalamiento de las variables de la hipótesis.....	24
2.4.1.	Variable Independiente.....	24
2.4.2.	Variable Dependiente.....	24
2.5.	Operacionalización de variables.....	25
CAPÍTULO III.....		26
3.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		26
3.1.	Enfoque, Modalidad y tipo de la Investigación.....	26
3.1.1.	Enfoque de la investigación.....	26
3.1.2.	Modalidad de la investigación.....	26

3.1.3.	Tipo de Investigación	26
3.2.	Ubicación del ensayo	26
3.3.	Caracterización del lugar	27
3.3.1.	Clima	27
3.3.2.	Suelo	27
3.3.3.	Agua.....	27
3.3.4.	Ecología.....	28
3.3.5.	Cultivos.....	28
3.4.	Factores de estudio	28
3.4.1.	Mulch natural.....	28
3.5.	Diseño Experimental	28
3.6.	Tratamientos	29
3.6.1.	Características de la unidad experimental	29
3.7.	Diseño de campo	30
3.8.	Datos tomados	30
3.8.1.	Longitud de raíz.....	30
3.8.2.	Volumen radicular	30
3.8.3.	Longitud del tallo.....	31
3.8.4.	Diámetro del tallo	31
3.8.5.	Número de Hojas	31
3.8.6.	Días a la aparición de la pella.....	31
3.8.7.	Peso de la pella	31
3.8.8.	Diámetro de la pella.....	32
3.8.9.	Presencia de malezas	32
3.8.10.	pH del suelo	32

3.9.	Manejo de la investigación.....	32
3.9.1.	Análisis de suelo.....	32
3.9.2.	Preparación del suelo.....	32
3.9.3.	Trazado de parcelas	33
3.9.4.	Colocación del mulch.....	33
3.9.5.	Instalación del sistema del riego.....	34
3.9.6.	Riego.....	34
3.9.7.	Transplante	35
3.9.8.	Fertilización	35
3.9.9.	Control de malezas	35
3.9.10.	Control fitosanitario.....	36
3.9.11.	Cosecha.....	36
3.9.12.	pH del suelo	36
3.9.13.	Análisis estadístico de las variables.....	36
CAPÍTULO IV		37
4.RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y DISCUSIÓN		37
4.1.	DETERMINACIONES BIOMÉTRICAS	37
4.1.1.	Longitud radicular	37
4.1.2.	Volumen radicular	37
4.1.3.	Días a la aparición de la pella.....	38
4.1.4.	Evolución longitud del tallo	39
4.1.5.	Evolución número de hojas	40
4.1.6.	Evolución calibre del tallo.....	41
4.2.	PRODUCCIÓN EN COSECHA	42
4.2.1.	Peso de la pella	42

4.2.2.	Diámetro de la pella.....	43
4.2.3.	Presencia de malezas	43
4.2.4.	pH del suelo después de la cosecha.....	44
4.2.5.	Identificación de malezas	45
4.2.5.1.	Hierba de cuy, pacoyuyo	45
4.2.5.2.	Ashpa quinoa, falsa quinua.....	46
4.2.5.3.	Malva morada.....	47
4.2.5.4.	Llantén	48
4.2.5.5.	Kikuyo	49
4.2.5.6.	Diente de león.....	50
4.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	51
4.4.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	53
CAPÍTULO V		54
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		54
5.1.	Conclusiones.....	54
5.2.	Recomendaciones	55
CAPÍTULO VI.....		57
6.PROPOSTA		57
6.1.	Título	57
6.2.	Fundamentación.....	57
6.3.	Objetivo	58
6.4.	Justificación e importancia.....	58
6.5.	Manejo técnico	59
6.5.1.	Análisis de suelo.....	59
6.5.2.	Preparación del suelo.....	59

6.5.3.	Trazado de parcelas	59
6.5.4.	Colocación del mulch	59
6.5.5.	Instalación del método del riego.....	60
6.5.6.	Transplante	60
6.5.7.	Riego.....	60
6.5.8.	Fertilización	60
6.5.9.	Control de malezas	60
6.5.10.	Cosecha.....	60
6.6.	Plan de acción.....	61
BIBLIOGRAFÍA		62
ANEXOS		67

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL BRÓCOLI	16
CUADRO 2. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO	27
CUADRO 3. TRATAMIENTOS	29
CUADRO 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO	33
CUADRO 5. APLICACIÓN DEL MULCH.....	34
CUADRO 6. FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI.....	35
CUADRO 7. PROMEDIO DE LA VARIABLE LONGITUD RADICULAR.....	37
CUADRO 8. PROMEDIO DE LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR	37
CUADRO 9. PROMEDIO DE LA VARIABLE APARICIÓN DE LA PELLA.....	38
CUADRO 10. PROMEDIO DE LA VARIABLE PESO DE LA PELLA.....	42
CUADRO 11. PROMEDIO DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LA PELLA	43
CUADRO 12. PROMEDIO DE LA VARIABLE PESO DE MALEZAS.....	43
CUADRO 13. TOTAL EGRESOS VS TOTAL INGRESOS.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Esquema del ensayo en el campo.....	30
Figura 2. Evolución de la longitud del tallo a los 30, 60 y 87 días	39
Figura 3. Evolución número de hojas a los 30, 60 y 87 días	40
Figura 4. Evolución calibre del tallo a los 60 y 87 días.....	41
Figura 5. Hierba de cuy, pacoyuyo.....	45
Figura 6. Ashpa quinoa.....	46
Figura 7. Malva morada.....	47
Figura 8. Llantén.....	48
Figura 9. Kikuyo.....	49
Figura 10. Diente de león	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DEL TALLO A LOS 30 DÍAS	67
Anexo 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 30 DÍAS	67
Anexo 3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DEL TALLO A LOS 60 DÍAS	68
Anexo 4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CALIBRE DEL TALLO A LOS 60 DÍAS	68
Anexo 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 60 DÍAS	69
Anexo 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DÍAS A LA APARICIÓN DE LA PELLA	69
Anexo 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ A LA COSECHA	70
Anexo 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR A LA COSECHA	70
Anexo 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 87 DÍAS	71
Anexo 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DEL TALLO A LOS 87 DÍAS	71
Anexo 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CALIBRE DEL TALLO A LOS 87 DÍAS	72
Anexo 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE PESO DE LA PELLA	72
Anexo 13. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE PELLA	73
Anexo 14. IMÁGENES.....	74

RESUMEN

El presente estudio de investigación se realizó con el propósito de determinar el efecto de la utilización del mulch natural, maíz (*Zea mays L.*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), vicia (*Vicia sativa L.*), y avena (*Avena sativa L.*) sobre la producción y el control de malezas en brócoli (*Brassica oleracea L.*). Este ensayo se realizó en los predios de la Granja Experimental Querochaca, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua.

Se empleó el diseño experimental de bloques al azar utilizando 4 tipos de coberturas vegetales (mulch natural) como caña de azúcar (M4), maíz (M1), vicia (M2) y avena (M3) y, un testigo (M0) sin mulch en el cultivo de brócoli, realizando 3 repeticiones que comprendieron 15 parcelas experimentales. Se efectuó el análisis de varianza (ADEVA); pruebas de significación de Tukey al 5% y el análisis económico aplicando el método de la relación beneficio costo (RBC), para determinar el mejor tratamiento en la investigación.

En el transcurso del ciclo de cultivo del brócoli, variedad Avenger, se tomaron los siguientes datos: longitud radicular, volumen radicular, número de hojas, longitud y calibre del tallo, peso, diámetro, días a la aparición de la pella y presencia de malezas.

Los mejores resultados se obtuvieron al aplicar el mulch de vicia (M2), con un rendimiento de 31,76 tm/ha, seguido del mulch de avena con 17,85 tm/ha, testigo sin mulch con 13,93 tm/ha, maíz con 11,42 tm/ha y caña de azúcar con 7,85 tm/ha. En relación con los parámetros biométricos, el mulch de vicia (M2) contribuyó a un aumento significativo y favorable en la longitud radicular (22,88 cm), volumen radicular (227 cc), número de hojas (21,47 hojas), longitud del tallo (14,27 cm), calibre del tallo (4,21 cm), peso de la pella (0,890 kg), diámetro de la pella (22,07 cm), días a la aparición de la pella (63,13 días).

En cuanto al efecto del mulch en el control de malezas se observó que los mejores tratamientos fueron el mulch con vicia (M2) y el de caña de azúcar (M4), ya que redujeron la incidencia de malezas en el cultivo de forma significativa evitando el uso de herbicidas.

Los tratamientos con mejores resultados en producción fue el mulch con vicia (M2), seguido del mulch de avena (M3). El tratamiento con caña de azúcar (M4) aunque fue eficiente en el control de malezas, tuvo una baja producción. Por último el mulch de maíz (M1) obtuvo baja producción y un ineficiente control de malezas.

SUMMARY

This research study was conducted in order to determine the effect of the use of natural mulch, corn (*Zea mays* L.), sugar cane (*Saccharum officinarum* L.), vetch (*Vicia sativa* L.) and oats (*Avena sativa* L.) on production and weed control in broccoli (*Brassica oleracea* L.). This test was conducted on the premises of Querochaca Experimental Farm, Faculty of Agricultural Sciences, Technical University of Ambato, Tungurahua.

The experimental design used random blocks using 4 types of vegetation cover (natural mulch) as sugar cane (M4), corn (M1), vetch (M2) and oats (M3) and a control (M0) without mulch in growing broccoli, doing 3 reps who understood 15 experimental plots. Analysis of variance (ANOVA) was performed; Tukey tests of significance 5% and economic analysis applying the method of the benefit cost ratio (RBC) to determine the best treatment in the investigation.

Root length, root volume, number of leaves, stem length, size, weight, diameter, days of the onset of the pellet and the presence of weeds: During the growing season broccoli variety Avenger, the following data were taken. The best results were obtained by applying the mulch vetch (M2), with a yield of 31.76 tonnes / ha, followed by oat mulch with 17.85 mt / ha, control without mulch with 13.93 mt / ha, corn 11.42 mt / ha and sugar cane with 7.85 tonnes / ha. In relation to the biometric parameters, mulch tare (M2) contributed to a significant and positive increase in root length (22.88 cm), root volume (227 cc), number of leaves (leaves 21,47) length stem (14.27 cm), the stem bore (4.21 cm), weight of the pellet (0.890 kg), the pellet diameter (22.07 cm), days of the onset of the pellet (63.13 days).

As for the effect of mulch on weed control was observed that the best treatments were the mulch with vetch (M2) and sugar cane (M4) since reduced the incidence of weeds in significantly preventing herbicides.

The treatments with better results in production was the mulch with vetch (M2), followed by oat mulch (M3). Treatment with sugarcane (M4) was efficient but weed control, had a low production. Finally mulch of corn (M1) obtained low production and inefficient weed control.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

A través de los años el consumo de verduras se incrementa cada vez más en el mundo, en vista de la necesidad de mantener una alimentación sana. El brócoli en los últimos años ha sido el producto con mayor tasa de crecimiento en el mercado a nivel mundial, debido a que a este vegetal se le atribuye grandes características nutritivas y medicinales. (Krarup, 1992). Un problema asociado al crecimiento de este cultivo es un excesivo uso de agroquímicos, ya que los cultivos hortícolas en general y el brócoli en particular necesita grandes cantidades de fertilizantes para su desarrollo. Por lo que su uso ha causado problemas de contaminación del agua, suelo y aire. (Cifuentes, 2014)

En relación con la producción, el brócoli en el Ecuador, se ha constituido en el producto bandera dentro de los no tradicionales de exportación, mostrando un fuerte dinamismo en los últimos años. Este cultivo se produce principalmente en tres provincias de la Sierra: Cotopaxi; Pichincha e Imbabura, de tal forma que Ecuador en el 2012 exportó 56 mil toneladas, siendo el séptimo país exportador a nivel mundial; el 72.96% de estas tuvieron como destino Estados Unidos, Japón y Alemania. El principal competidor para Ecuador, en la Unión Europea, es España y en América Latina es México. (SINAGAP, 2013)

Es por esto que en los últimos años en la provincia de Tungurahua se ha dado un crecimiento acelerado de una agricultura convencional con beneficio económico y no tomando en cuenta la salud de productores ni de consumidores, mucho menos del ambiente. A la vez la intensificación de los monocultivos ha impulsado el uso de grandes cantidades de pesticidas y fertilizantes químicos, trayendo consigo dependencia y sobreutilización de los mismos.

1.2.Análisis Crítico

Actualmente los pequeños y grandes productores de la sierra ecuatoriana tienden a cultivar productos no tradicionales como lechuga, col, coliflor, acelga y brócoli cuya producción en los últimos años se ha incrementado. Desde el año 2000 al 2012, la evolución de la superficie cosechada ha tenido un incremento de 9.27%; pasando de 3330 hectáreas en el año 2000 a 3639 hectáreas en el 2012. Este incremento está directamente relacionado a la implementación de variedades e híbridos mejor adaptados como Legacy y Avenger a las zonas de producción. Para el año 2012 la producción total fue de 70000 toneladas y alcanzó un rendimiento de 19.24 t/ha. (SINAGAP, 2013)

A la vez la producción de alimentos se enfrenta a una serie de problemas como el uso excesivo de plaguicidas, degradación del suelo, alteraciones climáticas, resistencias de los patógenos hacia los productos químicos, todos estos asociados al aumento de la necesidad de alimentos para el abastecimiento creciente de la población. A menudo las grandes empresas al producir monocultivos y aumentar el uso de herbicidas van empobreciendo el suelo y utilizando mayores insumos como fertilizantes y uso de maquinaria pesada que compacta el suelo, lo que conlleva a incrementar la contaminación. A la vez los agricultores al emplear herbicidas han hecho mal uso sobredosificando las aplicaciones para obtener mejores resultados en el cultivo, sin tener en cuenta el daño generado al ambiente y a la salud.

