



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN DIFERENTES  
DENSIDADES DE PLANTACIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var.  
*Avenger*) CON APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEO”**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO  
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**AUTOR:**

KEVIN GEOVANNY VILLACIS YACELGA

**TUTOR:**

ING. Mg. ALBERTO C. GUTIÉRREZ ALBÁN.

**CEVALLOS – ECUADOR**

**2023**

**“DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN DIFERENTES  
DENSIDADES DE PLANTACIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var.  
*Avenger*) CON APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEO”**

REVISADO Y APROBADO POR:

---

**Ing. Mg. ALBERTO C. GUTIÉRREZ ALBÁN**

**TUTOR**

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:**

**Fecha**

**16/03/2023**

---

**Ing. PATRICIO NÚÑEZ**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**16/03/2023**

---

**Ing. GIOVANNY VELÁSTEGUI**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

**16/03/2023**

---

**Ing. LUIS VILLACÍS**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

## AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, KEVIN GEOVANNY VILLACIS YACELGA, portador de cédula de ciudadanía número: 1725512485, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Avenger*) CON APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEÓ” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



.....  
KEVIN GEOVANNY VILLACIS YACELGA

## DERECHO DEL AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Avenger*) CON APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEO” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, 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 este Informe Final, o de parte de él.



.....  
KEVIN GEOVANNY VILLACIS YACELGA

## DEDICATORIA

A Dios por bendecirme todos los días con salud y fortaleza, además de darme una gran familia y por poner en mi camino personas maravillosas que han sido la mayor bendición en mi vida.

A mi padre Cesar Villacis que ha sido un gran apoyo en esta etapa de investigación, por sus consejos y su amor.

A mi madre Gladys Yacelga por su ejemplo de trabajo y sobresalir día tras día, por su amor incondicional, paciencia, sacrificio y apoyo. Hoy puedo cumplir este sueño tan anhelado.

A mi hermano Fernando por todo el apoyo brindando, sus consejos, paciencia y cuidados que ha tenido conmigo desde pequeño.

A mis Tíos y Tías que siempre han estado conmigo apoyándome con sus palabras de motivación y darme su amor.

A mis abuelitos Luis y María por el apoyo moral, palabras de ánimo y sabiduría para siempre salir adelante y no dejarme vencer ante cualquier dificultad.

*Kevin Geovanny Villacis Yacelga*

## AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero expresar mi total gratitud a Dios, quien con su bendición día a día, me protege y llena siempre mi vida.

Mi profundo agradecimiento a mi tutor Ing. Mg. Alberto C. Gutiérrez Albán. Sin usted, sus conocimientos, virtudes, paciencia y acertada orientación, este trabajo no se hubiera logrado de manera gratificante. Le agradezco también por sus atentas y rápidas respuestas a las diversas inquietudes surgidas durante el desarrollo de este trabajo. Usted formó parte fundamental de esta etapa con cada uno de sus aportes profesionales con los cuales se caracteriza, gracias por todo.

Agradezco infinitamente a la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, a todos mis docentes que formaron parte de esta trayectoria, gracias por cada una de sus valiosas enseñanzas, las cuales me ayudaron a crecer como profesional día tras día. Agradezco a cada uno de ustedes por su paciencia, apoyo, dedicación y amistad brindada en el camino.

De igual manera agradezco a toda mi familia por estar siempre presentes a pesar de las adversidades de la vida, gracias por ser el motor que impulsa cada uno de mis anhelos, gracias por felicitarme en cada pequeño logro y por apoyarme a salir adelante en las derrotas. Gracias por estar en mis días y noches más difíciles durante horas de estudio. Gracias por brindarme un apoyo incondicional en cada una de mis etapas.

Por último y no menos importante, gracias a todos mis compañeros que formaron parte de este trayecto, sin sus ocurrencias, sin sus motivaciones, sin sus alegrías, esta etapa hubiese sido difícil de culminar. Gracias por las horas de estudio y de diversión compartida.

*Kevin Geovanny Villacis Yacelga*

## INDICE

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHO DEL AUTOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes investigativos.....	2
1.3. Características fundamentales.....	4
1.3.1. Riego.....	4
1.3.2. Cultivo de Brócoli.....	5
1.3.3. Descripción taxonómica.....	6
1.3.4. Morfología de la planta.....	6
1.3.5. Híbrido Avenger.....	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
CAPITULO II.....	9
METODOLOGÍA.....	9
2.1. Ubicación del ensayo.....	9
2.2. Características del lugar.....	9

2.2.1. Características climáticas .....	9
2.2.2. Características del suelo .....	9
2.2.3. Características del Agua .....	9
2.3. Materiales y equipos.....	10
2.3.1. Materiales .....	10
2.3.2. Equipos .....	10
2.4. Factores de estudio .....	11
2.4.1. Distancia de plantación.....	11
2.5. Tratamientos .....	11
2.6. Diseño experimental.....	11
2.7. Características del ensayo.....	11
2.7.1. Características de la parcela .....	11
2.7.2. Esquema de la parcela .....	12
2.8. Hipótesis .....	12
2.9. Manejo del ensayo.....	12
2.9.1. Siembra.....	12
2.9.2. Preparación del terreno .....	12
2.9.3 Instalación del riego por goteo .....	13
2.9.4. Plantación .....	13
2.9.5. Control fitosanitario.....	13
2.9.6. Fertilización.....	13
2.9.7. Aporque .....	13
2.9.8. Cosecha.....	13
2.10. Variables respuesta.....	14
2.10.1. Altura de planta .....	14
2.10.2. Diámetro de la pella.....	14
2.10.3. Peso de la pella .....	14



