

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA LOS HÍBRIDOS DOMADOR Y  
AVENGER DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica*).”

Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado  
de Ingeniero Agrónomo

**AUTOR:**

PAÚL ANDRÉS CORRALES GUTIÉRREZ

**TUTOR:**

ING. ALBERTO C. GUTIÉRREZ A.

**CEVALLOS**

**2017**

“El suscrito, PAÚL ANDRÉS CORRALES GUTIÉRREZ, portador de cédula de identidad número: 180401193-8, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA LOS HÍBRIDOS DOMADOR Y AVENGER DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea var. Itálica*).” es original, autentico 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”.

---

Paúl Andrés Corrales Gutiérrez

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA LOS HÍBRIDOS DOMADOR Y AVENGER DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica*).” 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”.

-----  
Paúl Andrés Corrales Gutiérrez

“PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA LOS HÍBRIDOS DOMADOR Y AVENGER DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var. Itálica).”

**REVISADO POR:**

---

Ing. Mg. Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán  
TUTOR

---

Ing. Mg. Luciano Valle Velasteguí  
ASESOR DE BIOMETRÍA

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**

**FECHA**

---

Ing. Mg. Hernán Zurita  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**

---

Ing. Mg. Luciano Valle Velasteguí  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

---

Ing. Mg. Eduardo Cruz Tobar.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi reconocimiento a la Universidad Técnica de Ambato, de manera muy especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por haberme acogido en sus aulas del saber, las mismas que sirvieron para enriquecer mis conocimientos, y brindarme un futuro profesional que será parte de mi vida y cumplir con mi más anhelada meta que es mi carrera profesional de Ingeniero Agrónomo.

A mi tutor Ing. Agr. Alberto Gutiérrez A. Mg. quién me brindó todo su apoyo y conocimientos para culminar la investigación, como también a los Ing. Mg. Luciano Valle. Asesor de Biometría e Ing. Mg. Daysi Guevara. Asesora de Redacción Técnica quienes supieron en su determinado momento asesorarme para que los resultados alcanzados en el trabajo de investigación sean fructíferos.

A todos mis compañeros de aula con quienes compartimos gratos momentos durante los semestres de estudio.

A todos un gracias.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico al ser supremo mi Dios.

A mi hija Paula Emilia y mi esposa Paola, por permanecer junto a mi cada instante las amo.

A mí querida sobrina Sofía con todo amor y cariño.

A mis primos y mi hermana, por ser un apoyo incondicional.

A mis tíos, por sus enseñanzas de vida y el respeto a los demás

A mis padres que me dieron la vida, con gratas enseñanzas de mi madre que siempre supo guiarme con amor y cariño.

A mis padres de vida, mi tía Nancy y mi tío Alberto por saber guiarme, y corregirme en cada paso de mi vida, con amor, cariño y sobre todo con respeto, han conseguido en mí una gratitud eterna.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	3
MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	3
2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.2.1. PROGRAMACIÓN DE RIEGO.....	6
2.2.2. CRECIMIENTO VEGETAL Y PRODUCCIÓN.....	13
2.2.3. CULTIVO DE BRÓCOLI.....	17
CAPÍTULO III.....	24
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	24
3.1. HIPÓTESIS .....	24
3.2. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	24
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	24
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	24
3.3. OBJETIVOS.....	24
3.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
CAPÍTULO IV.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO).....	25
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR .....	25
4.2.1. CLIMA.....	25
4.2.2. AGUA.....	25
4.2.3. SUELO.....	26
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES .....	26
4.3.1. EQUIPOS.....	26
4.3.2. MATERIALES.....	26