1.3.Justificación

La presente investigación se realizó con la finalidad de resolver un problema latente, como el uso excesivo de herbicidas en los cultivos, nutrición del cultivo, contaminación, entre otros. Como hemos evidenciado se ha impulsado la producción del brócoli en el país, ya que esta hortaliza está bien adaptada, el cultivo es muy rentable y posee amplias áreas destinadas para su desarrollo. Es una hortaliza de exportación, con cualidades nutritivas y medicinales, esto sin mencionar que al aplicar diferentes procesos tecnológicos se puede obtener un producto de calidad que podría competir en iguales o mejores condiciones con otros productos existentes en el mercado nacional como internacional.

Es por esto que la reducción en el uso de herbicidas mediante el acolchonamiento natural puede contribuir en la minimización de la contaminación del suelo, aire y agua, reduciendo la frecuencia de riegos, aportando nutrientes al suelo, dando una alternativa de producción para los productores de brócoli, empleando elementos renovables y amigables para el ambiente, siendo viables para los pequeños agricultores y con ello expandir esta tecnología hacia los grandes productores de brócoli en el país, sabiendo que estamos reduciendo mano de obra en la deshierba, insumos, pérdida de microorganismos, erosión del suelo y el factor más importante disminuyendo problemas de la salud humana.

Por lo tanto mediante la aplicación de esta alternativa agroecológica de gran importancia social se abren dos nichos dentro de tal contexto, uno hacia productos de una calidad nueva y sana y otros hacia productos con tecnologías diferentes a las tradicionales, desarrollando así mayor empleo para la población, evitando gastos en insumos innecesarios y ante todo preservando la salud humana y ambiental.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Utilizar mulch natural de maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), vicia (*Vicia sativa*) y avena (*Avena sativa*) como cobertura en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea L.*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto del mulch natural de maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), vicia (*Vicia sativa*) y avena (*Avena sativa*) en el rendimiento del cultivo de brócoli.
- Establecer los cambios que se presentan en el ciclo de crecimiento del brócoli en función de la cobertura vegetal a base de mulch natural.
- Analizar el efecto de los diferentes tipos de mulch en el control del crecimiento de malezas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

El mulch es una cubierta que puede ser de origen inorgánico u orgánico y que proporcionan diferentes usos. Específicamente en el mulch de origen vegetal, las cubiertas orgánicas al pasar el tiempo proporcionan la liberación lenta de nitrógeno y otros nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta. El uso de coberteras además aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, la disponibilidad de fósforo y potasio intercambiable y al mismo tiempo mejoran la porosidad y capacidad de retención de humedad. Por otra parte las cubiertas estimulan el crecimiento de las poblaciones de microorganismos; y algunos de ellos estimulan el crecimiento de las plantas y/o suprimen patógenos que atacan a la raíz y evitan la emergencia de malezas. (Reyes y Alarcón, 2008)

Por otra parte Zribi et al. (2011), señalan que los acolchados de material plástico son los más utilizados por ser económicos en el mercado, pero su uso intensivo está produciendo contaminación de los suelos por su alta estabilidad y persistencia de sus restos y su baja degradación en el medio. Es por ello que progresivamente el plástico está siendo sustituido por otros materiales alternativos biodegradables de tipo orgánico (paja, corteza de pino, papel) o mineral (geotextiles). A la vez estos autores indican que el acolchado orgánico reduce la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, manteniendo mayor humedad, favoreciendo la estabilidad estructural y fertilidad del suelo, reduciendo la evapotranspiración y salinización del suelo.

Es por esto que el uso de mulching se lo reconoce como una parte importante en la producción de los cultivos, siendo más amable con el medio ambiente, integrando los sistemas orgánicos de producción de hortalizas, que permiten reducir o incluso eliminar la aplicación de productos químicos para las malas hierbas. A la vez Eugeniusz y Katarzyna (2013), mencionan que el acolchado puede controlar plagas, así como disminuir la

necesidad de aplicaciones de fertilizantes. Así, la aplicación común de este sistema de cultivo necesita más estudios intensivos sobre la selección de las especies deseables como mulch, adaptadas a las condiciones de clima y suelo locales.

Además Kosterna (2014) al aplicar centeno, paja de maíz y trigo sarraceno como acolchado en el cultivo de brócoli, determinó que todos los tratamientos protegen el suelo de la degradación y el uso fitosanitarios de herbicidas. A la vez menciona que los diferentes tipos de mulchs limitan el crecimiento de malas hierbas, mantiene la humedad adecuada y promueve la reducción de las fluctuaciones diarias de temperatura en el cultivo, también mejoran las condiciones del suelo para el crecimiento y desarrollo de la planta. En esta investigación no se encontraron diferencias significativas en el nivel de rendimiento y el peso de la cabeza entre tipos particulares de paja, sin embargo, independientemente del tipo de mulch utilizado se determinó que contribuyeron a mejorar las condiciones físicas del suelo, evitando así la degradación del ambiente que ocasionan comúnmente los cultivos tradicionales.

2.2. Categorías Fundamentales

2.2.1. El cultivo de brócoli

2.2.1.1. Origen

Krarup (1992), manifiesta que el centro de origen del brócoli más probable, es el área noreste del Mediterráneo. Fue introducido a Italia antes del imperio Romano y posteriormente a otros países de Europa Occidental.

Posteriormente los italianos trajeron semillas hacia América del Norte, y desde allí se extendió como tantos otros países del Sur. Desde la década de los noventa, se observa una auténtica fiebre del brócoli en la región andina del Ecuador debido a condiciones climáticas aptas como la luminosidad y a la altitud. (Cifuentes, 2014)

2.2.1.2. Clasificación Taxonómica

Krarup (1992), da a conocer la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
División	: Magnoliophyta
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Rhoadales
Familia	: Crucíferas
Género	: Brassica
Especie	: Oleracea
Variedad	: Italica

2.2.1.3. Morfología

- **Raíz**

Las raíces secundarias son abundantes dentro de ellas se destaca una raíz pivotante que penetra hasta 1.20 m; su zona radicular amplia le permite un buen anclaje y alta capacidad de absorción de agua y nutrientes (Cadena, 2011).

- **Tallo**

Toledo (1995), indica que tiene un tallo principal cuyo diámetro varía entre 2 y 6 cm, y su longitud entre 20 y 60 cm.

Limongelli (1979), manifiesta que los tallos florales son carnosos y gruesos, emergen de las axilas foliares formando inflorescencias, generalmente una central de mayor tamaño y luego otras laterales.

- **Hojas**

Cerdas (2002), afirma que las hojas son de tamaño grande, de hasta 50 centímetros de longitud y 30 centímetros de ancho, las cuales varían en número, de 15 a 30, según el híbrido.

- **Flor**

Valadez (1994), afirma que las flores son pequeñas, notables debido a su gran número, son completas, regulares e hipogíneas, tienen cuatro sépalos y 28 pétalos de color amarillo. La disposición de los pétalos es en forma de cruz, de donde proviene el nombre de la familia a la que pertenece.

Las flores son perfectas y actinomorfas, los pétalos son libres, en número de cuatro, de color amarillo y están dispuestos en forma de cruz. (Toledo, 1995)

- **Inflorescencia**

La inflorescencia de la planta está constituida por primordios florales o flores inmaduras que consisten en yemas normales unidas en racimos no cubiertos con hojas, las cuales están dispuestas en un corimbo principal ubicado en el extremo superior del tallo, así como en ramificaciones de las yemas axilares. (Medina et al. 2006)

- **Fruto**

Es una pequeña vaina (silicua) de color verde oscuro cenizo, que mide en promedio de 3 a 4 cm. y que contiene de tres a ocho semillas por silicua. (Jaramillo, 2006)

- **Semilla**

Las semillas contenidas en el interior del fruto son liberadas al medio al momento de su madurez, son pequeñas, redondas con un diámetro que se encuentra cerca de 2 mm y de color pardo oscuro a rojizo. (Medina et al. 2006)

2.2.1.4.Requerimientos edafoclimáticos

- **Clima**

Cerdas (2002), afirma que el Ecuador presenta condiciones ambientales especiales para la producción de esta hortaliza lo que distingue a nuestro producto del resto de la oferta mundial. La posición del país en la Línea Ecuatorial brinda una mayor luminosidad proporcionándole al brócoli un color verde más brillante.

PROEXANT (1992), menciona que el brócoli se desarrolla adecuadamente en lugares templados y fríos, cuya humedad relativa óptima sea del 80 % y mínima del 70 %; se adapta en altitudes que van de los 2200 hasta 3000 m.s.n.m.

- **Temperatura**

El brócoli requiere una temperatura de germinación de 7 a 29 °C y un tiempo de 4 a 12 días, mientras que la temperatura de crecimiento es de 13 a 24 °C por lo que en el Ecuador la temperatura es ideal para una producción continua con altos rendimientos. (Cerdas, 2002).

- **Luminosidad**

Krarup (1992), menciona que la especie es de foto periodo neutro. Condiciones extremas de luminosidad, altas o bajas, pueden limitar el crecimiento y algunas características de la planta.

- **Suelo**

El suelo apto para el desarrollo del cultivo de brócoli debe ser profundo, poseer buen drenaje, con alto porcentaje de materia orgánica, textura media y de baja compactación para evitar bajos rendimientos. (PROEXANT, 1992). El mejor pH para el cultivo de brócoli está entre 6.0 y 6.8. (Knott, 1980).

2.2.1.5.Evolución fisiológica

La UNIVERSIDAD CATÓLICA (1990), da a conocer que dentro del desarrollo del cultivo de brócoli se consideran cuatro fases principales:

- **Fase de crecimiento:**

La semilla germina entre los 6 y 10 primeros días dependiendo de las condiciones en las que se encuentre, emitiendo un par de hojas cotiledonales. Las hojas y tallos alcanzan una altura de 12 - 15 cm con 3 a 5 pares de hojas.

- **Fase de inducción floral:**

Posteriormente la planta inicia la formación de la flor y al mismo tiempo continúan brotando hojas de menor tamaño que en la fase de crecimiento.

- **Fase de formación de inflorescencias:**

Se observa que en la yema terminal de la planta se desarrolla una inflorescencia, mientras que en las yemas axilares de las hojas ocurre la fase de inducción floral con la consiguiente formación de nuevas inflorescencias, con un tamaño menor al de la inflorescencia principal.

- **Fase de floración:**

En esta fase los tallos que sustentan las partes de la inflorescencia inician un crecimiento longitudinal, dando lugar a la apertura de las flores.

- **Fase de fructificación:**

En la fase de fructificación se forman los frutos (silicuas) y semillas. Dependiendo la variedad se obtienen plantas de 40 cm a 60 cm de altura, follaje abundante con 20 hojas por planta y pellas con un peso promedio de 400 gramos.

2.2.1.6. Establecimiento de cultivo

- **Semillero**

Para la siembra en el semillero se emplean bandejas plásticas en donde se coloca el sustrato enriquecido con abono orgánico para luego trazar pequeños hoyos de 0,5 a 1 cm de profundidad en donde se van depositando las semillas. (Luna, 2009)

- **Preparación del Terreno**

Posteriormente se debe eliminar la capa vegetativa anterior, arando y rastrando el suelo para desmenuzar terrones y chambas. (Luna, 2009)

- **Densidad de Siembra**

Jaramillo (2006), da a conocer que en el caso de variedades tradicionales de brócoli, se recomienda una distancia de siembra de 60 a 70 cm entre hileras o surcos y de 50 a 60 cm entre plantas y para el caso de los híbridos, por su porte bajo y mayor uniformidad, requieren menores distancias de siembra, siendo la distancia más apropiada de 40 cm entre plantas y de 50 cm entre surcos.

Las distancias de siembra dependen de las características agronómicas de la variedad y de las condiciones climáticas y de suelo de la zona, es por ello que PROEXANT (1992), recomienda las siguientes distancias: entre surcos 0.70- 0.80 m y entre plantas: 0.40 – 0.50 m.

- **Transplante**

El trasplante se realiza cuando las plántulas tienen de 5 a 6 hojas verdaderas es decir de 15 a 20 cm de altura o a la vez de 35 a 42 días de siembra llevándola al campo con pan de tierra, para evitar el stress producido por el "saque" de la misma. Se deberá tomar en cuenta que la edad de la plántula no debe sobrepasar la sexta semana. (PROEXANT, 1992)

2.2.1.7.Descripción de la variedad

Las variedades más comerciales en el Ecuador son:

- **Variedad Avenger**

Avenger es conocido en el mercado agroindustrial tanto en producto fresco como congelado. Este híbrido tiene características de calidad y alto rendimiento. Sus tallos son gruesos, con inserción baja de la pella y cortos. Las pellas tienen forma de domo bien definido de color verde azulado cuyos granos va desde finos a medios, poseen buena compactación. Es susceptible a pudrición de cabeza y se caracteriza por no presentar brotes laterales.