2.10.4. Rendimiento .....	14
CAPÍTULO III.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
3.1. Análisis y discusión de resultados.....	15
3.1.1. Altura de planta .....	15
3.1.2. Diámetro de la pella a los 30 días después del trasplante.....	16
3.1.3. Diámetro de la pella a los 60 días después del trasplante.....	16
3.1.4. Diámetro de la pella a la cosecha .....	16
3.1.5. Peso de la pella .....	17
3.1.6. Rendimiento .....	18
3.1.7. Toma de datos de los goteros .....	19
CAPÍTULO IV .....	22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	22
4.1. Conclusiones.....	22
4.2. Recomendaciones .....	23
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO .....	24
Bibliografía.....	24
Anexos.....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional de 100 g de una porción comestible de brócoli.....	5
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica .....	6
<b>Tabla 3.</b> Características del híbrido avenger .....	7
<b>Tabla 4.</b> Descripción de tratamientos utilizados en el ensayo.....	11
<b>Gráfico 1.</b> Distribución de los tratamientos.....	12
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta .....	15
<b>Tabla 6.</b> Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de la pella a los 60 días después del trasplante .....	16
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de la pella a la cosecha después del trasplante .....	17
<b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey al 5% para el peso de la pella a la cosecha.....	18
<b>Tabla 9.</b> Rendimiento de la producción de brócoli.....	19
<b>Tabla 10.</b> Datos de los goteros .....	19
<b>Tabla 11.</b> Datos de gotero por 25 riegos. ....	20
<b>Tabla 12.</b> Volumen de agua en el tratamiento A1 .....	20
<b>Tabla 13.</b> Volumen de agua en el tratamiento A2 .....	20
<b>Tabla 14.</b> Volumen de agua en el tratamiento A3 .....	21

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Siembra en bandejas .....	27
<b>Anexo 2.</b> Preparación de terreno .....	27
<b>Anexo 3.</b> Colocación de abono .....	27
<b>Anexo 4.</b> Colocación de líneas de goteo .....	28
<b>Anexo 5.</b> Trasplante de plantulas .....	28
<b>Anexo 6.</b> Fumigación de la plantacion de brócoli .....	28
<b>Anexo 7.</b> Toma de datos de los goteros .....	29
<b>Anexo 8.</b> Colocacion de rótulos a los tratamientos .....	29
<b>Anexo 9.</b> Pella a los 60 días despues del trasplante .....	29
<b>Anexo 10.</b> Toma de datos del diametro a la cosecha .....	30
<b>Anexo 11.</b> Toma de datos de la altura de la planta a la cosecha .....	30
<b>Anexo 12.</b> Pella del brócoli .....	30
<b>Anexo 13.</b> Análisis de varianza para la variable diametro de la pella 60 días .....	31
<b>Anexo 14.</b> Análisis de varianza para la variable diametro a la cosecha .....	31
<b>Anexo 15.</b> Análisis de varianza para la variable peso de la pella .....	32
<b>Anexo 16.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta .....	32
<b>Anexo 17.</b> Toma de datos del diámetro de la pella a los 60 días .....	33
<b>Anexo 18.</b> Toma de datos del diámetro a la cosecha .....	33
<b>Anexo 19.</b> Toma de datos del peso de la pella a la cosecha .....	33
<b>Anexo 20.</b> Toma de datos de la altura de planta a la cosecha .....	34

## RESUMEN

El presente estudio realizado sobre la producción de brócoli (*Brassica oleracea var. Avenger*) basado en diferentes densidades de plantación mediante la aplicación de riego por goteo, se realizó en el cantón Izamba perteneciente a la provincia de Tungurahua, con el propósito de determinar el mejor rendimiento de producción de las densidades usadas que fueron de 0.30, 0.40 y 0.50 m entre planta e hilera. Se realizó un diseño experimental con bloques completamente al azar con tres tratamientos y sus tres repeticiones correspondientes. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba de Tukey al 5%, donde se obtuvo los siguientes resultados de las variables: Altura de planta, Diámetro de pella (30, 60 días y cosecha), Peso de la pella y Rendimiento.

Los datos de las variables registradas fueron clave fundamental para realizar un análisis estadístico, donde se pudo concluir que el tratamiento que resultó con una altura considerable durante el proceso de cosecha es en el A2 con una media de 35.03 cm, cabe mencionar que el diámetro de la pella no se formó a los 30 días por lo que, a los 60 días y en el proceso de cosecha el mejor resultado ser el A3 con medias de 2.89 y 22.76 cm respectivamente. Sin embargo, en el peso de la pella el tratamiento A3 posee una media de 1399 g y el A2 con 4058.83g. Finalmente, en lo que respecta el rendimiento de producción el mejor tratamiento fue el A2 con 4058.83 g/m<sup>2</sup>, donde el consumo de agua por metro cuadrado fue de 169.38 L/m<sup>2</sup>, mientras que el 169.38 L/m<sup>2</sup>, mientras que el tratamiento A3 tuvo una producción de 3469.53 g/m<sup>2</sup> y un consumo de agua 107.6 L/m<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** Densidades, peso, rendimiento, riego por goteo.

## ABSTRACT

The present study on the production of broccoli (*Brassica oleracea var. Avenger*) based on different planting densities through the application of drip irrigation, was carried out in the Izamba canton belonging to the province of Tungurahua, with the purpose of determining the best production yield of the densities used, which were 0.30, 0.40 and 0.50 m between plant and row. An experimental design with completely randomized blocks with three treatments and their corresponding three replications was used. The data obtained were analyzed using Tukey's test at 5%, where the following results were obtained for the following variables: plant height, diameter of the boll (30, 60 days and harvest), weight of the boll and yield.

The data of the variables recorded were the fundamental key to perform a statistical analysis, where it was possible to conclude that the treatment that resulted with a considerable height during the harvest process is A2 with a mean of 35.03 cm, it is worth mentioning that the diameter of the pellet was not formed at 30 days so, at 60 days and in the harvest process the best was A3 with means of 2.89 and 22.76 cm respectively. However, in the weight of the pellet, the A3 treatment has a mean of 1399 g and the A2 with 4058.83g. Finally, regarding the production yield the best treatment was A2 with 4058.83 g/m<sup>2</sup>, where the water consumption per square meter was 169.38 L/m<sup>2</sup>, while the 169.38 L/m<sup>2</sup>, while the A3 treatment had a production of 3469.53 g/m<sup>2</sup> and a water consumption 107.6 L/m<sup>2</sup>.

**Key words:** Densities, weight, yield, drip irrigation.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Introducción

El brócoli (*Brassica oleracea*) es una hortaliza que pertenece a la familia de las Brassicáceas la cual es originaria del Mediterráneo y Asia Menor, ya que estas iniciaron su cultivo en pequeñas parcelas campesinas en la década de 1980. Los ejemplares fueron recolectados por primera vez en Italia, Libia y Siria. En el año 2018 la producción de brócoli llegó a hacer de 37 241 388 Tm, por lo tanto, un 81% de la producción del brócoli se encuentra ubicado en tres principales países que son: China, China continental e India, además tenemos un 5% por parte del país de México el cual tiene un quinto puesto y el puesto veintitresavo es de Ecuador que cuenta con un 0.29%, el cual está conformado en un listado de 98 países que son productores del cultivos de brócoli (Sánchez et al., 2020).