4.4. FACTORES EN ESTUDIO .....	27
4.5. TRATAMIENTOS .....	28
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
4.7. VARIABLES RESPUESTAS .....	29
4.7.1. ALTURA DEL TALLO DE LA PLANTA.....	29
4.7.2. ÁREA FOLIAR EXPUESTA.....	29
4.7.3. ÁREA FOLIAR FINAL. ....	29
4.7.4. DIÁMETRO ECUATORIAL DE LA PELLA.....	29
4.7.5. CONTENIDO DE NITRÓGENO. ....	29
4.7.6. PESO DE LA PELLA.....	30
4.7.7. RENDIMIENTO.....	30
4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	30
4.8.1. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE SUELO.....	30
4.8.2. PREPARACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL. ....	31
4.8.3. MEDICIÓN DE CAUDALES DE LAS CINTAS DE GOTEO.....	31
4.8.4. TRASPLANTE.....	31
4.8.5. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.....	32
4.8.6. CONTROL DE MALEZAS .....	32
4.8.7. CONTROL DE PLAGAS.....	32
4.8.8. COSECHA.....	32
4.8.9. CÁLCULO DE LA DOSIS DE RIEGO.....	33
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	35
CAPÍTULO V .....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5.1. RESULTADOS. ....	36
5.2. DISCUSIÓN.....	44
CAPÍTULO VI.....	45
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS .....	45
6.1. CONCLUSIONES.....	45
6.2. BIBLIOGRAFÍA.....	46



6.3. ANEXOS .....	51
CAPÍTULO VII .....	59
PROPUESTA .....	59
7.1 TITULO.....	59
7.2. DATOS INFORMATIVOS.....	59
7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	59
7.4. JUSTIFICACIÓN.....	59
7.5. OBJETIVO .....	60
7.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	60
7.7. FUNDAMENTACIÓN .....	60
7.8. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	60
7.8.1. MEDICIÓN DE CAUDALES DE LAS CINTAS DE GOTEO.....	60
7.8.2. PREPARACIÓN DEL SUELO.....	61
7.8.3. ÉPOCA DE SIEMBRA .....	61
7.8.4. TRASPLANTE.....	61
7.8.5. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.....	61
7.8.6. CONTROL DE MALEZAS .....	61
7.8.7. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	62
7.8.8. COSECHA.....	62
7.8.9. COMERCIALIZACIÓN .....	62
7.9. ADMINISTRACIÓN .....	62
7.10. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1. RENDIMIENTO DE BRÓCOLI EN EL ECUADOR .....	16
TABLA 2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA .....	18
TABLA 3. CONTENIDO CALÓRICO Y NUTRICIONAL EN 100g DE BRÓCOLI .....	20
TABLA 4. PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE BRÓCOLI ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> ).....	21
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL HÍBRIDO DOMADOR.....	23
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DEL HÍBRIDO AVENGER .....	23
TABLA 7. TRATAMIENTOS .....	28
TABLA 8. RESULTADOS DE LAS VARIABLES CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	42
TABLA 9. PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA LOS HÍBRIDOS DE BRÓCOLI ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> ) .....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de suelo.....	51
Anexo 2. Datos de la sonda de humedad (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) .....	52
Anexo 3. Altura del tallo (cm) .....	53
Anexo 4. Área foliar 30 días (cm <sup>2</sup> ) .....	53
Anexo 5. Área foliar 45 días (cm <sup>2</sup> ) .....	53
Anexo 6. Área foliar 70 días (cm <sup>2</sup> ) .....	54
Anexo 7. Área foliar a los final (cm <sup>2</sup> ).....	54
Anexo 8. Diámetro de la pella (cm).....	54
Anexo 9. Contenido de Nitrógeno (%) .....	55
Anexo 10. Peso de la pella (kg) .....	55
Anexo 11. Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ).....	55
Anexo 12. Limpieza del terreno.....	56
Anexo 13. Colocación de cintas sobre el terreno.....	56
Anexo 14. Toma de datos de humedad a través de la sonda.....	56
Anexo 15. Fumigación de la plantación del Brócoli.....	57
Anexo 16. Aporque de las plantas de Brócoli.....	57
Anexo 17. Fotografía para determinar área foliar híbrido avenger.....	57
Anexo 18. Fotografía para determinar área foliar híbrido Domador .....	58
Anexo 19. Medición del diámetro de la pella del brócoli .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de brócoli en Ecuador por provincias (%).....	17
--------------------------------------------------------------------	----

## RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación titulado “Programación de riego para los híbridos Domador y Avenger de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*).” se realizó con la finalidad de calcular la dosis de riego correcta para un mayor rendimiento entre los híbridos Domador y Avenger de brócoli en la granja experimental docente Querochaca propiedad de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01° 21´ de latitud Sur y 78° 36´ de longitud Oeste, a una altitud de 2865 metros sobre el nivel del mar.