- **Variedad Legacy**

Legacy ha tenido un buen desarrollo en las regiones productoras de brócoli del Ecuador, y la razón principal es que se adapta con excelentes resultados a zonas altas. Se caracteriza por tener una pella bien formada que permite cortes de tallos relativamente cortos, con flores (cabezas) de consistencia firme, de grano pequeño lo que la hace más compacta, forma adecuada y un color verde grisáceo (Cadena, 2011)

2.2.1.8.Manejo del cultivo

- **Deshierbe y Aporque**

El control de malezas se realiza manualmente, en el semillero una o dos veces y en el cultivo dos; la primera a los 28 días después del transplante, junto con el rascadillo se eliminan las malezas y se afloja el suelo, y la segunda a los 45 días. (PROEXANT, 1992)

- **Fertilización**

El brócoli responde correctamente a la fertilización nitrogenada tanto en rendimiento como en calidad, recomendándose aplicar una mitad junto con todo el fósforo en la preparación de suelo y la otra mitad al iniciarse el desarrollo de la inflorescencia. (CENDES, 1992)

El brócoli responde a la aplicación de nitrógeno en dosis de 120 a 240 kg/ha, fósforo de 50 a 210 kg/ha y potasio de 50 a 100 kg/ha. Recalcando así que durante el primer mes de trasplante se asimila entre el 5 y 10% del total de nutrientes y la asimilación máxima tiene lugar durante la formación de la cabeza. (Serrano, 2005)

- **Riego**

Según Toledo (1995), el brócoli durante su ciclo requiere de entre 400 a 500 m³/ha, regando diariamente de 4 a 5 mm de agua.

El riego es fundamental en la etapa de trasplante para asegurar el establecimiento de las plantas, así como en el momento de máxima cobertura foliar y en el desarrollo de la inflorescencia. (CENDES, 1992)

2.2.1.9. Plagas y Enfermedades

- **Plagas**

- a. **"Gusano Trozador" (*Agrotis ipsilon*)**

Parker (2000), indica que el "gusano trozador" ataca a las plántulas recién transplantadas causando daños considerables, atacando las raíces, tallos y tejidos jóvenes, causando la muerte de las mismas.

b. "Falso Medidor" (*Trichoplusia ni*.)

Es un gusano que habita en el brócoli y plantas hospederas. El principal daño que causa es la defoliación de la planta. (Haro y Maldonado, 2009)

c. "Polilla de las crucíferas" (*Plutella xylostela*)

Son larvas de lepidópteros de 1 a 1.5 centímetros de largo y de 2- 3 milímetros de diámetro, se localizan en el envés de las hojas donde forma agujeros redondos. El daño más grave es cuando ingresan en la pella donde sus mordeduras y excrementos deterioran la calidad de la pella. (Haro y Maldonado, 2009)

d. "Minadores" (*Lyriomiza sp.*)

Son diminutas moscas, y larvas que minan las hojas en la parte media, reduciendo de forma considerable el área fotosintética.

e. "Pulgón" (*Brevicoryne brassicae*)

Es un insecto pequeño de color gris azulado que ataca en el interior de las pellas donde forman colonias si no son controladas a tiempo. (Haro y Maldonado, 2009)

Montes (1993), señala que los pulgones son transmisores de virus además de extraer la sabia de la planta.

- **Enfermedades**

- a. **"Mancha foliar"** (*Alternaria brassicae* Berk)

Alternaria brassicae se caracteriza por dejar lesiones marrones de gran tamaño en la que aparece una masa negruzca o marrón de esporas. A medida que las lesiones se expanden atacan completamente a la planta.

- b. **"Hernia del Brócoli"** (*Plasmodiophora brassicae*)

Haro y Maldonado (2009), manifiestan que esta enfermedad es considerada como la más peligrosa en el cultivo de brócoli ya que inicialmente las hojas se tornan de un verde pálido hasta amarillento y una vez que ha disminuido la intensidad del sol, aparentemente vuelve a la normalidad, malformado a la vez las raíces a manera de hernia.

- c. **"Mancha anular"** (*Micosphaerella brassicicola*)

Reche (1991), afirma que las lesiones que produce esta enfermedad se observa como pequeñas y oscuras manchas a ambos lados de las hojas y que pueden expandirse en tamaño convirtiéndose en lesiones necrosadas y grisáceas.

- d. **"Mildiu"** (*Peronospora parasítica*)

Esta enfermedad se presenta en el envés de las hojas presentándose un moho grisáceo, en estados avanzados se observa un ennegrecimiento interno en el tejido vascular. (Haro y Maldonado, 2009)

- e. **"Damping-off"** (*Pythium sp.*)

Esta enfermedad es usualmente causada por *Rhizoctonia solani* o una de las varias especies de hongos del suelo del género *Pythium*. La etapa más destructiva es caracterizada por un adelgazamiento del tallo. (Haro y Maldonado, 2009)

2.2.1.10. Problemas fisiológicos

En el cultivo de brócoli se presentan tres problemas fisiológicos causantes de un crecimiento desuniforme:

a. Tallo hueco

Desorden relacionado al exceso de nitrógeno, causando el crecimiento acelerado de la planta.

b. Gránulos pardos en la superficie de la pella

Este desorden está asociado con altas temperaturas, fertilización no equilibrada y crecimiento rápido de la planta.

c. Ojo de gato

La pella presenta manchas blancas y estas zonas son deformes y tienen corimbos muy unidos, esta fisiopatía se presenta cuando hay heladas, algunos híbridos son más susceptibles. (Krarup, 1992)

2.2.1.11. Cosecha

Valadez (1994), señala que los indicadores físicos para la cosecha de brócoli son:

- **Tiempo**

Cuando el cultivo haya cumplido el ciclo de 70 a 75 días, se efectúa el primer corte y de ahí cada 2 ó 3 días dependiendo del estado del tiempo, humedad y superficie sembrada.

- **Diámetro y firmeza**

Cuando la cabeza principal puede alcanzar un diámetro de 0,25 a 0,35 m siendo lo más firme y compacta posible.

2.2.1.12. Poscosecha

Luna (2009), da a conocer que las operaciones básicas para el acondicionamiento y empaque del brócoli consisten en:

- Recepción de la materia prima
- Distribución de pellas
- Preparación de floretes
- Colocación del producto prefabricado para el proceso
- Empaque
- Almacenamiento
- Transporte

2.2.1.13. Composición Nutricional del brócoli

El brócoli es considerado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso. (Cerdas, 2002)

Knott (1980), indica el contenido calórico y nutritivo del brócoli, en base a 100 g. de porción comestible:

CUADRO 1. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL BRÓCOLI

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Principios Inmediatos		
Agua	%	89.0
Energía	cal	32.0
Proteína	g	3.6
Grasa	g	0.3
Carbohidratos		5.9

Sales Minerales		
Calcio	mg	103.0
Fósforo	mg	78.0
Hierro	mg	1.1
Sodio	mg	15.0
Potasio	mg	382.0
Vitaminas		
Tiamina	mg	0.10
Riboflavina	mg	0.23
Niacina	mg	0.9
Ácido Asc.	mg	113.0
Vitamina A1	IU	2500

2.2.2. Mulch

2.2.2.1. Definición

El término mulch corresponde a cualquier capa de restos vegetales que se forman naturalmente o son aplicados materiales sintéticos en la superficie del suelo (Robinson, 1988).

El "mulching" se traduce habitualmente como acolchado. Es una técnica que consiste en colocar materiales naturales como paja, madera triturada, aserrín, cáscara de arroz, o a la vez colocar materiales como plástico o papel, cubriendo el suelo. (Bielinski, 2000)

2.2.2.2. Ventajas de aplicar el mulch apropiado

Los acolchados tienen como finalidad varios objetivos, entre los que destacan:

- Ayuda a mantener el suelo húmedo.
- La evaporación se reduce y la necesidad de regar puede minimizarse.
- Ayuda a controlar las malezas.
- Al aplicar una capa de 2 a 4 pulgadas (5-10 cm) de grosor se evita la germinación y el crecimiento de las malas hierbas.
- Actúa como modulador natural de temperatura.
- Mejora la producción y rendimiento del cultivo.
- Mejora la aeración, la estructura del suelo y el drenaje.
- Algunos tipos de mulch pueden mejorar la fertilidad del suelo.
- Puede inhibir algunas enfermedades en las plantas.
- Da una apariencia agradable al entorno.

2.2.2.3. Tipos de mulch

Ulcuango (2003), da conocer los tipos de mulch: orgánicos e inorgánicos.

- **Mulch inorgánico**

En este tipo se incluyen varios tipos de piedras, piedra volcánica, goma pulverizada y materiales geo textiles, entre otros. El mulch inorgánico no se descompone rápidamente, por lo que no es necesario que sea reabastecido con frecuencia.

Entre los mulch inorgánicos podemos citar:

- a. Al Or (coloración café)**

Aumenta la temperatura del suelo, más significativamente en la noche.

- b. Blanco/negro**

Incrementa la luz sobre la planta lo que acelera su crecimiento.

c. Ozgard

Disminuye de forma significativa la permeabilidad del plástico a los gases.

d. Mulch de coloración plata/plata y plata/negro

Disminuye el ciclo productivo y se lo emplea para molestar insectos como trips y mosca blanca.

e. Mulch de coloración amarilla

Es el pilar fundamental para atrapar insectos en zonas calientes.

• Mulch orgánico

Este tipo de mulch incluye astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, restos vegetales, hojas, mulch mixto y una gran variedad de productos de origen natural. (Ulcuango, 2003)

a. Efectos físicos

Mantiene más húmedo el suelo y con ello aumenta el crecimiento de las raíces. Reduce significativamente la evapotranspiración, reduciendo la frecuencia de riego.

b. Efectos químicos

Actúa liberando pequeñas cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas.

c. Efectos biológicos

El mulch orgánico sirve como alimento para muchos microorganismos, manteniendo una temperatura constante para garantizar la actividad microbiana.

Serrano (2009), dice que su uso tiene una serie de ventajas:

- Limitan la invasión de malezas al mantener el suelo cubierto.
- Aumentan la fertilidad del suelo al aportar materia orgánica y activar la vida de los microorganismos del suelo.
- Evitan el lavado de los elementos nutritivos que son fijados por las plantas.
- Mejoran la estructura del suelo.
- Protegen el suelo de la erosión hídrica, eólica.
- Si son leguminosas enriquecen el suelo en nitrógeno proveyendo mayor crecimiento.
- Estimulan la microfauna mineralizadora que descompondrá la materia orgánica del suelo.
- Favorecen la nutrición de las plantas del cultivo siguiente.
- Mejoran la escorrentía del agua y el paso de aire en el suelo.

Los objetivos que se pretenden con la aplicación de mulch con respecto al suelo son varios:

- Aumentan la cantidad de nutrientes del suelo.
- Mejorar sus propiedades físicas y químicas.
- Aumentan la actividad microbiana.

- **Vicia**

- **Clasificación Taxonómica**

Mondragón (2005), da a conocer la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales

Familia : Fabaceae
Género : Vicia
Especie : sativa

- **Descripción:**

Originaria del centro y sur de Europa y del área mediterránea. Es una planta herbácea, erecta, de vida corta, su tamaño va de 0.3 a 1 m de alto, el tallo es grueso, presenta hojas alternas y a veces denticuladas, su inflorescencia va de 1 a 4 flores grandes y vistosas, flores de más de 2 cm de largo. Semillas arias, globosas y negruzcas. Ciclo del cultivo: 5-6 meses.

- **Importancia:**

Se emplea como abono verde reduciendo así el consumo de fertilizantes químicos sin necesidad de afectar al cultivo y a la vez reduce la lixiviación de contaminantes a cuerpos de agua, esta leguminosa es capaz de fijar nitrógeno mediante una simbiosis en sus raíces con bacterias del género Rhizobia. (Tenopala, et. al 2012)

- **Avena**

- **Clasificación Taxonómica:**

Unavarra (2006), da a conocer la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Liliopsida
Orden : Poales
Familia : Poaceae
Género : Avena
Especie : Sativa

- **Descripción:**

Su origen se data en Asia y Europa Central. Es una planta de raíces reticulares y abundantes, el tallo es grueso y erecto y puede variar de 50 cm a 1 m de altura, las hojas son lanceoladas, planas y alargadas, las flores aparecen en espigas, el fruto es en cariósipide con las glumillas adheridas. Ciclo del cultivo: 5-6 meses.

- **Importancia:**

La avena en anteriores estudios se la destaca por tolerar altas concentraciones de Cu, Cd, Zn muy útil para soportar la contaminación del agua. Debido a que el sistema reticular de la avena es más profundo, tiene la capacidad de aprovechar mejor los nutrientes del suelo, evitando así el uso de grandes cantidades de fertilizantes para su desarrollo. (Stephen y León, 1998)

- **Maíz**

- **Clasificación Taxonómica:**

Ortas (2008), manifiesta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: Zea
Especie	: Zea mays

- **Descripción:**

Su origen se sitúa en México. Las raíces son fasciculadas y adventicias, el tallo tiene aspecto de caña con entrenudos que pueden alcanzar los 4 metros de altura, las hojas son alternas, paralelinervias y provistas de vaina, tiene flores masculinas (panícula) y femeninas (mazorca), el fruto y la semilla forman un solo cuerpo y contienen un solo cotiledón. Ciclo del cultivo: 7-8 meses.

- **Importancia:**

El maíz es uno de los alimentos básicos más importantes que conoce el ser humano ya que mediante este cultivo se puede obtener numerosos productos derivados como harinas, aceites, etc. A la vez tiene gran aporte nutricional en los animales y en los cultivos mejora la estructura del suelo debido a que sus raíces penetran profundamente hasta mullir parcialmente en suelo para el siguiente cultivo.

- **Caña de azúcar**

- **Clasificación Taxonómica:**

FAOSTAT (2002), da a conocer la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
División	: Magnoliophyta
Clase	: Angiospermae
Orden	: Commelinales
Familia	: Poaceae
Género	: Saccharum
Especie	: officinarum L.

- **Descripción:**

Su origen comprende parte de la India, China, Nueva Guinea y zonas aledañas. La raíz es de tipo fibroso se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el tallo está dividido en nudos y entrenudos, las hojas son en forma de vaina, la inflorescencia es una panícula y la manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento. Ciclo del cultivo: 8-12 meses.