México es uno de los principales productores de brócoli en el continente Americano, ya que la producción del cultivo de brócoli en el país se sigue desarrollando y creciendo desde el año 2013 por lo cual se ha registrado en dicho año una producción de 416 mil toneladas de esta hortaliza y este según avancen los años sigue aumentando su producción hasta el año 2018 donde llegó a un máximo de 632 mil toneladas, pero al año siguiente este tuvo un descenso de 18 mil toneladas pero de este el 60% o más es para exportación, además cabe mencionar que el consumo interno en el país está aumentando por lo que este cultivo posee propiedades saludables y el consumo nacional está en el rango anual de 2 Kg por persona (Rocha y Cisneros, 2019).

Duque y Murillo (2021) manifiestan que en Ecuador la producción de brócoli tiene una destreza para generar economía y empleo, las principales zonas productoras dentro del país son: Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Imbabura, Pichincha, Azuay, Cañar y Loja que tiene una superficie total mayor a las 9 000 hectáreas por lo que en estos sectores la producción ha ido incrementando sus áreas de siembra durante los últimos años, esto debido a que los mercados nacionales como internacionales exige

una mayor demanda de esta hortaliza, además esta comercialización también está intervenida por pequeños y medianos productos, las empresas son intermediarios que procesan y exportan el producto hacia diferentes destinos. Algunos de los factores que intervienen para la producción son las condiciones climáticas, adaptación y nivel de producción, por lo que existen algunas variedades e híbridos que son los que predominan como son: Avenger, Domador, Legacy y Marathon.

Entre 2 500 hectáreas se dedican al desarrollo del brócoli, sin embargo este se demora en crear alrededor de 12 y 14 semanas en la provincia de Cotopaxi que produce el 90%, permitiendo así realizarse 3 veces al año, además son beneficiadas alrededor de 3 300 familias para esta actividad mientras que en la provincia de Tungurahua apenas con el 2.6% teniendo en cuenta que la producción es continua, además entre los años 2016 y 2017 pasa la producción de 1 700 Tm a 392 Tm y en los años 2018 y 2019 existe una disminución de producción en un 95% (Gómez, 2016).

Un elemento primordial para todo cultivo es el agua, permitiendo así un buen desarrollo y proceso fisiológico de la planta, el rendimiento puede disminuir cuando existe una menor o mayor cantidad de agua por eso se debe saber cuándo regar, cuánto regar y cómo regar. Para esto el riego por goteo se basa especialmente en distribuir mediante una manguera las cantidades de agua en pequeñas partes localizadas según su espaciamiento. Esta cantidad de agua que sale bajo presión mediante goteros que constan de un volumen de acuerdo con el diseño del equipo como puede ser de 1 a 2 L/h, esto permite que exista en la zona radical una humedad adecuada. Mediante este método se llega a tener un mejor aprovechamiento del agua y una eficacia entre el 85 y 90% (Corrales, 2017).

## **1.2. Antecedentes investigativos**

Según Santillan (2021), en su estudio sobre el comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra el cual fue realizado en el Centro Experimental “El Misionero”, que se encuentra localizado en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas, donde tomaron en cuenta variables como: altura de planta, diámetro del brócoli, peso del brócoli, rendimiento del cultivo en kg/ha y análisis económico. Las variedades de brócoli que se van a estudiar son Legacy y Marathon, a distanciamientos de siembra: 0.50x0.40 0.30x0.60 y de testigo 0.35x0.60. Realizaron

varios tratamientos de la variedad Legacy: T1 0.50 x 0.40, T2 0.30 x 0.60, T3 (Testigo) 0.35 x 0.60, y variedad Marathon T4 0.50 x 0.40, T5 0.30 x 0.60 y T6 (Testigo) 0.35 x 0.60. El tratamiento que resulto con mejores promedios altos en las variables agronómicas estudiadas es el T1 Brócoli variedad Legacy a 0.50 x 0.40, y también es el que resulto con el rendimiento más alto de 9930,00 Kg/ha, así como el valor neto conseguido fue de \$1,78.

Montalvo (2014) en su investigación realizada en el cantón Ibarra de la provincia de Imbabura se estudió cuatro distanciamientos de siembra en el desarrollo y producción de dos variedades de brócoli: Legacy y Avenger con espaciamientos de siembra de 0.30 x 0.60; 0.40 x 0.60 y 0.50 x 0.60 m y el testigo con 0.35 x 0.60 m, para lo cual la variedad Legacy con distanciamientos de siembra de 0,50 x 0,60 m consiguió cifras mayores en las variables de floración, cosecha peso y magnitud, pero por otro lado la misma variedad con distanciamiento de 0.30 x 0.60 m la producción resulto más alta siendo de 2'1516,67 Kg/ha.

Un estudio realizado en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Riobamba se analizó la determinación de requerimientos del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*. L. Var. Avenger) bajo las condiciones edafoclimáticas del sector mediante aplicaciones de métodos directos e indirectos, en el cual resulto como conclusión el método en relación agua, suelo, planta, atmosfera de 142.5 mm en el requerimiento hídrico del ciclo comercial, en el uso del tratamiento 1 que está conformado por láminas de riego determinadas por un lisímetro de drenaje, ya que este permite la información directa del agua total que se requiere (Jiménez, 2016).

Villalobos, et al. (2005) en un estudio realizado pudieron determinar los coeficientes en el desarrollo del cultivo de brócoli bajo condiciones de riego por goteo, en el cual produjeron la variedad Patriot con el diseño de doble hilera por surcos separados a 1 m, y una distancia de 25 cm entre hileras y entre plantas de 30 cm. Realizaron seis tratamientos con cuatro repeticiones: 1) Acolchado plástico a 28 kPa, 2) Seco a 45kPa, 3) Semiseco a 36 kPa, 4) Medio a 28 kPa, 5) Semihúmedo a 20 kPa y 6) Húmedo a 12 kPa de tensión de humedad del suelo. En los cuales el coeficiente de desarrollo fueron



0.25; 0.38; 0.68; 0.84 y 0.77 para los días después del trasplante a 20, 45, 60, 88 y 98 días.