Se aplicó el diseño de bloques al azar, factorial 2 x 3 con 4 repeticiones, además se realizaron las pruebas de significación de Tukey al 5 % para los tratamientos que resultaron significativos, donde se obtuvieron los siguientes resultados como son: para la variable altura del tallo de la planta, el tratamiento que mejor resultado presentó fue el del híbrido Domador al 100% de riego, el tratamiento con el híbrido Domador al 150% de riego fue el que mejor resultados presentó para las variables, Área foliar expuesta a los 30 días, Diámetro ecuatorial de la pella, Peso de la pella y Rendimiento, para la variable área foliar expuesta a los 45 días el híbrido Domador con dosis de riego al 50% presentó mejores resultados mientras que para las variables Área foliar expuesta a los 70 días, Área foliar final y Contenido de Nitrógeno en la planta el que mejor resultados mostró fue el híbrido Avenger con dosis de riego al 50%, el cálculo de la dosis de riego presentó 40,26 mm de riego para el ciclo de cultivo en los meses realizado el trabajo de investigación con la siguiente programación de riego, 1<sup>ra</sup> semana 1,88 mm, 2<sup>da</sup> semana 5,60 mm, 3<sup>ra</sup> semana 2,60 mm, 7<sup>ma</sup> semana 0,28 mm, 9<sup>na</sup> semana 8,15 mm, 10<sup>ma</sup> semana 3,84 mm, 12<sup>va</sup> semana 12,45 mm y 13<sup>va</sup> semana 5,51 mm, para las semanas 4<sup>ta</sup>, 5<sup>ta</sup>, 6<sup>ta</sup>, 8<sup>va</sup>, 11<sup>va</sup>, no se aplicó riego debido a que las precipitaciones fueron mayores a la cantidad de agua requerida por el cultivo.

**PALABRAS CLAVE:** Programación, Cultivo de Brócoli, Riego, Avenger, Domador, Híbridos.

## SUMMARY

The research work titled "Irrigation scheduling for broccoli Domador and Avenger hybrids (*Brassica oleracea* var. *Italica*)" was carried out with the objective of Calculating the correct irrigation for a higher yield between the broccoli Domador and Avenger hybrids In the Querochaca experimental teaching farm owned by the Technical University of Ambato, Faculty of Agricultural Sciences, located in the Cevallos canton, Tungurahua province. Its geographic coordinates are 01 ° 21 'South latitude and 78 ° 36' West longitude, at an altitude of 2865 meters above sea level.

The random block design was applied, factorial 2 x 3 with 4 repetitions, and Tukey significance tests were performed at 5% for treatments that were significant, where the following results were obtained: Plant stem, the treatment that had the best result was the hybrid of 100% irrigation, the treatment with the hybrid Domador at 150% of irrigation was the one that presented the best results for the variables, Leaf area exposed at 30 days , Equatorial diameter of the pellet, weight of the pellet and yield, for the variable leaf area exposed at 45 days the hybrid Tamer with irrigation dose at 50% presented better results while for the variables Leaf area exposed at 70 days, Final leaf area and Nitrogen content in the plant the best results showed was the Avenger hybrid with 50% irrigation dose, the irrigation dose calculation showed 40.26 mm of irrigation for the crop cycle in the months The research work with the following irrigation schedule, 1st week 1.88 mm, 2nd week 5.60 mm, 3rd week 2.60 mm, 7th week 0.28 mm, 9th week 8.15 mm, 10th week 3, 84 mm, 12 th week 12,45 mm and 13 th week 5.51 mm, for weeks 4, 5, 6, 8, 11, irrigation was not applied because rainfall was greater than the amount of water required by the crop .

**KEYWORDS:** Programming, Cultivation of Broccoli, Irrigation, Avenger, Domador, Hybrid.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento fundamental para el desarrollo de los procesos fisiológicos de todas las plantas. Constituye el medio primario para las reacciones químicas y el movimiento de elementos a través de las diversas partes de las plantas. Este recurso natural es el primer factor que determina el rendimiento de los cultivos; así, un cultivo en estrés hídrico cerrará sus estomas, enrollará sus hojas reduciendo el crecimiento de sus partes afectando notablemente al rendimiento. El objetivo del riego es proveer de agua a los cultivos en cantidad adecuada para evitar daños que repercutan en la disminución del rendimiento. Los productores deben entonces obtener respuestas a los siguientes aspectos: cuánto regar, cuándo regar y cómo regar. (Herrera, 2014).