- **Importancia:**

La caña de azúcar es tradicionalmente empleada como fuente de sacarosa, en una muy buen fuente de vitaminas y minerales, fibras dietéticas y antioxidantes. El bagazo obtenido luego de extraer el jugo se compone principalmente de lignina (20-30%), celulosa (40-45%) y hemicelulosas (30-35%). Ofrece grandes ventajas en comparación con otros residuos utilizados en la agricultura, como la paja de arroz y la paja de trigo. (Jiménez et. al, 2014)

2.3. Hipótesis

La utilización del mulch natural, maíz (*Zea mays L.*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), vicia (*Vicia sativa L.*), y avena (*Avena sativa L.*) mejorará la producción del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea L.*) y reducirá la incidencia de malezas.

2.4. Señalamiento de las variables de la hipótesis

2.4.1. Variable Independiente

Mulch Natural

2.4.2. Variable Dependiente

Cultivo de brócoli -Variedad Avenger

2.5. Operacionalización de variables

Tipo de Variable	Nombre	Concepto	Indicador	Índice
Independiente	Mulch Natural	Cubierta de origen orgánico.	Maíz	Aplicación directa al cultivo de brócoli antes de la siembra.
			Caña de azúcar	
			Vicia	
			Avena	
Dependiente	Producción del cultivo de brócoli	Crecimiento de la raíz	Longitud radicular	cm
			Volumen radicular	cm ³
		Crecimiento del tallo	Longitud del tallo	cm
			Diámetro del tallo	cm
		Crecimiento de la pella	Días a la aparición de la pella	Días
			Peso de la pella	kg
			Diámetro de la pella	cm
		Crecimiento de hojas	Número de hojas	#
		Identificación de malezas	Observación directa	Observación directa
		pH	pHchímetro	pH del suelo

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque, Modalidad y tipo de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La siguiente investigación presentó un enfoque cuantitativo, ya que se utilizó un modelo estadístico para evaluar el tratamiento más adecuado, en relación a los datos obtenidos en el campo, también se probó una hipótesis.

3.1.2. Modalidad de la investigación

Esta investigación fue de tipo experimental, ya que se realizó pruebas mediante el manejo de variables, controlando y validando la información obtenida.

3.1.3. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo inductivo-deductivo, ya que se aplicó parámetros técnicos para determinar el efecto del mulch (cubierta vegetal) de maíz, caña de azúcar, vicia y avena como variable independiente, frente a la producción del cultivo de brócoli, parámetros biométricos de desarrollo, producción en cosecha y la incidencia de malezas como variables dependientes.

3.2. Ubicación del ensayo

El presente estudio de investigación se realizó en la Granja Experimental Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato ubicada en el sector El Tambo, parroquia la Matriz perteneciente del Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. La localidad se halla a 2850 msnm sus coordenadas geográficas son: 01° 24'

00'' de latitud Sur y a 78° 35' 00'' de longitud Oeste, ubicado a 19.31 km, al Sureste de Ambato.

3.3.Caracterización del lugar

3.3.1. Clima

Los datos climáticos de esta localidad fueron recopilados en la estación meteorológica Querochaca ubicada en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, cantón Cevallos, correspondiente a los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril del año 2015, los mismos que se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO

Meses	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Precipitación (mm)	Nubosidad (octas)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	13,6	69,6	27,93	6	3,2
Febrero	14,8	63,8	27,16	6	3,2
Marzo	14,2	70,8	53,61	6	3,1
Abril	14,5	79,3	67,54	6	3,4

3.3.2. Suelo

El lugar del ensayo presenta un suelo de textura franco arenoso, con 4.5 % de materia orgánica y con un pH ligeramente ácido de 6.49

3.3.3. Agua

La Granja Experimental Querochaca cuenta con agua proveniente del canal de riego Ambato - Huachi - Pelileo el mismo que posee un caudal de 35 l/s.

3.3.4. Ecología

De acuerdo con la clasificación de las zonas de la vida realizada por Holdridge (1982), el sector de la Granja Experimental Docente Querochaca, se encuentra en la zona estepa-espinoso Montano Bajo (ee-MB) en transición con bosque-seco Montano Bajo (bs-MB).

3.3.5. Cultivos

Los cultivos predominantes en la Granja Experimental Docente Querochaca son: papas (*Solanum tuberosum*), habas (*Vicia faba*), chochos (*Lupinus mutabilis*), col (*Brassica oleracea L. var. viridis*), a más de ello también se encuentran cultivos de gramíneas como maíz (*Zea mays*). Pastos como alfalfa (*Medicago sativa*), También huertos frutales de manzano (*Pyrus prunmalus*), pera (*Pyrus communis*), claudia (*Prunus domestica*) y durazno (*Prunua pérsica*).

3.4. Factores de estudio

3.4.1. Mulch natural

Maíz	M1
Vicia	M2
Avena	M3
Caña de azúcar	M4
Sin Mulch	Mo

3.5. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar utilizando 4 tipos de coberturas vegetales (mulch natural) y un testigo sin mulch en el cultivo de brócoli, esto por 3 repeticiones.

Fuente de variación	GL
Bloques	2
Tratamientos	4
Error Experimental	8
Total	14

3.6.Tratamientos

A continuación se presenta el diseño de tratamientos propuestos en esta investigación:

CUADRO 3. TRATAMIENTOS

N°	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
1	M1	Maíz
2	M2	Vicia
3	M3	Avena
4	M4	Caña de azúcar
5	Mo	Sin mulch

3.6.1. Características de la unidad experimental

Número de tratamientos	: 5
Número total de unidades experimentales	: 15
Largo de parcela	: 4 m
Ancho de parcela	: 2.8 m
Distancia entre parcelas	: 50 cm
Superficie por parcela	: 11.20 m ²
Área neta por parcela	: 4.48 m ²
Área total de parcelas	: 168 m ²
Área total del ensayo	: 234 m ²
Distancia entre plantas	: 40 cm
Distancia entre hileras	: 70 cm

Número de plantas en el ensayo : 600 plantas
 Número de plantas por parcela : 40 plantas
 Número de plantas por parcela neta : 10 plantas

3.7. Diseño de campo

I	II	III
Mo	M4	M1
M1	M2	M3
M3	M3	Mo
M4	Mo	M2
M2	M1	M4

Figura 1 . Esquema del ensayo en el campo

3.8. Datos tomados

3.8.1. Longitud de raíz

Se procedió a medir con un flexómetro la longitud de la raíz al momento de la cosecha, en dos plantas seleccionadas al azar en la parcela neta. Se expresó en cm.

3.8.2. Volumen radicular

Se obtuvo en base al principio de Arquímedes (Burns, 2003) en donde las raíces lavadas se

sumergieron en un recipiente con agua, y el agua que se desaloja debido a esa fuerza representó el volumen expresado en centímetros cúbicos, al momento de la cosecha.

3.8.3. Longitud del tallo

Se registró en centímetros con un flexómetro, desde el suelo al ápice en las 10 plantas seleccionadas dentro la parcela neta. Las mediciones se tomaron a los 30, 60 y 87 días después de la siembra.

3.8.4. Diámetro del tallo

Con un calibrador se midió el diámetro del tallo en cm. La medición se realizó a los 30, 60 y 87 días después del trasplante y se tomó como zona de medición la mitad del tallo.

3.8.5. Número de Hojas

Se contó el número de hojas de las 10 planta marcadas de la parcela neta. Los conteos se realizaron a los 30, 60 y 87 días después del trasplante.

3.8.6. Días a la aparición de la pella

Se tomó en cuenta los días en los que apareció la pella en el ensayo a partir del transplante en cada tratamiento.

3.8.7. Peso de la pella

Se tomó el peso de la pella a los 87 días en los tratamientos de vicia y avena, a los 93 días en los tratamientos de caña de azúcar, maíz y control (testigo). Los datos se tomaron en las 10 plantas seleccionadas. Se expresó en kg.

3.8.8. Diámetro de la pella

Con un calibrador se midió el diámetro de la pella en 10 plantas marcadas de la parcela neta. La medición se realizó a los 87 días en los tratamientos de vicia y avena y 93 días en los tratamientos de caña de azúcar, maíz y control, esto después del trasplante. Se expresó en cm.

3.8.9. Presencia de malezas

Se realizó un deshierbe a los 45 días y se pesó la materia fresca de malezas de cada una de las parcelas experimentales. A la vez se identificaron los tipos de malezas presentes en el cultivo mediante el empleo del libro Malezas de la Sierra. (Cárdenas, 2009)

3.8.10. pH del suelo

Se tomó muestras del suelo (20 g por tratamiento) y se procedió a tomar el pH de cada parcela con el pHómetro.

3.9. Manejo de la investigación

3.9.1. Análisis de suelo

Para determinar el análisis se tomaron 10 submuestras de suelo con un barreno a 25 cm de profundidad en todo el lote destinado para la investigación, siguiendo el procedimiento en forma de zig-zag, se mezcló bien y se sacó una muestra de un kilogramo, se identificó y se llevó al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, donde se realizaron los análisis químicos y físicos. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

3.9.2. Preparación del suelo

Las labores de preparación de suelo, se realizaron con dos pasadas de rastra de discos dentro 15 días antes de la siembra, dejando el suelo mullido. Posteriormente se niveló el suelo manualmente con la ayuda de un azadón y un rastrillo.

CUADRO 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

ANÁLISIS	Unidad	Valor	Nivel
suelo: agua 1:2,5		6,49	Ligeramente Ácido
C.E. extracto suelo: agua 1:2,5	mmhos/cm	0,28	No Salino
Textura	Clase	Franco Arenoso	
Arena	%		
Limo	%		
Arcilla	%		
M.O.	%	4,50	Alto
N – TOTAL	ppm	64,2	Alto
P	ppm	38,0	Alto
K	meq/ 100 g	0,8	Alto
Ca	meq/ 100 g	6,8	Alto
Mg	meq/ 100 g	2,4	Alto
Cu	ppm	3	Medio
Mn	ppm	5,1	Medio
Zn	ppm	2,0	Bajo
Ca/Mg	meq/ 100 g	3,0	Óptimo
Mg/K	meq/ 100 g	2,9	Óptimo
Ca + Mg/K	meq/ 100 g	11,0	Óptimo

3.9.3. Trazado de parcelas

Se procedió al trazado de las parcelas para los tratamientos y repeticiones experimentales, utilizando estacas y piola. Se identificaron con letreros diseñados para el efecto.

3.9.4. Colocación del mulch

La aplicación del mulch se realizó en dos días, el primer día fue el 03 de Enero del 2015 donde se colocó el acolchado de maíz y avena, el segundo día fue el 05 de Enero donde se colocó la caña de azúcar y la vicia, antes del transplante. Cada tipo de mulch se obtuvo por cargas adquiridas en el mercado de hierbas en Ambato. Cada mulch se añadió al suelo tomando en cuenta el grosor y el peso, expresado en kg. Cuadro 5.

CUADRO 5. APLICACIÓN DEL MULCH

Tipo de mulch	Espesor (cm)	Peso parcela (kg)			Peso/total tratamientos (kg)
		I	II	III	
Maíz	3	5	5	5	15
Caña de azúcar	2.5	5,5	5,5	5,5	16,5
Vicia	5	5	5	5	15
Avena	5	5	5	5	15

Cabe mencionar que el maíz (bagazo) se lo desmenuzó mediante la picadora debido al gran tamaño del tallo y su alto contenido en humedad. Los mulch de avena, vicia y caña de azúcar (bagazo) se extendieron directamente en el suelo sin necesidad de picarla, hasta que el suelo quede completamente cubierto. Se añadió en el caso del mulch de avena dos aplicaciones para cubrir toda la superficie del suelo, esto al inicio de la investigación.

3.9.5. Instalación del sistema del riego

El sistema de riego elegido para la implantación de esta investigación fue el método de goteo debido a que su eficiencia es del 90 %, siendo el más útil para la implementación del cultivo de brócoli, en comparación con el método gravitacional con eficiencia del 35 %.

3.9.6. Riego

El riego del lote se inició un día antes del trasplante. Una vez concluido esta operación se dió nuevamente otro pase de riego por el tiempo de 1 hora. A partir de entonces, durante las primeras 8 semanas del cultivo, se programaron dos riegos cada 15 días, con un tiempo de duración de 1 hora por parada. A partir de la novena semana, que coincidió con la fase de máximo desarrollo vegetativo del cultivo, las necesidades de agua se incrementaron a una y hasta una hora y media por parada y una vez por semana. Cada planta recibió 4 litros por hora debido que cada gotero tiene un caudal de 2 litros por hora en cada riego, y dos goteros mojaban una planta. En todo el ciclo del cultivo se dieron 8 riegos.

3.9.7. Transplante

El transplante de las plántulas de brócoli, variedad Avenger se llevó a cabo el día 07 de Enero del 2015, después de 30 días desde su siembra en los almácigos, se procedió a realizar los huecos con la hoyadora donde el distanciamiento de siembra fue de 0.40 m entre plantas y 0.70 m entre hileras. El trasplante se realizó en horas de la mañana, encontrándose así 40 plantas por parcela y 600 plantas por toda la investigación.

3.9.8. Fertilización

El día 20 de Enero del 2015 se realizó la fertilización en base al análisis de suelo, la misma que se detalla a continuación en el cuadro 6.

CUADRO 6. FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI

Producto	Requerimiento (ppm)	Dosis/ensayo	Dosis/ha
0-52-34	N = 130	1,92 g	82,05 g
N ₀ ₃ K	P = 50	4,52 g	193,16 g
N ₀ ₃ NH ₄	K = 120	4 g	170,94 g
(NO ₃) ₂ Ca	Ca = 40	3,28 g	140,17 g

La dosificación presentada en el cuadro 6 se empleó para 20 litros, se aplicó manualmente con la bomba de mochila y fue necesaria una sola aplicación a los 15 días después del transplante completando así el requerimiento del cultivo.