En la aplicación de distintos sistemas de riego en un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamiento y cuatro repeticiones los cuales los sistemas de riego son: goteo superficial, goteo subsuperficial, aspersión convencional y micro aspersión. Se estudiaron los siguientes factores: Diámetro de inflorescencia (DI), productividad comercial de inflorescencia (PCI) y productividad de agua (PA) y el rendimiento de estos sistemas fueron determinados por coeficiente de uniformidad Christiansen para lo cual estos rendimientos fueron directamente proporcionados a los factores estudiados. El que tuvo mayor productividad en relación con los demás fue el de goteo subsuperficial con valores de DI:  $19.5 \pm 0,42$  cm, PCI  $12.3 \pm 0.56$  t ha<sup>-1</sup> y PA  $5.2 \pm 0.20$  kg m<sup>-3</sup> (Geisenhoff, et al., 2015).

### *1.3. Características fundamentales*

#### *1.3.1. Riego*

El riego es un aporte de agua a la tierra que puede ser por diferentes métodos los cuales facilitan y mejoran el desarrollo de las plantas. Este es aplicado en todo el mundo donde no proveen suficiente humedad al suelo por lo tanto en las zonas secas se debe regar desde el momento en que se siembra o también puede ser por establecer cultivos de regadío, en zonas que son irregularmente pluviosas, se utilizan en los ciclos de sequía para así no perder el cultivo y aumentar el rendimiento de estas. Este método a tenido buenos resultados por lo que se ha incrementado la extensión de tierras cultivables en todo el mundo (Pereira, et al., 2010).

- *Riego por goteo*

INTA (2015) indica que el riego por goteo es el método que se utiliza con mayor éxito en distintos países ya que suministra pequeñas cantidades de humedad localizada a la raíz de cada planta por medio de una red de tubos o cintas de plástico, además también existe una mínima pérdida de agua ya sea por filtración o por la evaporación. Se utiliza para cultivos que se produzcan en zonas secas o zonas húmedas, los goteros pueden

encontrarse ya sea integrados en la propia tubería o pueden ser de botón los cuales se les coloca de forma manual que se pinchan en la tubería a una leve presión. En cuanto a económico los más baratos son los goteros integrados no auto compensado.

### 1.3.2. Cultivo de Brócoli

El cultivo de brócoli posee un valor nutritivo alto, ya que posee vitaminas A, B6, C, carbohidratos, proteínas, ácido ascórbico, flavonoides, entre otros. (Tabla 1). Por otro lado, mediante trabajos publicados los componentes de esta hortaliza son beneficiosos para una mejor salud, así como también ayuda reduciendo algunos tipos de enfermedades como son cáncer, anemia y diabetes (Matey, 2020).

**Tabla 1.**

*Composición nutricional de 100 g de una porción comestible de brócoli según INCAP Y OPS (2007).*

Nutriente	Valor
Agua (%)	89.30
Energía (kcal)	34
Proteína (g)	2.82
Grasa (g)	0.37
Carbohidrato (g)	6.64
Fibra (g)	2.60
Ca (mg)	47
P (mg)	66
Fe (mg)	0.73
Na (mg)	27
K (mg)	316
Vitamina A (mcg)	31
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.64
Ácido ascórbico (mg)	93.2
Vitamina B6 (mg)	0.17
Vitamina C (mg)	65

**Nota:***Kcal: Kilocalorías**g: gramos**mg: miligramos**mcg: microgramos***1.3.3. Descripción taxonómica**

El brócoli es una hortaliza perteneciente a la familia Brassicaceae, la descripción en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Clasificación taxonómica según Acosta, Martínez, Cerdá, Ferrández y Núñez (2018).*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta (Fanerógama)
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae (crucíferas)
Género	Brassica
Especie	Oleracea
Subespecie	Brassica oleracea var. Italica

**1.3.4. Morfología de la planta**

Escobar (2003) indica las características del brócoli que es una planta anual herbácea, de hábito de crecimiento con una altura alrededor de 70 cm.

- **Sistema radicular:** Es pivotante que cuenta con raíces secundarias y superficiales.
- **Tallo:** Es suculento por lo que no posee ramificaciones.

- **Hojas:** Tiene una amplia lámina foliar, hojas dentadas que son cerosas, tienen un color verde oscuro, con entre nudos cortos y son los que dan forma de roseta a la planta.
- **Inflorescencia:** Son pedicelos largos con yemas florales verdes y forman la pella que sea compacta y abierta.
- **Flores:** El tipo de flores son perfectas y actinomorfas de color amarillo.

### 1.3.5. Híbrido Avenger

Sakata (2016) indica que el híbrido Avenger, lidera el mercado ya que tiene una amplia adaptación y consistentes rendimientos. Esta variedad tiene la cabeza bien formada, el grano es fino, pero con gran peso. Las características se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.**  
*Características del híbrido avenger*

Altura de la planta	Grande
Días a la cosecha	100 a 110
Color de la cabeza	Azul verdoso
Características de la pella	Domo bien formado
Tamaño del grano	Muy pequeño

## **1.4. Objetivos**

### *1.4.1. Objetivo General*

Determinar la producción en diferentes densidades de plantación de brócoli (*Brassica oleracea var. Avenger*) con aplicación de riego por goteo.

### *1.4.2. Objetivos Específicos*

- Evaluar las características agronómicas de las distancias de plantación en la producción de brócoli.
- Determinar el volumen de agua por metro cuadrado.
- Establecer la mejor producción de brócoli en base a la distancia del gotero.

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### **2.1. Ubicación del ensayo**

El trabajo de investigación se realizó en la parroquia de Izamba, que se encuentra en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con coordenadas geográficas 01°12'13'' latitud Sur y 78°35'38'' longitud Oeste. La cual se encuentra a una altura de 2626 msnm (Sistema de posicionamiento global, GPS).

#### **2.2. Características del lugar**

Esta investigación se realizó en condiciones de campo ya que el cultivo del brócoli no necesita condiciones de ambiente controladas bajo invernadero.

##### *2.2.1. Características climáticas*

Anuario de Recursos Hídricos y Conservación Ambiental (2017) indica que la parroquia de Izamba tiene un clima clasificado como “ecuatorial mesotérmico seco y semihúmedo”. En cuanto a la precipitación oscila en los valores comprendidos entre 250 y 750 mm anuales, mismo que dependen de la temporada y posee una temperatura entre 10 – 16 °C, además cuenta con una humedad relativa entre 65.97 a 89.83 % y con una velocidad de viento que oscila entre 1.12 – 2.61 m/s

##### *2.2.2. Características del suelo*

En el sector de Izamba la textura de suelo que predomina es franco arcilloso, además son ricos en materia orgánica y de fácil drenaje, cuenta con un pH de 5.8 a 6.8 y un 80% de sus suelos son destinados a la producción agrícola (Paredes, 2009).