El riego por goteo consiste en distribuir pequeñas cantidades de agua, a baja presión por medio de una serie de emisores que se localizan a lo largo de una manguera, con un espaciamiento relativamente corto (20 cm). El agua sale lentamente por los goteros (en forma de gotas) a un volumen entre 1 a 2 l h<sup>-1</sup>, dependiendo del diseño del equipo, lo que permite mantener una humedad adecuada permanentemente en la zona radical. Con este método la utilización del agua de riego es altamente eficiente, entre el 85 y el 90 % (Subirós como se citó en Herrera, 2014).

La cantidad de agua removida desde el suelo y la planta se denomina evapotranspiración. Esta agua, debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta. Debe considerarse siempre que la evapotranspiración depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, y de la disponibilidad de agua del suelo.

La evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) puede determinarse a partir de la evapotranspiración potencial, ET<sub>p</sub> (o evapotranspiración del cultivo de referencia), según la expresión.

$$ET_c = ET_p * K_c$$

En donde  $K_c$  es un coeficiente de cultivo, adimensional que varía con el cultivo y su desarrollo vegetativo. Las unidades comunes de medida de  $ET_c$  y  $ET_p$  suelen ser mm/día, mm/mes o mm/ciclo de cultivo. (Jara y Valenzuela, 1998).

Los coeficientes de desarrollo del cultivo ( $K_c$ ) definen la influencia del cultivo sobre la evapotranspiración. Los valores de  $K_c$  sólo se obtienen a través de la experimentación, ya que el crecimiento de la planta está influenciado por las condiciones cambiantes del clima, por las condiciones físicas y químicas en el suelo, por el manejo agronómico, por el método de riego y por la capacidad genética del cultivo. (Villalobos, *et al* 2005).

La programación de riegos se refiere al estudio de cuándo y cuánto regar (frecuencia y cantidad de riego).

Para programar riegos correctamente son necesarias las estimaciones de las necesidades hídricas de los cultivos vegetales, así como la observación del estado hídrico del suelo y de la planta. (Jara y Valenzuela, 1998).



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Defilipis, *et al* (2007), en su trabajo de investigación estudiaron variables de crecimiento a partir del área foliar de *Brassica rapa var. pekinensis*, hakusay. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el crecimiento de plantines de esta hortaliza en contenedores, previo al transplante, a través de variables morfo genéticas y de crecimiento. La biomasa total (PST), el peso seco aéreo (PSA) y el peso seco de raíces (PSR) mostraron una tendencia creciente, particular en cada caso. El área foliar (AF) se incrementó hasta estabilizarse días antes del transplante, momento en el cual se observó el efecto limitante del contenedor. Las variables morfo genéticas: razón de área foliar (RAF) y área foliar específica (AFE) descendieron hasta alcanzar valores casi constantes la semana previa al transplante. Las variables de crecimiento: índice de crecimiento relativo de la planta (ICRP) e índice de crecimiento relativo foliar (ICRF) descendieron, el primero con valores superiores hasta el día 31, hecho que se refleja a través de Gamma (Gf); la tasa absoluta de crecimiento (TAC) se incrementó hasta el día 31 del período y después cayó abruptamente; la tasa de asimilación neta (TAN) creció hasta el día 31 posterior a la siembra para luego caer al final del período. El productor podría decidir el momento del transplante como aquel definido por la detención de la expansión foliar.

Jiménez (2016), estudió los requerimientos hídricos del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*, L. Var. Avenger) bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo mediante la aplicación de un método directo y dos métodos indirectos siendo T1 lámina de riego determinadas por un lisímetro de drenaje, T2 láminas de riego determinadas por el cálculo empírico de la evapotranspiración del cultivo, T3 láminas de riego determinadas por el cálculo de la evapotranspiración de referencia, con el propósito de establecer el mejor método para determinar los requerimientos hídricos, para cada tratamiento se instaló un sistema de riego por goteo autocompensado para evaluar la incidencia de los tratamientos, las frecuencias de riego

para T1 en el periodo de drenaje el lisímetro cesó, mientras que T2 y T3 se trabajó con un abatimiento del 20% de la humedad aprovechable. También se determinan y ajustan los valores de Kc para cada etapa fenológica. Los valores de Kc ajustados fueron: 0,28; 0,69; 0,77 y 0,67 para la etapa inicial, de desarrollo, intermedia y final respectivamente. Según los datos obtenidos se concluye que el mejor método para determinar los requerimientos hídricos de este cultivo, es el lisímetro de drenaje (T1) ya que proporciona información directa del total de agua requerida pues considera la relación agua-suelo-planta-atmosfera presentando un requerimiento hídrico de 142,5 mm en su ciclo comercial.