3.9.9. Control de malezas

Las labores de deshierbe se efectuaron de forma manual a los 45 días después del trasplante, en todos los tratamientos y a los 70 días solamente en el testigo debido a la abundancia de malezas, para evitar de tal forma la competencia de nutrientes en el cultivo.

3.9.10. Control fitosanitario

Se realizó el control fitosanitario a los 7 días después del trasplante con el insecticida Karate que es un piretroide de amplio espectro de acción, indicado para el control de insectos, especialmente para el control del gusano trozador (*Agrotis sp*) y para el control de plutella (*Plutella xylostella*) que se observó en los primeros días de la aparición de la pella. En cuanto a enfermedades no existió un ataque significativo.

3.9.11. Cosecha

Se realizaron dos cosechas a los 87 y 93 días después del trasplante. Primero se cosecharon las parcelas con mulch de vicia y avena a los 87 días y posteriormente se cosecharon las parcelas con mulch de maíz, caña de azúcar y el testigo a los 93 días debido a que estos tres tratamientos no presentaban las características específicas para el ciclo del cultivo tales como: tamaño de pella adecuado, compactación, firme a la presión de la mano, flores cerradas y sin visos de inicio de floración, color verde azulado brillante.

Para la cosecha se realizó un corte limpio de 10 plantas por parcela experimental, con un cuchillo bien afilado a 5 cm abajo de la cabeza de la pella. Se deshojaron las brácteas basales y se colocaron ordenadas en gavetas bien identificadas.

3.9.12. pH del suelo

Se tomó muestras del suelo (20 g por tratamiento) y con el pHchímetro se determinó el pH de cada parcela cubierta con los diferentes tipos de mulch, esto después de la cosecha.

3.9.13. Análisis estadístico de las variables

Con los datos obtenidos en el campo se procedió a realizar los Análisis Estadísticos; elaborando Análisis de Variancia (ADEVA); se calculó la desviación estándar y se realizó la Prueba de significación de Tukey al 5 %, utilizando el programa estadístico INFOSTAT, versión 2015, cuyos datos se presentan en los Anexos 1 al 14.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIONES BIOMÉTRICAS

4.1.1. LONGITUD RADICULAR

CUADRO 7. PROMEDIO DE LA VARIABLE LONGITUD RADICULAR

Tratamiento	Símbolo	Medias (cm)	Rango de Significación	Desviación Estándar
Testigo	M0	15,32	C	0,57
Maíz	M1	16,05	C	0,40
Vicia	M2	22,88	A	0,56
Avena	M3	17,33	B	0,62
Caña de azúcar	M4	13,08	D	0,33

Prueba de significancia de Tukey al 5%. Los valores con la misma letra no difieren significativamente a $p = 0,05$

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la longitud radicular. (Cuadro 7). El tratamiento con mulch de vicia (M2) alcanzó la mayor longitud de raíz, seguido del mulch de avena (M3), maíz (M1) y testigo (M0). El menor crecimiento de raíz ocurrió en el tratamiento de caña de azúcar (M4). Al respecto Zribi, et al. (2011), sostienen que el suelo acolchado permanece más aireado y con una porosidad mayor que la del suelo desnudo, lo que puede favorecer un buen desarrollo del sistema radicular.

4.1.2. VOLUMEN RADICULAR

CUADRO 8. PROMEDIO DE LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR

Tratamiento	Símbolo	Medias (cc)	Rango de Significación	Desviación Estándar
Testigo	M0	141,33	C	6,80
Maíz	M1	150,17	C	5,38
Vicia	M2	227,00	A	4,00
Avena	M3	170,33	B	6,53
Caña de azúcar	M4	126,67	D	4,13

Prueba de significancia de Tukey al 5%. Los valores con la misma letra no difieren significativamente a $p = 0,05$

En la variable volumen radicular se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor volumen radicular corresponde al mulch de vicia (M2), siguiendo el tratamiento con mulch de avena (M3) y, encontrándose el menor volumen radicular en el tratamiento con mulch de caña de azúcar (M0). (Cuadro 8). En este sentido Alzugaray et al. (2004), mencionan que el volumen radicular es un atractivo criterio para estimar la calidad de las plantas y que está positivamente correlacionado con la longitud y diámetro del tallo. Esto implica que en la medida en que el volumen radicular aumenta se estima que también aumenten los parámetros morfológicos evaluados. Por lo que los mejores tratamientos con mulch de vicia (M2) y avena (M3) produjeron tallos con mayor longitud y calibre en las plantas de brócoli. (Cuadro 8).

4.1.3. DÍAS A LA APARICIÓN DE LA PELLA

CUADRO 9. PROMEDIO DE LA VARIABLE DÍAS A LA APARICIÓN DE LA PELLA

Tratamiento	Símbolo	Medias (días)	Rango de Significación	Desviación estándar
Testigo	M0	78	B	0,71
Maíz	M1	73	B	0,89
Vicia	M2	63	A	0,82
Avena	M3	66	A	0,87
Caña de azúcar	M4	83	B	0,89

Prueba de significancia de Tukey al 5%. Los valores con la misma letra no difieren significativamente a $p = 0,05$

En la variable días a la aparición de pella, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a los 63 y 83 días. Al aplicar el mulch de vicia (M2) y avena (M3) la aparición de la pella se observó entre 63 y 66 días, mientras que en los demás tratamientos variaron entre los 74 y 83 días. (Cuadro 9). En relación con esta variable Thériaul (2009), en su ensayo sobre los abonos verdes para la fertilización orgánica del brócoli, determinó que la razón de la variación en la aparición y madurez de la pella entre los tratamientos, podría ser que la mineralización de nitrógeno es mayor, y que los aumentos de N disponible aceleran el desarrollo de brócoli, por lo que la vicia al ser leguminosa aporta nitrógeno, acelera la maduración y disminuye el ciclo del cultivo, como se observó con los tratamientos M2 y M3.

4.1.4. EVOLUCIÓN LONGITUD DEL TALLO

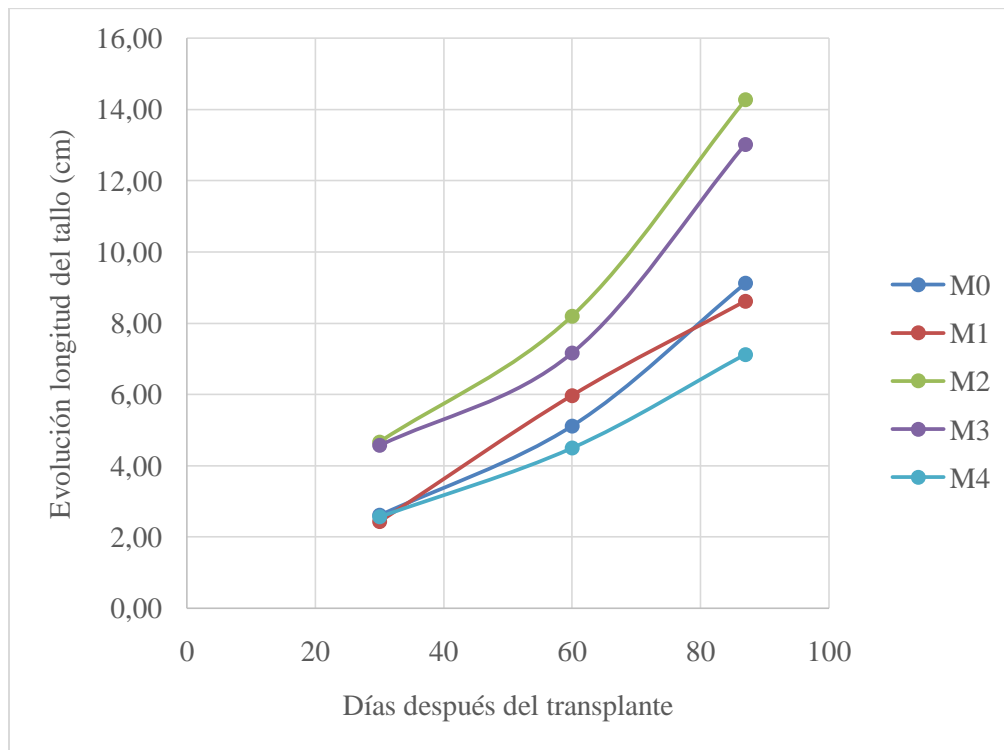


Figura 2. Evolución de la longitud del tallo a los 30, 60 y 87 días

En la variable evolución de la longitud del tallo se observan diferencias entre los tratamientos. A los 30 días se observan diferencias entre los tratamientos M0 (testigo), M1 (maíz) y M4 (caña de azúcar) con promedios desde 2,43 hasta 2,61 cm frente a los tratamientos M2 Y M3 que son predominantes y su promedio va de 4,57 a 4,67 cm. A los 60 días se observa que el tratamiento con mayor longitud del tallo es el M2 (mulch con vicia) con 8,20 cm y en el rango inferior se ubica el tratamiento M4 (mulch con caña de azúcar) con 4,50 cm. A los 87 días igualmente la mayor longitud corresponde a M2 con 14,27 cm y con menor longitud el M4 con 7,12 cm. Al respecto Alzugaray, et al. (2004), mencionan que parámetros como volumen radicular incrementa la longitud y calibre del tallo, determinándose así en los tratamientos con mulch de vicia (M2) y avena (M3) mayor longitud del tallo debido a mayor crecimiento radicular en las pellas de brócoli. (Figura 2).

4.1.5. EVOLUCIÓN NÚMERO DE HOJAS

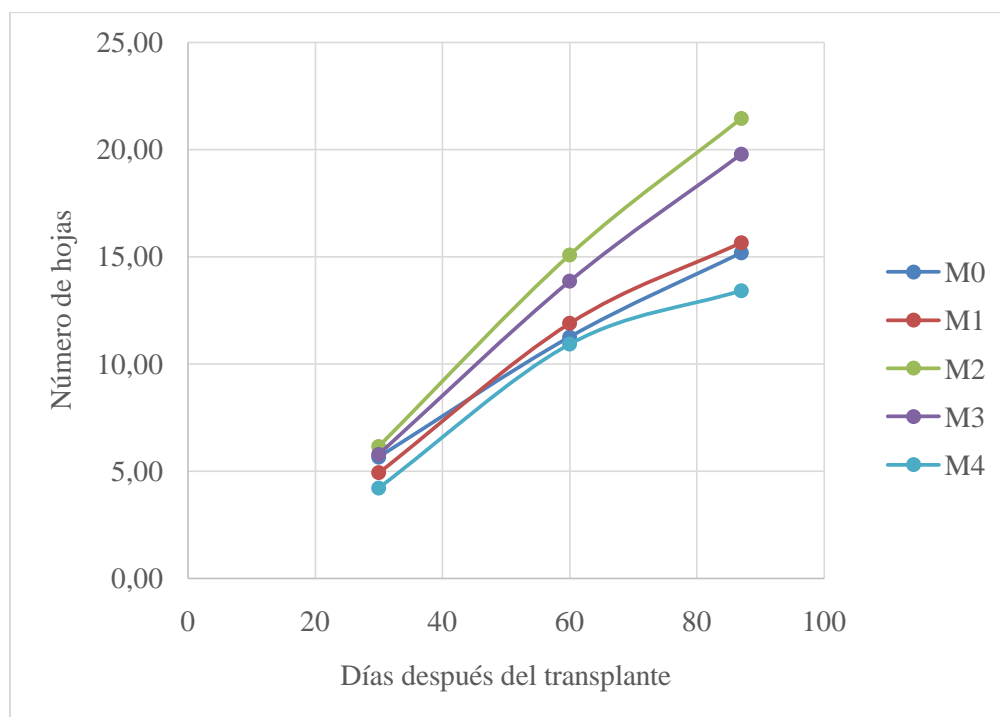


Figura 3. Evolución número de hojas a los 30, 60 y 87 días

Los tratamientos con mayor número de hojas fueron con mulch de vicia (M2) y avena (M3) a los 30 días con 6 hojas y con menor número el tratamiento con caña de azúcar (M4) con 4 hojas. (Figura 3). A los 60 días el mayor número de hojas se observó en el tratamiento M2 con 15 hojas, seguido de M3 con 14 hojas con menor número de hojas el tratamiento M4 con 10 hojas. A los 87 días se pudo determinar que el tratamiento sin mulch (M0) y maíz (M1) se obtuvieron hojas que variaron entre 15 y 16, mientras que los mejores tratamientos se obtuvieron entre 22 y 23 hojas con mulch de vicia y avena. El menor número se obtuvo con caña de azúcar (M4) con 13 hojas.

En comparación con otras investigaciones donde se han empleado diferentes mulchs como paja de arroz y polietileno negro en el cultivo de brócoli, Mollah, et al. (2009), mencionan que el número de hojas tiende a ser más alto cuando se aplican coberturas al suelo. En nuestro ensayo aplicando vicia (M2) el número ascendió a 21 hojas por planta de brócoli.