##### *2.2.3. Características del Agua*

El agua de riego que el sector de La Unión proviene del canal Latacunga - Salcedo - Ambato. El canal conduce de 4 a 7 m<sup>3</sup>/s de agua para regar alrededor de 8 300 ha (El Universo, 2010). Los contaminantes existentes en el agua del canal de riego son:

cadmio, plomo, coliformes totales, y coliformes fecales ya que estos llegan a sobrepasar los límites máximos, en cuanto a los aspectos sobre el color, turbidez, sólidos disueltos, dureza total, cloruros, sodio, cromo VI, y boro estos no sobrepasan los límites, por lo tanto, se puede decir que no se consideran contaminantes para el canal de riego (Taípe y Chiliquinga, 2013).

## **2.3. Materiales y equipos**

### *2.3.1. Materiales*

- Bandejas de germinación
- Sustrato Hawita
- Semillas de brócoli (variedad avenger)
- Abono gallinaza
- Moto bomba  $\frac{3}{4}$  Hp (eléctrica 110 v)
- Tubería de PVC 1  $\frac{1}{2}$  pulgada
- Tubería ciega de 16mm
- Conectores de 16mm
- Goteros 1.1 L/h
- Nitrato de amonio
- Muriato de potasio
- Fosfato diamónico
- Alambre

### *2.3.2. Equipos*

- Probeta
- Flexómetro
- Balanza
- Cronómetro
- Vasos plásticos

## 2.4. Factores de estudio

### 2.4.1. Distancia de plantación

A1= 0.30 x 0.30 m

A2= 0.40 x 0.40 m

A3= 0.50 x 0.50 m

## 2.5. Tratamientos

Se aplicó distintos tratamientos teniendo en cuenta los factores de distanciamiento.

**Tabla 4.**

*Descripción de tratamientos utilizados en el ensayo.*

TRATAMIENTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	A1	0.30 m entre plantas e hileras
2	A1	0.40 m entre plantas e hileras
3	A3	0.50 m entre plantas e hileras

## 2.6. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es el de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Para el procesamiento de información se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

## 2.7. Características del ensayo

### 2.7.1. Características de la parcela

Ancho	8 m
Largo	30 m
Caminos	120 m
Área total	360 m <sup>2</sup>
Área de plantación	240 m <sup>2</sup>
Número total de plantas	1175



### 2.7.2. Esquema de la parcela

#### Gráfico 1.

*Distribución de los tratamientos en la parcela*

REPETICIONES		
I	II	III
A1R1	A1R2	A1R3
A2R1	A2R2	A2R3
A3R1	A3R2	A3R3

## 2.8. Hipótesis

**H1:** Las distancias de plantación influyen en el tamaño y peso de la pella.

## 2.9. Manejo del ensayo

### 2.9.1. Siembra

Se colocó el sustrato en las bandejas de germinación, para luego sembrar de forma manual 1 semilla en cada alvéolo.

### 2.9.2. Preparación del terreno

Se midió el terreno con dimensiones de 30 m de largo y 8 m de ancho para luego realizar las siguientes practicas:

De forma manual se procedió a realizar una roturación del suelo, con ayuda de un azadón se logró profundizar entre 30 y 40 cm, permitiendo así una mejor aireación y filtración del agua.

Nivelación: Se realizó de manera manual con rastrillos para disponer de una pendiente uniforme con relación a las cintas de goteo.

### *2.9.3 Instalación del riego por goteo*

Procedimos a ubicar la tubería principal de PVC de 1 ½ pulgada que tiene 8 metros para luego instalar la tubería ciega de 16 mm y a insertar los goteros de 1.1 L/h a distancias de 0.30 m, 0.40 m y 0.50 m.

### *2.9.4. Plantación*

Una vez que se encontraron tendidas las líneas de goteo y dada la forma a las parcelas para los respectivos tratamientos se realizó el trasplante. Para esto tuvimos diferentes espaciamientos de siembra que la primera es de: 0.30 m entre planta y 0.30 m entre hilera que nos da 500 plantas en este tratamiento, la segunda de: 0.40 m entre planta y 0.40 m entre hilera dándonos así 375 plantas y la tercera es de 0.40 m entre planta y 0.40 m entre hilera con 300 plantas por tratamiento.

### *2.9.5. Control fitosanitario*

Para controlar el ataque de pulgón (Aphididae) se realizó aplicaciones de Cypermetrina en dosis de 20 cc/ 20 L de agua, la cual fue aplicada con una bomba de mochila

### *2.9.6. Fertilización*

Como fertilizantes se aplicó 3g por planta de la mezcla de los siguientes productos Nitrato de amonio, Muriato de potasio y Fosfato diamónico la cual fue colocada a los 25 y 45 días después de la plantación.

### *2.9.7. Aporque*

Se realizó el primer aporque a los 25 días y el segundo a los 45 días que se colocó el fertilizante respectivamente, esto con ayuda de una azadilla.

### *2.9.8. Cosecha*

La cosecha se realizó a los 85 días contabilizando desde la fecha de trasplante, esta fue realizada de forma manual con ayuda de un cuchillo con el fin de retirar la pella de la mejor manera.

## **2.10. Variables respuesta**

### *2.10.1. Altura de planta*

Se tomó la medida con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta la parte superior de la pella de 9 plantas tomadas al azar al momento de la cosecha, los valores están expresados en cm.

### *2.10.2. Diámetro de la pella*

En esta variable se realizó la toma de datos con ayuda del flexómetro, la medida del diámetro ecuatorial de la pella fue tomada a los 30 días, 60 días y al momento de la cosecha de 9 plantas tomadas al azar.

### *2.10.3. Peso de la pella*

El peso se obtuvo al momento de la cosecha con ayuda de la balanza la cual nos proporcionó un valor expresado en gramos de 9 plantas tomadas al azar.

### *2.10.4. Rendimiento*

Una vez obtenido el peso de las pellas a la madurez comercial en gramos se procedió a expresarlas en kg/ha y luego transformado a Tm/ha.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y discusión de resultados

##### 3.1.1. Altura de planta a la cosecha

El análisis de varianza en la variable de altura de planta en la cosecha (Anexo 16) presento una diferencia estadística del valor  $p= 0.0217$  con el coeficiente de variación de 2.55%.