4.1.6. EVOLUCIÓN CALIBRE DEL TALLO

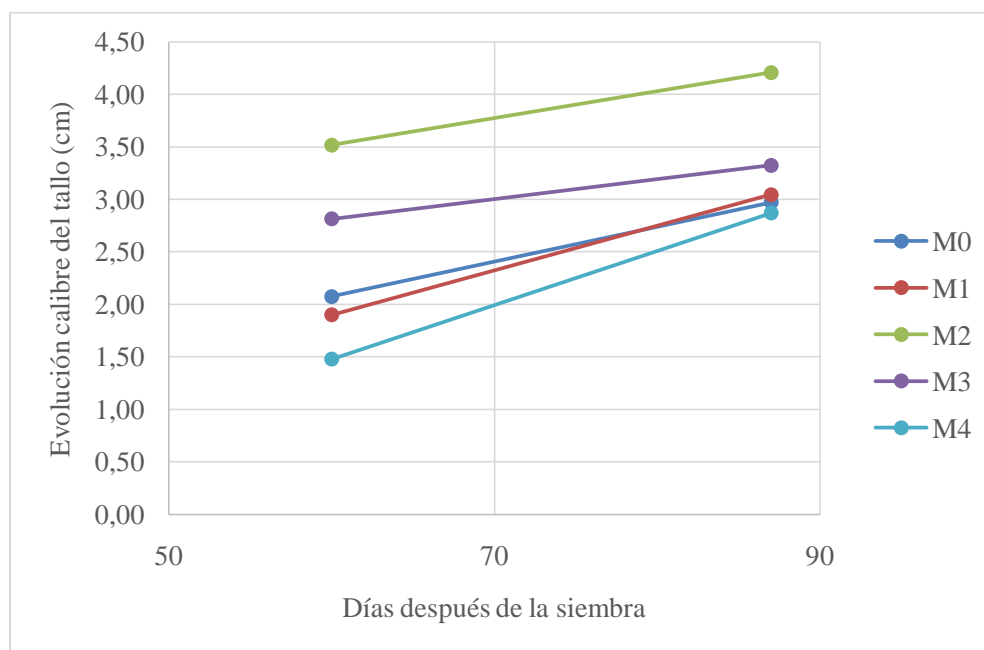


Figura 4. Evolución calibre del tallo a los 60 y 87 días

Mediante la variable evolución del calibre del tallo, a los 60 días el mayor calibre se obtuvo con el tratamiento con mulch de vicia (M2) con 3,52 cm, seguido del tratamiento con mulch de avena (M3) con 2,81 cm, mulch de maíz (M1) con 2,07 cm, mulch de maíz con 1,90 cm y el tratamiento con menor calibre del tallo fue con caña de azúcar (M4) con 1,48 cm. Los tratamientos M0 y M1 con medias que van desde 1,90 hasta 2,07 cm. A los 87 días al igual que a los 60 días el mayor calibre se observó en el tratamiento con mulch de vicia (M2) con 4,21 cm, mulch de avena (M3) con 3,32 cm, seguido del mulch de maíz (M1) con 3,04 cm, y el testigo con 2,97 cm. El menor calibre de tallo se obtuvo con el tratamiento de mulch de caña de azúcar (M4) con 2,87 cm. Según Kosterna (2014), en investigaciones realizadas en brócoli, utilizando diferentes acolchados con paja de trigo, centeno y maíz, afirma que todo tipo acolchado contribuyó a un aumento en el diámetro de tallo en comparación con el control no acolchado. Al contrario en la investigación realizada se determinó que el mulch de maíz no contribuyó a un aumento significativo en el diámetro del tallo. (Figura 4).

4.2.PRODUCCIÓN EN COSECHA

4.2.1. PESO DE LA PELLA

CUADRO 10. PROMEDIO DE LA VARIABLE PESO DE LA PELLA

Tratamiento	Símbolo	Promedio (kg)	Rendimiento t/Ha	Rango de Significación	Desviación estándar
Testigo	M0	0,39	13,93	C	0,40
Maíz	M1	0,32	11,42	C	0,09
Vicia	M2	0,89	31,76	A	0,15
Avena	M3	0,50	17,85	B	0,21
Caña de azúcar	M4	0,22	7,85	D	0,09

Prueba de significancia de Tukey al 5%. Los valores con la misma letra no difieren significativamente a $p = 0,05$

En la variable peso de pella, se encontraron diferencias significativas. En el tratamiento de mulch de vicia (M2) se obtuvo el mayor peso, seguido del mulch con avena (M3). Mientras que en el tratamiento con mulch de maíz se obtuvieron resultados similares al tratamiento testigo (M0). El tratamiento con mulch de caña de azúcar (M4) alcanzó el menor peso promedio de pella por planta, inferior al testigo sin mulch. (Cuadro 10).

El mayor peso registrado con mulch de vicia (M2) en el cultivo de brócoli podría deberse a que al ser una leguminosa provoca la mineralización de nitrógeno, aumentando el tamaño de la pella y peso, acelerando el crecimiento, dando mayor rendimiento en comparación con los tratamientos con mulch de caña de azúcar (M4) y maíz (M1) que liberan OH^- aumentando el pH del suelo, disminuyendo la asimilación de nutrientes y por lo tanto ocasiona baja producción.

De acuerdo a estadísticas del SINAGAP (2013), el rendimiento para el año 2012 fue de 19,24 t/ha, por lo que se afirma que al utilizar mulch de vicia y avena se logra obtener rendimientos entre 17,85 y 31,76 t/ha, empleando variedades híbridas que se encuentran comercializadas en el país.

4.2.2. DIÁMETRO DE LA PELLA

CUADRO 11. PROMEDIO DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LA PELLA

Tratamiento	Símbolo	Medias cm	Rango de Significación	Desviación Estándar
Testigo	M0	11,14	C	2,32
Maíz	M1	11,07	C	1,56
Vicia	M2	22,07	A	3,07
Avena	M3	16,63	B	4,31
Caña de azúcar	M4	10,55	C	1,84

Prueba de significancia de Tukey al 5%. Los valores con la misma letra no difieren significativamente a $p = 0,05$

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la variable diámetro de pella. (Cuadro 11). El mayor diámetro de pella se obtuvo con el tratamiento de mulch de vicia (M2) seguido del tratamiento mulch de avena (M3) en comparación con el testigo sin mulch; mientras que el menor diámetro se encuentra en el tratamiento con caña de azúcar (M4). Según Kosterna (2014), en investigaciones recientes sobre mulching de paja de centeno en brócoli, mencionó que el diámetro de la pella aumenta con el uso de mulch y varía en función de cada uno de los mulchs que se añadan al suelo.

4.2.3. PRESENCIA DE MALEZAS

CUADRO 12. PROMEDIO DE LA VARIABLE PESO DE MALEZAS

Tratamiento	Símbolo	Medias (kg)	Rango de Significación	Desviación Estándar
Testigo	M0	6,90	A	1,14
Maíz	M1	2,75	B	0,81
Vicia	M2	2,42	C	0,25
Avena	M3	3,00	B	0,70
Caña de azúcar	M4	1,94	D	0,93

Prueba de significancia de Tukey al 5%. Los valores con la misma letra no difieren significativamente a $p = 0,05$

En la variable peso de malezas se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. El mayor peso se obtuvo en la parcela sin mulch (M0), mientras que en la parcela con mulch de caña de azúcar (M4) se obtuvo el menor peso de malezas, seguido del tratamiento con vicia (M2). (Cuadro 12). Como indica Kosterna (2014), esto se debe a la limitada cantidad de luz que llega a la superficie del suelo y como consecuencia se produce la reducción de la germinación y el crecimiento de las malas hierbas. Además, Teasdale et al, (2003), expresan que la liberación de los compuestos fitotóxicos de residuos de cultivos de cobertura cuando la cubierta se encuentre fresca y se aplica inmediatamente al suelo, puede inhibir el crecimiento del hipocótilo, evitando la aparición de malezas.

4.2.4. pH DEL SUELO DESPUÉS DE LA COSECHA

CUADRO 13. VARIABLE pH DEL SUELO DESPUÉS DE LA COSECHA

Tratamiento	Símbolo	pH
Testigo	M0	7,3
Maíz	M1	8,2
Vicia	M2	6,8
Avena	M3	6,9
Caña de azúcar	M4	8,3

Krarp (1992), menciona que el pH del suelo es el factor clave para una buena producción del cultivo, expresando que cuando el pH es mayor a 8, puede afectar al proceso fisiológico de absorción de nutrientes por las raíces, dificultando la correcta asimilación de nutrientes como fósforo, hierro y manganeso. A la vez comenta que todas las especies vegetales presentan rangos de pH en los que su absorción es idónea, siendo de 6-7,2 en el cultivo de brócoli. En la presente investigación al determinar el pH del suelo, donde se encontraban las cubiertas con mulch de caña de azúcar (M4) y maíz (M1) se obtuvo pH mayor a 8, por lo que se asume que al descomponerse estas coberturas liberan OH⁻, radicales que aumentan el pH del suelo, evitando la asimilación de nutrientes y ocasionando baja producción. En el suelo con vicia (M2), avena (M3) y testigo (M0), se registró pH que oscila entre 6,8 a 7,3 siendo tratamientos óptimos para el desarrollo del cultivo.

4.2.5. IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS

En la presente investigación mediante la aplicación de 4 tipos de mulch y un testigo se observó la presencia de malezas, las mismas que fueron identificadas mediante el libro “Malezas de la Sierra” Cárdenas (2009), y se las presenta a continuación:

4.2.5.1. HIERBA DE CUY, PACOYUYO



Figura 5. Hierba de cuy, pacoyuyo

Clasificación Taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Dicotiledónea
Familia	: Compositae
Género	: Galinsoga
Especie	: parviflora

- **Descripción:**

Planta de 30 a 60 cm de altura, ciclo anual, raíz pivotante tallo erecto, ramificado desde la base, hojas opuestas y ovaladas, flores en cabezuelas terminales, tubulares de color amarillo, fruto aquenio de color marrón y blanco.

- **Nocividad de las malezas:** Mediana y altamente nocivas.

4.2.5.2. ASHPA QUINOA, FALSA QUINUA



Figura 6. Ashpa quinoa

Clasificación Taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Dicotiledónea
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: Chenopodium
Especie	: álbum

- **Descripción:**

La planta es de ciclo anual con una altura de 30 a 150 cm, la raíz es pivotante, el tallo es erecto y a menudo tiene rayas de color rosado a púrpura, las hojas presentan márgenes dentados, las flores se agrupan en glomérulos, el fruto es aquenio lenticular y las semillas son rugosas. Su hábitat es de clima frío y lotes baldíos.

- **Nocividad de las malezas:** Alto - son difíciles de controlar, agresivas, predominantes.

4.2.5.3. MALVA MORADA



Figura 7. Malva morada

Clasificación Taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Dicotiledónea
Familia	: Malvaceae
Género	: Malva
Especie	: silvestris

- **Descripción:**

La planta tiene ciclo anual y puede llegar a medir desde 30 a 80 cm de altura, la raíz es pivotante, tallo herbáceo, erecto ramificado, las hojas son orbiculares, acorazonadas en la base, las flores son axilares de color violáceo, el fruto es reticulado y las semillas son reniformes.

- **Nocividad de las malezas:** Levemente nocivas - fáciles de controlar, poco agresivas y secundarias en el complejo de malezas.

4.2.5.4. LLANTÉN



Figura 8. Llantén

Clasificación Taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Dicotiledónea
Familia	: Plantaginaceae
Género	: Plantago
Especie	: lanceolata

- **Descripción:**

Planta de 20 a 40 cm de altura, raíz pivotante, tallo escapo reducido, hojas en roseta basal oblongas con nervaduras prominentes, inflorescencia en espiga terminal densa y semilla acanaladas de color café.

- **Nocividad de las malezas:** Mediana y altamente nocivas.

4.2.5.5. KIKUYO



Figura 9. Kikuyo

Clasificación Taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Monocotiledónea
Familia	: Gramineae
Género	: Pennisetum
Especie	: clandestinum

- **Descripción:**

Planta de 20 a 80 cm de altura y ciclo anual, raíz fasciculada, tallo decumbente y rastrero, hojas lanceoladas de color verde, inflorescencia racimosa y fruto cariósida y ovoide. Habita en clima frío y terrenos baldíos.

- **Nocividad de las malezas:** Alto - son difíciles de controlar, agresivas, predominantes.

4.2.5.6. DIENTE DE LEÓN



Figura 10 . Diente de león

Clasificación Taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Monocotiledónea
Familia	: Compositae
Género	: Taraxacum
Especie	: officinale Weber

- **Descripción:**

Planta de 10 a 50 cm de altura, ciclo perenne, raíz pivotante, tallo escapo reducido y alargado en el período reproductivo, hojas basales en roseta, flores en cabezuelas amarillas, fruto aquenio blanco. Habita cultivos de clima frío y áreas abandonadas.

- **Nocividad de las malezas:** Mediana y levemente nocivas.

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se determinaron los costos de producción y la rentabilidad del ensayo en 234 m² que constituyó el área de la investigación, mediante la aplicación de 4 tipos de mulch como maíz, caña de azúcar, vicia y avena, y un testigo sin mulch en el cultivo de brócoli.

Se cosecharon alrededor de 600 pellas comerciales. Cada pella se estimó el valor de acuerdo al tamaño, donde el precio varió desde los 0,25 hasta los 0,50 centavos en el mercado, obteniéndose así un total de beneficio de \$ 71,13 por todas las parcelas experimentales.

En el cuadro 13 se detallan los egresos siendo estos de \$ 141,87, los ingresos con un valor de \$ 216,00 y la relación entre egresos e ingresos nos da un beneficio de \$ 71,13 en 234 m² y \$ 2127,82 para 7 000 m², esta relación se toma en cuenta ya que no se cultiva completamente los 10 000 m² que corresponde a la hectárea.

El tratamiento con mayor rentabilidad corresponde a la parcela con mulch de vicia (M2) donde se obtuvo ganancias de \$ 37,50 en 33,6 m² y \$ 7812,50 en 7000 m².