Se aplicó la prueba de Tukey al 5% para la altura de planta, donde se obtuvo dos rangos relacionados a los tratamientos realizados (Tabla 5), para lo cual están ordenados descendentemente, para así poder apreciar que el tratamiento A2 sobresale con una media de 35.03 cm, que pertenece al tratamiento de distanciamiento de siembra a 0.40 x 0.40 m (Rango A) con esto queda demostrado que tiene mayor altura de planta, mientras que el tratamiento A3 pertenece al segundo puesto (Rango A B) con distanciamiento de siembra de 0.50 x 0.50 m, con una media de 32.78 cm, por otro lado el que tiene una menor altura es al A1 en el Rango B, obteniendo una media de 32.38 cm, demostrando así que este tiene la menor altura de planta en un distanciamiento de siembra de 0.30 x 0.30 m. De acuerdo Jaramillo y Díaz (2006) señalan en su investigación que una altura adecuada del cultivo está entre los 20 a 50 cm, por lo tanto, en los tres tratamientos se pudo observar que están dentro del rango.

**Tabla 5.**

*Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta.*

TRATAMIENTOS	Medias (cm)	Tukey
A2	35.03	A
A3	32.78	A      B
A1	32.38	B

### 3.1.2. Diámetro de la pella a los 30 días después del trasplante

En esta variable se pudo evidenciar que a los 30 días después de haber realizado el trasplante no se pudo observar la formación de la pella, por lo tanto, no se pudo analizar esta variable.

### 3.1.3. Diámetro de la pella a los 60 días después del trasplante

El análisis de varianza de la variable diámetro de la pella a los 60 días después del trasplante se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 13) el valor p que se obtuvo es de 0.0217, en donde el coeficiente de variación es 11.43%.

La prueba de rango Tukey al 5%, se observa dos rangos de significación, destacándose los tratamientos A3 y A2, alcanzando el mayor diámetro de la pella con medias de 2.89 cm y 2.49 cm respectivamente; matemática el tratamiento A1 presentó el menor diámetro de la pella con 1.82 cm. (Tabla 6).

**Tabla 6.**

*Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de la pella a los 60 días después del trasplante.*

TRATAMIENTOS	Medias (cm)	Tukey
A3	2.89	A
A2	2.49	A      B
A1	1.82	B

### 3.1.4. Diámetro de la pella a la cosecha

El análisis de varianza indica que existe una diferencia significativa al 1% en la variable diámetro de la pella a la cosecha (Anexo 14), pues el valor p obtenido es igual a 0,0041 en donde el coeficiente de variación (CV) es de 5.84%.

Realizada la prueba de Tukey al 5% en la variable diámetro de la pella en la cosecha (Tabla 7), nos muestra dos rangos, en el primero puesto (Rango A) se encuentran los

tratamiento A3 y A2, donde las medidas son de 22.76 y 21.94 cm respectivamente, mientras que en último puesto (Rango B) se encuentra A1 con un diámetro de 16 cm por presentar un diámetro significativamente menor a los dos primeros.

**Tabla 7.**

*Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de la pella a la cosecha después del trasplante.*

TRATAMIENTOS	Medias (cm)	Tukey
A3	22.76	A
A2	21.94	A
A1	16.00	B

En la investigación realizada pudimos apreciar que el diámetro de la pella a distintas densidades varían por lo cual se encontró dos clases de pella, la cual A1 pertenece a la escala mediana y A3 con A2 se encuentran en la escala de pella grande según Bustos (2006) ya que señala que el tamaño de pella se clasifica en la siguiente escala: Pella pequeña con diámetro de 5 – 10 cm, Pella mediana consta con un diámetro de 10 – 20 cm y Pella grande con el diámetro de 20 cm en adelante. Por otro lado Benavides (2013) en su investigación realizada en adaptabilidad de híbridos y variedades de brócoli ubicado en Lamas Perú, analizaron los diámetros de promedio de la pella están entre los 20.10 y 25.16 cm.

### *3.1.5. Peso de la pella*

Se realizó el análisis de varianza para la variable de peso de la pella (Anexo 15) y se observa diferencias significativas con el valor  $p = 0.0002$  y con un coeficiente de variación de 6.10%. Por lo que significa que los tratamientos usados repercuten en el peso de la pella.

La comparación de medias del peso de la pella a la cosecha se las realizo por Tukey al 5% la cual nos expone los siguientes resultados. El tratamiento con mayor peso de pella y resultando en primer lugar (Rango A) es A1 con un distanciamiento de 0.50 x 0.50 m con una media de 1399 g, por otra parte, en segundo lugar (Rango B) se encuentra A2 con el distanciamiento de 0.40 x 0.40 m teniendo como media 1047.44

g, y finalmente en tercer lugar (Rango C) se encuentra A1 que pertenece al distanciamiento de 0.30 x 0.30 m con la media de 539.45 g.

Zamora (2014) en su estudio realizado bajo las condiciones ambientales de la ciudad de Ambato se encontró el peso de las pellas entre 420 y 727 g, este peso fue bajo la producción de fúlvicos y de ácidos húmicos mientras que en el estudio realizado en el cantón Riobamba los pesos del brócoli son de 506 y 405 g (Arteaga, 2011). Dentro de la investigación realizada se obtuvo diferentes pesos de los cuales solo el tratamiento A1 se encuentra entre los rango mencionados por los autores antes indicados. Sin embargo, Angelfire (2005) señaló que el peso del brócoli puede llegar a 1.500 g y una media de 300g teniendo en cuenta que la investigación realizada los tratamientos A3 y A2 están entre el peso mencionado.

**Tabla 8.**

*Prueba de Tukey al 5% para el peso de la pella a la cosecha (g).*

TRATAMIENTOS	Medias (g)	Tukey
A3	1399	A
A2	1047.44	B
A1	539.45	C

### 3.1.6. Rendimiento

Se realizó los cálculos correspondientes para obtener los datos de rendimiento de producción en los diferentes tratamientos de los cuales resulto como mejor rendimiento el tratamiento A2 con distanciamientos de 0.40 x 0.40 m y con la producción de 40588.33 Kg/ha, transformado a 40.59 Tm/ha. Sin embargo, el que resulto un bajo rendimiento es el de A3 (0.50 x 0.50 m) con 34695.29 Kg/ha o 34.69 Tm/ha.