CUADRO 13. TOTAL EGRESOS VS TOTAL INGRESOS

Rubro	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
TOTAL EGRESOS				
Limpieza del terreno	Jornal	1	10,00	10,00
Preparación del terreno	Jornal	1	10,00	10,00
Deshierba	Jornal	2	10,00	20,00
Cosecha	Jornal	1	10,00	10,00
Fertilización	Unidad	4	2,50	10,00
Plantas	Plantas	600	0,012	7,20
Bagazo de maíz	Cargas	6	2,00	12,00
Bagazo de caña	Cargas	18	0,25	4,50
Vicia	Cargas	9	2,50	22,50
Avena	Cargas	9	2,50	22,50
Transporte	-	1	3,00	3,00
SUBTOTAL				131,70
10 % de imprevistos				13,17
TOTAL				144,87
TOTAL INGRESOS				
Pellas de brócoli	Pellas	120 (M0)	0,35	42,00
		120 (M1)	0,30	36,00
		120 (M2)	0,50	60,00
		120 (M3)	0,40	48,00
		120 (M4)	0,25	30,00
RELACIÓN BENEFICIO – COSTO				
TOTAL EGRESO				144,87
TOTAL INGRESOS				216,00
TOTAL BENEFICIO EN EL ENSAYO (234 m ²)				71,13
TOTAL BENEFICIO PARA 7000 m ²				2127,82

4.4.VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos en la evaluación del efecto del mulch vegetal como caña de azúcar (M4), maíz (M1), vicia (M2), avena (M3) y testigo (Mo) en el cultivo de brócoli permiten aceptar la hipótesis, ya que mediante los mulch de vicia y avena se incrementó el desarrollo de las plantas de brócoli dando mayor calibre y peso de pellas, aumentando así la producción y rendimiento. Además los tratamientos con mulch de caña de azúcar (M4) y vicia (M2) redujeron significativamente la incidencia de malezas en el cultivo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

Concluida la investigación “Efecto de la utilización del mulch natural, maíz (*Zea mays L.*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), vicia (*Vicia sativa L.*), y avena (*Avena sativa L.*) sobre la producción del brócoli (*Brassica oleracea L.*) ” se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La aplicación del mulch de vicia (M2) sobre el suelo del cultivo de brócoli produjo los mejores resultados. Seguidos de los tratamientos con mulch de avena (M3), Maíz (M1), Testigo (M0) y caña de azúcar (M4). En el tratamiento M2 las plantas alcanzaron mayor crecimiento y desarrollo, por lo que mejoró la producción de pellas mediante cada uno de los parámetros biométricos evaluados. Longitud radicular (22,88 cm), volumen radicular (227 cc), número de hojas (21,47 hojas), longitud del tallo (14,27 cm), calibre del tallo (4,21 cm), peso de la pella (0,890 kg), diámetro de la pella (22,07 cm), días a la aparición de la pella (63,13 días). Además el rendimiento con mulch de vicia alcanzó las 31,76 t/ha.
- Mediante los tratamientos con mulch de vicia (M2), avena (M3) y testigo sin mulch (M0) se cosechó las pellas comerciales a los 83 días, mientras que en los tratamientos con mulch de caña (M4) y de maíz (M1) el ciclo se alargó, cosechando las pellas a los 93 días después del transplante.
- En relación a la presencia de malezas se determinó que los mejores mulch para control fueron los tratamientos con caña de azúcar (M4) y con vicia (M2), ya que los 45 días se realizó la deshierba manualmente y se procedió a pesarlas, observándose así que el tratamiento sin mulch (M0) registró la mayor cantidad de

malezas, siendo tres veces mayor al mejor tratamiento con mulch de vicia (M2). Con esto se evitó el uso de herbicidas y se redujo la mano de obra que se requiere para realizar estas actividades durante el ciclo del cultivo.

- La baja producción que se obtuvo en los tratamientos con mulch de caña de azúcar (M4) y maíz (M1), se asume que se debe al hecho que al descomponerse estas coberturas liberan sustancias químicas que aumentan el pH del suelo, por lo que en las dos cubiertas se determinó pH mayor a 8, con esto se asume que algunos nutrientes esenciales para el crecimiento no son asimilables. Además los tratamientos con mulch de vicia, avena, y testigo sin mulch, registraron pH que oscila entre 6,8 a 7,3, siendo tratamientos óptimos para el desarrollo del cultivo.
- Del análisis económico se deduce que, la relación beneficio costo nos dio una ganancia de 71,13 dólares en 234 m². Mientras que el tratamiento con mayor rentabilidad fue la parcela con mulch de vicia (M2) donde se obtuvo ganancias de \$ 37,50 en 33,6 m² y \$ 7812,50 en 7000 m², constituyéndose una alternativa tanto económica como amigable para el ambiente y para el productor.

5.2.RECOMENDACIONES

- Aplicar la presente propuesta con los mejores resultados obtenidos en el campo, tanto para pequeños como grandes agricultores, implementando una nueva alternativa agroecológica beneficiosa para el productor, ambiente y salud humana.
- Para obtener buenos rendimientos en la producción del cultivo de brócoli, se recomienda aplicar al suelo mulch de vicia y avena, ya que la determinación del tipo de mulch correcto va relacionado con el aumento de la producción, así como para generar mejores condiciones climáticas (microclima) y disminuir la incidencia de malezas, y consecuentemente reducir los costos de mano de obra e insumos.

- El crecimiento y desarrollo de malezas bajo los acolchados, dependió de dos factores principales, primero del espesor del mulch, y segundo el tipo de mulch, por lo que al aplicar el mulch de vicia que produjo los mejores resultados, se recomienda añadir al suelo en un espesor entre 8 a 10 cm para evitar la incidencia de malezas.
- En futuras investigaciones basadas en mulch de vicia y avena es necesario realizar estudios en relación a la cantidad de agua que se reduce al utilizar estas coberturas, temperatura y humedad del suelo y contenido de nitrógeno liberado por las leguminosas.
- Profundizar en estudios sobre los cambios de las propiedades físicas y químicas, calidad y cantidad de materia orgánica para tener buena productividad y rendimiento, reduciendo herbicidas, utilizando así técnicas de cultivo como el mulch o acolchado.
- Implementar técnicas agroecológicas necesarias para la producción de brócoli mediante el acolchado, para potenciar la producción nacional, reduciendo la contaminación ambiental, minimizando los costos de producción por agroquímicos y mano de obra, preservando la salud de la población consumidora de este vegetal.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1.TÍTULO

Utilización del mulch natural de vicia (*Vicia sativa L.*) sobre la producción del brócoli (*Brassica oleracea L.*)

6.2.FUNDAMENTACIÓN

La aplicación del mulch de vicia incidió en la productividad del cultivo del brócoli, en la Granja Experimental Querochaca, del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, observándose así aspectos positivos como mayor retención de la humedad, aporte de nutrientes, mejora la estructura del suelo, evita la erosión hídrica y eólica, y el pilar fundamental reduce la incidencia de malezas en el cultivo.

Actualmente los productores de brócoli se ven afectados debido al gran consumo de herbicidas ya que al comprar dichos insumos perjudican directamente al suelo, aire y agua al aplicar productos altamente tóxicos, a la vez se reduce la actividad microbiana del suelo dejándolo débil y expuesto a la erosión, al pasar el tiempo estos suelos se vuelven infértiles y continuamente decrece la producción.

A su vez su uso indiscriminado y abusivo está provocando preocupantes contaminaciones en cultivos, suelos y ríos. Como resultado ocasiona una lenta pérdida de la biodiversidad, haciendo más vulnerables a los sistemas naturales y alterando el medio ambiente. Peces e insectos, especialmente las abejas, sufren todo tipo de alteraciones metabólicas. Si hay que eliminar malezas, hagámoslo como siempre se hizo, sin venenos y sólo donde sea estrictamente necesario.

Es por esto que la propuesta se fundamenta en resultados obtenidos al aplicar mulch sobre el suelo para incrementar la productividad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*), donde se concluyó que la utilización de la cobertura de vicia (*Vicia sativa*) en un espesor de 5 cm es el mejor tratamiento obteniendo beneficios como mayor retención de humedad, reducción de riegos y reduce la incidencia de malezas en el cultivo.

6.3.OBJETIVO

Aplicar mulch natural de vicia (*Vicia sativa*) para mejorar la producción del brócoli (*Brassica oleracea L.*).

6.4.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Junto con otras hortalizas, el brócoli es muy importante en la nutrición humana, y su valor nutritivo radica principalmente en su alto contenido de vitaminas y minerales, es una excelente fuente de vitamina A, potasio, hierro y fibra, además de ser rico en hidratos de carbono, proteínas y grasa. (SINAGAP, 2013)

Dada la importancia del cultivo de esta hortaliza, se prevé que en los próximos años será necesario un incremento sin precedentes en la producción agrícola para satisfacer la gran demanda de la población mundial. El cultivo de brócoli en el Ecuador requiere de dosis altas de fertilizantes, por lo que la contaminación al suelo tanto para aplicaciones como pesticidas y herbicidas es alto, es por esto que la búsqueda de nuevos métodos de producción agronómica y económicamente sustentables para proteger el entorno es necesaria. Por lo tanto, la reducción en el uso de herbicidas mediante el acolchonamiento natural contribuirá en la reducción de la contaminación del aire y agua dando una alternativa de producción para los productores de brócoli.

A la vez el empleo de mulch aporta grandes beneficios para el suelo, aumentando así la actividad microbiana logrando la mejor asimilación de nutrientes y aportando con materia orgánica enriqueciendo al cultivo, además retiene grandes cantidades de agua, mejorando su retención y evitando así el uso continuo del riego, este manejo agroecológico será la

solución de los agricultores para evitar el consumo de grandes cantidades de herbicidas ya que limita su aparición en el cultivo, con ello a la vez se reduce el uso de fertilizantes ya que el mulch al descomponerse libera grandes cantidades de nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

6.5.MANEJO TÉCNICO

6.5.1. Análisis de suelo

Tomar muestras en zig-zag del terreno a cultivar, se recomienda tomar 1 kg de suelo para enviar la muestra al laboratorio.

6.5.2. Preparación del suelo

Realizar con dos pasadas de rastra de discos dentro 15 días antes de la siembra, dejando el suelo mullido, posteriormente nivelar el suelo manualmente con la ayuda de un azadón y un rastrillo.

6.5.3. Trazado de parcelas

Delimitar las parcelas utilizando piolas y estacas, en superficies recomendadas desde 250 a 700 m².

6.5.4. Colocación del mulch

Extender el mulch de vicia en las parcelas hasta quedar completamente cubierto el suelo, se recomienda aplicar el mulch con un espesor que oscile entre 5 y 10 cm, si es necesario aplicar una o dos veces a lo largo del ciclo del cultivo para evitar la aparición de todas las malezas.

6.5.5. Instalación del método del riego

Instalar el sistema de goteo para la implementación del cultivo de brócoli y mejorar la asimilación de nutrientes como el crecimiento de la planta.

6.5.6. Transplante

Realizar el transplante de forma manual colocando una planta por sitio a una distancia de 0.40 m entre plantas y 0.70 m entre hileras de la variedad Avenger.

6.5.7. Riego

Realizar el riego una vez antes y después del transplante, posteriormente regar en los dos primeros meses del cultivo cada quince días después del transplante y cuando el cultivo pase la semana nueve regar una vez por semana con duración de una hora cada riego para evitar el desecamiento de la planta y la baja producción.

6.5.8. Fertilización

Aplicar fertilizantes que complementen los resultados obtenidos en el análisis de suelo, mediante la aplicación con bomba de mochila.

6.5.9. Control de malezas

Realizar las deshierbas de forma manual para evitar de tal forma la competencia de nutrientes en el cultivo.

6.5.10. Cosecha

Efectuar la cosecha manualmente con la ayuda de un cuchillo transcurrido de 85 a 95 días después del transplante cuando se visualice que la pella sea compacta y se torne verde azulada.

6.6.PLAN DE ACCIÓN

Fase 1. Formación y capacitación a los agricultores de la zona.

- Cultivo de brócoli (generalidades).
- Importancia del uso de mulch de vicia.
- Difusión del Manejo Técnico.
- Aplicación de la cobertura vegetal.

Fase 2. Resultados esperados.

- Mejora de los ingresos económicos de los pequeños y grandes agricultores.
- Reducción de la contaminación ambiental.
- Generación de experiencias en la zona donde se pondrá en marcha el plan de acción.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzugaray, P; Haase, D; Rose, R. 2014. Effects of preplanting root volume and fertilization rate on field performance of 1+1 Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) seedlings (En inglés). *Bosque*. 25(2): 17-33.
- Burns, R. 2003. Fundamentos de química. 4 ed. México, DF, Pearson. 724 p.
- Bielinski, M. 2000. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: Estructuras para la agricultura protegida. (en línea). Consultado 23 mar. 2015. Disponible en http://horticulture.ucdavis.edu/main/Deliverables/Santos_academic_paper_estructuras_para_la_agricultura_protegida.pdf
- Cadena, D. 2011. Efecto de tres dosis en tres épocas de aplicación de Pyraclostrobin (comet®) en el control de la mancha foliar (*Alternaria brassicae berk*) y validación del efecto Agcelence en el rendimiento de un híbrido de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*), en la Provincia de Cotopaxi. Tesis. Ing. Agr. Latacunga-EC. Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. 94 p.
- Cárdenas, J. 2009. Malezas de la sierra: Guía de identificación en el campo. Quito, EC. 217 p.
- Cendes (Centros de Estudios de Desarrollo, EC). 1992. Manual del brócoli. Quito, EC. 122 p.
- Cerdas, M. 2002. Guía técnica poscosecha: Calidad en los productos hortofrutícolas. San José, CR. 124 p.
- Cifuentes, A. 2014. Evaluación de tres niveles de ferthigue en el rendimiento del cultivo orgánico de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*). Tesis. Ing. Agr.

Riobamba-EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. 102 p.