**Tabla 9.**  
*Rendimiento de la producción de brócoli.*

TRATAMIENTO	PESO MEDIA	MEDIA TOTAL	N° PLANTAS/ha	g/m <sup>2</sup>	kg/ha	Tm/ha
	587.74					
A1	588.36	539.45	68800	3711.43	37114.29	37.11
	442.26					
	1019.92					
A2	1074.16	1047.44	38750	4058.83	40588.33	40.59
	1048.24					
	1492.01					
A3	1398.96	1399.00	24800	3469.53	34695.29	34.69
	1306.04					

### 3.1.7. Toma de datos de los goteros

Una vez tomado los datos de los goteros por el lapso de 10 minutos se realizó la relación a 1 hora para poder sacar el valor del agua aportada en litros por metro cuadrado.

**Tabla 10.**  
*Datos de los goteros.*

Tratamiento	Repetición			Media
	I	II	III	
	L/h			
A1	1.08	1.09	1.11	1.094
A2	1.07	1.08	1.10	1.084
A3	1.06	1.07	1.09	1.086



**Tabla 11.***Datos de agua por 25 riegos.*

<b>Tratamiento</b>	<b>25 Riegos (L)</b>
A1	27.35
A2	27.10
A3	26.90

**Tabla 12.***Volumen de agua en el tratamiento A1.*

Área de planta	0.09 m <sup>2</sup>
Largo	10 m
Ancho de cama	1.5 m
Área de la cama	15 m <sup>2</sup>
Nº de plantas	166.6
Nº riegos	25
Goteros por m <sup>2</sup>	11.1
Volumen de agua por m <sup>2</sup>	303.59 L/m <sup>2</sup>
Volumen de agua por parcela	4553.85 L/15m <sup>2</sup>

**Tabla 13.***Volumen de agua en el tratamiento A2.*

Área de planta	0.16 m <sup>2</sup>
Largo	10 m
Ancho de cama	2 m
Área de la cama	20 m <sup>2</sup>
Nº de plantas	125
Nº riegos	25
Goteros por m <sup>2</sup>	6.25
Volumen de agua por m <sup>2</sup>	169.38 L/m <sup>2</sup>
Volumen de agua por parcela	3387.60 L/20m <sup>2</sup>

**Tabla 14.***Volumen de agua en el tratamiento A3.*

Área de planta	0.25 m <sup>2</sup>
Largo	10 m
Ancho de cama	2.5 m
Área de la cama	25 m <sup>2</sup>
Nº de plantas	100
Nº riegos	25
Gotos por m <sup>2</sup>	4
Volumen de agua por m <sup>2</sup>	107.6 L/m <sup>2</sup>
Volumen de agua por parcela	2690.0 L/25m <sup>2</sup>

Se analizó el agua aportada en los distintos tratamientos y se obtuvo que el mayor consumo de agua en metro cuadrado por producción es de 303.59 L/m<sup>2</sup> y por tratamiento es de 4553.85 L/15m<sup>2</sup> es el A1, mientras que el A3 tiene el menor consumo de agua por metro cuadrado con el 6.78 L/m<sup>2</sup>, por otro lado, el A2 tiene un consumo de agua es de 169.38 L/m<sup>2</sup> y por tratamiento 3387.60 L/20m<sup>2</sup>. Mientras que el menor consumo de agua por metro cuadrado es el A3 con un 4.30 L/m<sup>2</sup> y por tratamiento es de 2690.0 L/25m<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

Una vez terminada la investigación “DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Avenger*) CON APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEO” se concluye lo siguiente:

- Mediante la investigación realizada se obtuvieron datos de los diferentes tratamientos con las características agronómicas que son altura de planta, diámetro de pella y peso de pella, para lo cual en el tratamiento A1, A2 y A3 se obtuvo los datos de altura de planta de 32.38, 35.03 y 32.78 cm respectivamente, en el diámetro de la pella a la cosecha es de 16, 21.94 y 22.76 cm respectivamente y finalmente el peso de la pella se obtuvo los datos 539.45, 1047.44 y 1399 g respectivamente a los tratamientos.
- Se determinó el volumen de agua de metro cuadrado por producción en los tratamientos y se obtuvo un mayor consumo en el A1 (0.30 x 0.30 m) con un volumen de 303.59 L/m<sup>2</sup>, mientras que el tratamiento A2 (0.40 x 0.40 m) tiene 169.38 L/m<sup>2</sup>, mientras que el menor consumo de volumen de agua por metro cuadrado durante la producción es A3 (0.50 x 0.50 m) con un 107.6 L/m<sup>2</sup>.
- Podemos concluir que el tratamiento que resulto con un mejor rendimiento de producción es el A2 que cuenta con un distanciamiento de 0.40 x 0.40 m el cual cuenta con un 40588.33 Kg/ha, transformado a 40.59 Tm/ha en el sector de Izamba.

#### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda tomar en cuenta en primer lugar la humedad del suelo al momento de realizar el trasplante de las plántulas para que tenga un mejor prendimiento conjunto a la oxigenación.
- Se recomienda utilizar distancias entre hileras con más espaciamiento ya que en la de 0.30 m entre hieleras se complica al rato del aporque o deshierba cuando la planta esta grande.
- Se recomienda cultivar a una distancias de 0.40 x 0.40 m puesto que el espacio nos permite un trabajo moderado y el desarrollo de la planta es bueno y se tiene un mejor rendimiento de producción.

## MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

### Bibliografía

- Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Ferrández, B. y Núñez, E. (2018). *Alimentos de la región de murcia: brócoli*. 7. <https://n9.cl/nyoj>
- Angelfire. (2005). Cultivo de Brócoli. Angelfire. <https://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/brocoli.htm#inicio>
- Arteaga, M. (2011). *Aclimatación de 12 híbridos de brócoli (Brassica oleracea. L. Var. Itálica) en el Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo*. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. 95.
- Benavides, S. (2013). *Estudio comparativo de Adaptabilidad de cinco híbridos y una variedad en la producción del cultivo de brócoli (Brassica oleracea L.) bajo condiciones agroecológicas del Distrito de Lamas*. [Universidad Nacional de San Martín]. 35-40.
- Bustos, M. (2006). *Manual técnico Agropecuario. Tecnología apropiada de producción*. Gráficas Ulloa.
- Corrales, P. (2017). *Programación de riego para los híbridos domador y avenger de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica)*. [Universidad Técnica de Ambato]. Cevallos, Ecuador, 37.
- Duque, P. y Murillo, A. (2021). *Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador*. Revista Tecnológica-ESPOL, 33(3), 181-201.
- El Universo. (2010). *Contaminación del canal y daño de cultivos en dos provincias*. [www.eluniverso.com/2010/03/12/1447/contaminacioncanaldañoprovincias.html](http://www.eluniverso.com/2010/03/12/1447/contaminacioncanaldañoprovincias.html).
- Geisenhoff, O. et al. (2015). *Productividad del brócoli bajo diferentes sistemas 38 de irrigación*. Revista Engenharia Agrícola ,4430. Brasil. 863–874.