- Cifuentes, A; Mosquera, J. 2003. Validación del monitoreo utilizado en Ecofroz para el control de polilla (*Plutella sp.*) y pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en brócoli en campo de agricultores. Tesis. Ing. Agr. Latacunga-EC. Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 95 p.
- Eugeniusz, K; Katarzyna, A. 2013. Living mulches in vegetable crops production: perspectives and limitations (En inglés). Wrocław University of Environmental and Life Sciences. 127-142.
- FAOSTAT (The Statistics Division of FAO, IT). 2002. Datos Agrícolas: Cultivos primarios caña de azúcar. (en línea). Roma, IT. 127 p. Consultado 25 mar. 2015. Disponible en: http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/T1639.pdf
- Haro, M; Maldonado, L. 2009. Guía técnica para el cultivo de brócoli en la serranía ecuatoriana. Quito, EC. 85 p.
- Jaramillo, J. 2006. El cultivo de las crucíferas: Manual técnico 20. (en línea). Antioquia, CO. Consultado 30 mar. 2015. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/WebBac/Documentos/ELCULTIVO CRUCIFERAS.pdf>
- Jiménez, R; González N; Hernández, M. 2014. La caña de azúcar como alimento funcional. Revista Iberoamericana de Ciencias. 1(3):31-35.
- Knott, J. 1980. Vegetable growers (En inglés). 2 ed. New York, EU. 123 p.
- Kosterna, E. (2014). The effect of different types of straw mulches on weed-control in vegetables cultivation. Journal of Ecological Engineering. 5(3): 109-137.

- Kosterna, E. (2014). Soil mulching with straw in broccoli cultivation for early harvest (En inglés). *Journal of Ecological Engineering*. 15(2):100–107.
- Krarup, Ch. 1992. Seminario sobre la producción de brócoli. Quito, EC. 25 p.
- Limongelli, J. 1979. El repollo y otras crucíferas de importancia en el huerto comercial. Buenos Aires, AR. Hemisferio sur. 79 p.
- Luna, C. 2009. Estudio de caracterización física, química y nutricional de dos diferentes ecotipos de brócoli (*Brassica oleracea l.*) cultivados en Ecuador, como un aporte para la elaboración de una norma técnica por parte del INEN. Tesis. Ing. Alimentos. Quito-EC. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. 210 p.
- Medina, C; Maldonado. L; Naranjo, H. 2006. Implantación de un programa de buenas prácticas agrícolas para el mejoramiento de la calidad e inocuidad del brócoli en Ecuador. Quito, EC. 16 p.
- Mollah, M; Hossain, M; Rahman, J; Uddain, J. 2009. Effect of different mulching on growth and yield of broccoli (En inglés). *Journal International Journal of Sustainable Agricultural Technology*. 5(7):48-54
- Mondragón, J. 2005. Cultivo de vicia. (en línea). Consultado 30 mar. 2015. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/vicia-sativa/fichas/ficha.htm>
- Montes, A. 1993. Cultivo de hortalizas: Guía práctica. Tegucigalpa, HO. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 22 p.
- Ortas, L. 2008. El cultivo del maíz: Fisiología y aspectos generales. (en línea). Consultado 30 mar. 2015. Disponible en <http://nolaboreo.es/publicaciones/articulos/pdf/maiz.pdf>

- Parker, R. 2000. La ciencia de las plantas. Trad. Del inglés por Patricia Scout. Madrid, ES. 200 p.
- PROEXANT (Promoción de exportaciones agrícolas, EC). 1992. Manual del brócoli. Quito, EC. 122 p.
- Reche, J. 1991. Enfermedades de hortalizas en invernadero. Madrid, ES. 52 p.
- Reyes, J; y Alarcón, A; 2008. Uso de coberturas en el cultivo de aguacate (*Persea americana Mill*): Efectos en nutrición y fitosanidad. (en línea). Consultado 30 mar. 2015. Disponible en http://209.143.153.251/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1997/ecol_1_97.pdf
- Robinson, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings (En inglés). Hortscience. 552 p. (en línea). Consultado 30 mar. 2015. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01678809/48/1>
- Serrano, J. 2009. Agricultura ecológica. Barcelona, ES. Mundi presa. 395 p.
- Serrano, W. 2005. Niveles de fertilización de N-P-K para el cultivo de brócoli. Tesis. Ing. Agr. Ambato-EC. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 102 p.
- SINAGAP (Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura, EC). 2013. Cultivo de brócoli. (en línea). Consultado 30 abr. 2015. Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/BoletinesCultivos/Brocoli.pdf>
- Stephen, D; Leon, V. 1998. Phytoextraction of Zinc by Oat (*Avena sativa*), Barley (*Hordeum vulgare*), and Indian Mustard (*Brassica juncea*)(En inglés). Environmental Science & Technology. 32 (6): 802–806.

- Teasdale, J; Shelton, D; Sadeghi, A; Isensee, A. 2003. Influence of hairy vetch residue on atrazine and metolachlor soil solution concentrations and weed emergence. (En inglés). Weed Sci. 51:628-634.
- Tenopala, J; González, F; Barrera, E. 2012. Physiological responses of the green manure (*Vicia sativa*) to drought (En inglés). Botanical Sciences. 90 (3): 305-311.
- Thériaul, F. 2009. Use of Perennial legumes living mulches and green manures for the fertilization of organic broccoli (En inglés). International Journal of Vegetable Science. 15(2):142-1.
- Toledo, J. 1995. Cultivo del brócoli: Unidad de medios y comunicación técnica. Lima, PE. Fnia. 30 p.
- Ulcuango, J. 2013. Evaluación de 6 tipos de mulch orgánicos e inorgánicos y su influencia en la productividad y calidad de la Gypsophila (*Gypsophila. Paniculata*) en la Finca Santa Martha, Cusumba, cantón Cayambe. Tesis. Ing. Agr. Loja-EC. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Ingeniería en Administración y Producción Agropecuaria. 143 p.
- Unavarra. 2006. Cultivo de Avena. (en línea). Consultado 23 mar. 2015. Disponible en http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Aven_sati_p.htm
- Monografía hortícola del brócoli. UNIVERSIDAD CATÓLICA. 1992. Santiago, CL. 77 p.
- Valadez, A. 1994. Producción de hortalizas. 4 ed. México, DF. Limusa. 58 p.
- Zribi, W; Faci, J; y Aragüés, R. 2011. Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. (en línea). Consultado 30 mar. 2015. Disponible en http://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/1796/1/2011_411.pdf

ANEXOS

Anexo 1. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DEL TALLO A LOS 30 DÍAS

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	157,60	4	39,40	92,45	<0,0001
Tratamiento	157,60	4	39,40	92,45	<0,0001
Error	61,79	145	0,43		
<u>Total</u>	<u>219,39</u>	<u>149</u>			

Test:Tukey

Error: 0,4262 gl: 145

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
2	4,67	30	0,12	A
3	4,57	30	0,12	A
0	2,61	30	0,12	B
4	2,56	30	0,12	B
<u>1</u>	<u>2,43</u>	<u>30</u>	<u>0,12</u>	<u>B</u>

Anexo 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 30 DÍAS

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	71,69	4	17,92	20,81	<0,0001
Tratamiento	71,69	4	17,92	20,81	<0,0001
Error	124,87	145	0,86		
<u>Total</u>	<u>196,56</u>	<u>149</u>			

Test:Tukey

Error: 0,8611 gl: 145

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
2	6,17	30	0,17	A
3	5,80	30	0,17	A
0	5,67	30	0,17	A
1	4,93	30	0,17	B
<u>4</u>	<u>4,23</u>	<u>30</u>	<u>0,17</u>	<u>C</u>

**Anexo 3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DEL TALLO
A LOS 60 DÍAS**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	271,66	4	67,91	42,64	<0,0001
Tratamiento	271,66	4	67,91	42,64	<0,0001
Error	230,96	145	1,59		
Total	502,62	149			

Test:Tukey

Error: 1,5929 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	8,20	30	0,23	A
3,00	7,16	30	0,23	B
1,00	5,97	30	0,23	C
0,00	5,12	30	0,23	C D
4,00	4,50	30	0,23	D

**Anexo 4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CALIBRE DEL TALLO
A LOS 60 DÍAS**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	78,52	4	19,63	54,33	<0,0001
Tratamiento	78,52	4	19,63	54,33	<0,0001
Error	52,39	145	0,36		
Total	130,91	149			

Test:Tukey

Error: 0,3613 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	3,52	30	0,11	A
3,00	2,81	30	0,11	B
0,00	2,07	30	0,11	C
1,00	1,90	30	0,11	C D
4,00	1,48	30	0,11	D

Anexo 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 60 DÍAS

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	386,97	4	96,74	60,83	<0,0001
Tratamiento	386,97	4	96,74	60,83	<0,0001
Error	230,60	145	1,59		
Total	617,57	149			

Test:Tukey

Error: 1,5903 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	15,10	30	0,23	A
3,00	13,87	30	0,23	B
1,00	11,90	30	0,23	C
0,00	11,27	30	0,23	C D
4,00	10,93	30	0,23	D

Anexo 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DÍAS A LA APARICIÓN DE LA PELLA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8066,09	4	2016,52	2863,82	<0,0001
Tratamiento	8066,09	4	2016,52	2863,82	<0,0001
Error	102,10	145	0,70		
Total	8168,19	149			

Test:Tukey

Error: 0,7041 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	83,37	30	0,15	A
0,00	78,10	30	0,15	B
1,00	73,20	30	0,15	C
3,00	66,83	30	0,15	D
2,00	63,13	30	0,15	E

**Anexo 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ
A LA COSECHA**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	322,67	4	80,67	310,58	<0,0001
Tratamiento	322,67	4	80,67	310,58	<0,0001
Error	6,49	25	0,26		
Total	329,17	29			

Test:Tukey

Error: 0,2597 gl: 25

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	22,88	6	0,21	A
3,00	17,33	6	0,21	B
1,00	16,05	6	0,21	C
0,00	15,32	6	0,21	C
4,00	13,08	6	0,21	D

**Anexo 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE VOLUMEN
RADICULAR A LA COSECHA**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	36623,87	4	9155,97	303,24	<0,0001
Tratamiento	36623,87	4	9155,97	303,24	<0,0001
Error	754,83	25	30,19		
Total	37378,70	29			

Test:Tukey

Error: 30,1933 gl: 25

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	227,00	6	2,24	A
3,00	170,33	6	2,24	B
1,00	150,17	6	2,24	C
0,00	141,33	6	2,24	C
4,00	126,67	6	2,24	D

**Anexo 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A
LOS 87 DÍAS**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1363,97	4	340,99	461,66	<0,0001
Tratamiento	1363,97	4	340,99	461,66	<0,0001
Error	107,10	145	0,74		
Total	1471,07	149			

Test:Tukey

Error: 0,7386 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2,00	21,47	30	0,16 A
3,00	19,80	30	0,16 B
1,00	15,67	30	0,16 C
0,00	15,20	30	0,16 C
4,00	13,43	30	0,16 D

**Anexo 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE LONGITUD DEL
TALLO A LOS 87 DÍAS**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1121,26	4	280,31	426,45	<0,0001
Tratamiento	1121,26	4	280,31	426,45	<0,0001
Error	95,31	145	0,66		
Total	1216,57	149			

Test:Tukey

Error: 0,6573 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2,00	14,27	30	0,15 A
3,00	13,02	30	0,15 B
0,00	9,12	30	0,15 C
1,00	8,62	30	0,15 C
4,00	7,12	30	0,15 D

**Anexo 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CALIBRE DEL TALLO
A LOS 87 DÍAS**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35,42	4	8,86	78,53	<0,0001
Tratamiento	35,42	4	8,86	78,53	<0,0001
Error	16,35	145	0,11		
Total	51,77	149			

Test:Tukey

Error: 0,1128 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	4,21	30	0,06	A
3,00	3,32	30	0,06	B
1,00	3,04	30	0,06	C
0,00	2,97	30	0,06	C
4,00	2,87	30	0,06	C

Anexo 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE PESO DE LA PELLA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,24	4	2,06	42,45	<0,0001
Tratamiento	8,24	4	2,06	42,45	<0,0001
Error	7,04	145	0,05		
Total	15,28	149			

Test:Tukey

Error: 0,0485 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	0,89	30	0,04	A
3,00	0,52	30	0,04	B
0,00	0,39	30	0,04	B C
1,00	0,32	30	0,04	C D
4,00	0,22	30	0,04	D

**Anexo 13. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LA
PELLA**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	3075,10	4	768,78	97,39	<0,0001
Tratamiento	3075,10	4	768,78	97,39	<0,0001
Error	1144,63	145	7,89		
Total	4219,73	149			

Test:Tukey

Error: 7,8940 gl: 145

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
2,00	22,21	30	0,51	A
3,00	16,63	30	0,51	B
0,00	11,14	30	0,51	C
1,00	11,07	30	0,51	C
4,00	10,55	30	0,51	C

Anexo 14. IMÁGENES



LIMPIEZA DEL TERRENO



DELIMITACIÓN DE LAS PARCELAS



APLICACIÓN DEL MULCH



INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE GOTEO



TRANSPLANTE (VARIEDAD AVENGER)



BRÓCOLI A LOS 30 DÍAS – MULCH AVENA



BRÓCOLI A LOS 30 DÍAS – MULCH BAGAZO DE MAÍZ



BRÓCOLI A LOS 30 DÍAS – MULCH VICIA



BRÓCOLI A LOS 30 DÍAS – MULCH BAGAZO DE CAÑA



BRÓCOLI A LOS 30 DÍAS – TESTIGO SIN MULCH



BRÓCOLI A LOS 60 DÍAS – MULCH AVENA



BRÓCOLI A LOS 60 DÍAS – MULCH VICIA



BRÓCOLI A LOS 60 DÍAS – MULCH BAGAZO DE MAÍZ



BRÓCOLI A LOS 60 DÍAS – MULCH BAGAZO DE CAÑA



BRÓCOLI A LOS 60 DÍAS – SIN MULCH



COSECHA



TOMA DE DATOS