- Gómez, R. (2016). *Empresas y productores de brócoli, generan alrededor de 19 mil plazas de trabajo, tanto directas como indirectas en Cotopaxi*. Cotopaxi, Ecuador.
- INCAP & OPS (2007). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala: INCAP/OPS. 2da Edición.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2015). *Riego por goteo*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_por\\_goteo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf).
- Jaramillo, J. y Díaz, C. (2006). *El Cultivo de las Crucíferas*. *Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria*, 1–176.
- Jiménez, R. (2016). *Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de brócoli (Brassica oleracea. L. Var. Avenger) bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo*. [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. Riobamba, 124.
- Matey, P. (2020). *La ciencia descubre un nuevo beneficio del brócoli*. <https://n9.cl/faqi2>
- Montalvo, F. (2014). *Evaluación de cuatro distanciamientos de siembra en el desarrollo y producción de dos variedades del Brócoli (brassica oleracea l.) en el cantón Ibarra provincia de Imbabura* [Universidad Técnica de Babahoyo], 42. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/633/T-UTB-FACIAG-AGR000107.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Paredes, E. (2009). *Estudios de cultivos agrícolas no tradicionales de exportación*. <http://www.mag.gov.ec//incca/cultivosexportacion20nacvional.doc/producto/nitratopotasio.htm>.
- Pereira, L., Valero, J., Picornell, M. y Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*. [http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/El\\_Riego\\_y\\_sus\\_Tecnologias.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf)

- Rocha, J. y Cisneros, Y. (2019). *La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional*. Acta universitaria, 29.
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F. y Freire, C. (2020). *Producción de brócoli en Ecuador*. Universidad Técnica de Ambato.
- Santillan, J. (2021). *Comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra en el centro experimental "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz"* [Universidad Agraria Del Ecuador], 26-28. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTILLAN%20FREIRE%20JHONNY%20ARON.pdf>
- Taipe, C. y Chilibingua, V. (2013). Determinación de los contaminantes presentes en las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato; tramo ceasa utc, periodo 2013. [Universidad Técnica de Cotopaxi], 18. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2740/1/T-UTC-00277.pdf>
- Valdez, Á., Mantilla. D., Mena. J. y Cueva. S. (2017). *Anuario Meteorológico. Recursos Hídricos y Conservación Ambiental*.
- Zamora, E. (2016). *El cultivo del brócoli*. Serie guías-producción de hortalizas. Universidad de Sonora.

## Anexos

### Anexo 1.

*Siembra en bandejas*



### Anexo 2.

*Preparación de terreno*



### Anexo 3.

*Incorporación de abono*





**Anexo 4.**

*Colocación de líneas de goteo*

**Anexo 5.**

*Trasplante de plántulas*

**Anexo 6.**

*Fumigación de la plantación de brócoli*



**Anexo 7.**

*Toma de datos de los goteros*

**Anexo 8.**

*Colocación de rótulos a los tratamientos*

**Anexo 9.**

*Pella a los 60 días después del trasplante*



**Anexo 10.**

*Toma de datos del diámetro a la cosecha*

**Anexo 11.**

*Toma de datos de altura de la planta a la cosecha*

**Anexo 12.**

*Pella del Brócoli*



**Anexo 13.**

*Análisis de varianza para la variable diámetro de la pella 60 días.*

**DIAMETRO 60 DIAS**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO 60 DIAS			9	0,87 0,74 11,43

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,97	4	0,49	6,56	0,0479
BLOQUES	0,23	2	0,12	1,54	0,3184
TRATAMIENTOS	1,74	2	0,87	11,57	0,0217
Error	0,30	4	0,08		
Total	2,28	8			

**Anexo 14.**

*Análisis de varianza para la variable diámetro a la cosecha.*

**DIAMETRO COSECHA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO COSECHA			9	0,94 0,87 5,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82,91	4	20,73	14,87	0,0114
BLOQUES	1,19	2	0,60	0,43	0,6789
TRATAMIENTOS	81,72	2	40,86	29,32	0,0041
Error	5,57	4	1,39		
Total	88,49	8			

**Anexo 15.**

*Análisis de varianza para la variable peso de la pella.*

**PESO PELLA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO PELLA	9	0,99	0,97	6,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1138644,49	4	284661,12	77,13	0,0005
BLOQUES	18171,05	2	9085,53	2,46	0,2009
TRATAMIENTOS	1120473,43	2	560236,72	151,79	0,0002
Error	14763,33	4	3690,83		
Total	1153407,81	8			

**Anexo 16.**

*Análisis de varianza para la variable altura de planta.*

**ALTURA PLANTA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA PLANTA	9	0,81	0,63	2,55

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12,62	4	3,15	4,37	0,0912
BLOQUES	0,37	2	0,19	0,26	0,7848
TRATAMIENTOS	12,25	2	6,12	8,48	0,0364
Error	2,89	4	0,72		
Total	15,51	8			

**Anexo 17.***Toma de datos del diámetro de la pella a los 60 días.*

Tratamientos	Repeticiones			Suma	Media
	I	II	III		
	Cm				
A1	1,97	1,74	1,76	5,47	1,82
A2	2,21	2,43	2,83	7,47	2,49
A3	2,99	2,46	3,22	8,67	2,89

**Anexo 18.***Toma de datos del diámetro a la cosecha.*

Tratamientos	Repeticiones			Suma	Media
	I	II	III		
	Cm				
A1	17,86	14,96	15,17	47,99	16,00
A2	21,17	22,73	21,93	65,83	21,9
A3	23,04	22,93	22,3	68,27	22,8

**Anexo 19.***Toma de datos del peso de la pella a la cosecha.*

Tratamientos	Repeticiones			Suma	Media
	I	II	III		
	Cm				
A1	587,74	588,36	442,26	1618,36	539,452
A2	1019,92	1074,16	1048,24	3142,32	1047,441
A3	1492,01	1398,96	1306,04	4197,01	1399,004

**Anexo 20.***Toma de datos de la altura de planta a la cosecha.*

Tratamientos	Repeticiones			Suma	Media
	I	II	III		
	Cm				
A1	33,56	31,31	32,26	97,12	32,374
A2	34,46	35,34	35,28	105,08	35,026
A3	33,00	32,94	32,39	98,33	32,778