Villalobos, *et al* (2005), determinaron los coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli en condiciones de riego por goteo para la región central de México. El estudio se realizó en un vertisol. Se trasplantó brócoli cultivar Patriot a doble hilera en surcos separados a 1 m, con una distancia entre hileras de 25 cm y de 30 cm entre plantas. Se tuvieron seis tratamientos de tensión de humedad del suelo en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones: 1) Acolchado plástico a 28 kPa, 2) Seco a 45 kPa, 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. Los coeficientes de desarrollo del cultivo asociados al máximo rendimiento fueron de 0.25, 0.38, 0.68, 0.84, y 0.77 para 20, 45, 60, 88 y 98 días después del trasplante, respectivamente.

López, *et al* (2009), realizaron un estudio en las zonas frías semiáridas para la diversificación de los cultivos por estar limitadas al clima y al suministro de agua disponible, la producción de cultivos de regadío fuera de la temporada no es fácil, debido a las limitaciones climáticas y de mercado. Dicho experimento se llevó a cabo en Albacete, centro de España, para medir el uso del agua (evapotranspiración, ET) de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica* Plenck) plantada a finales de verano y se cosecharon al terminar el otoño. Con la ayuda de un lisímetro se midió la ET de temporada bajo riego por aspersión. El uso consuntivo llegó a 359 mm para un período de 109 días después del trasplante. Se obtuvo el coeficiente de cultivo (Kc) para el brócoli y se comparó con las recomendaciones estándar para las fechas normales de

siembra. Los cálculos de coeficiente del cultivo de los datos ET lisímetro indicaron que la evaporación representó el 31% de la ET de temporada. Un análisis de la variación de los valores diarios de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) en un momento de la cubierta completa sugiere que el uso de un lisímetro con pasto (cultivo de referencia ET), ( $ET_o$ ) fue superior a la utilización de la ecuación Penman-Monteith (ASCE PM) en pasos de tiempo por hora, lo cual a su vez causó una menor variabilidad en  $K_c$  que cuando se utiliza la FAO Penman-56-Monteith (FAO-56 PM) ecuación que se utilizó diariamente para el cálculo de  $ET_o$ . Un experimento adicional destinada a la evaluación de la respuesta en rendimiento al agua de riego aplicada por el método de goteo (siete tratamientos, del 59 al 108% de  $ET_c$ ) genera una función de producción que dio rendimientos máximos de cerca de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  en un nivel de riego de 345 mm y un uso eficiente del agua de  $3,37 \text{ kg/m}^3$ . Se concluye que el cultivo de brócoli en la temporada de otoño es una alternativa viable para la diversificación de cultivos.

Erdem, *et al* (2009), evaluaron el rendimiento y la calidad de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) al agua de riego aplicada y nitrógeno por el método de riego por goteo durante los períodos de cultivo de primavera y otoño del año 2007 en Turquía. El agua de riego se aplicó basándose en el tanque evaporímetro clase A con los siguientes  $K_c = 0,50, 0,75, 1,00$  y  $1,25$  con 7 días de intervalo. Además, el efecto de cuatro niveles de nitrógeno ( $0 \text{ kg ha}^{-1}, 150 \text{ kg ha}^{-1}, 200 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $250 \text{ kg ha}^{-1}$ ) se comparó con cada tratamiento. La evapotranspiración estacional en los tratamientos varió desde 233 mm a 328 mm durante el período de primavera y de 276 mm a 344 mm durante el período de otoño. Se obtuvo el mayor rendimiento de brócoli en el período de primavera  $11,02 \text{ t ha}^{-1}$  y en el período de otoño como  $4,55 \text{ t ha}^{-1}$ . En general, no hubo diferencias estadísticas con lo que el nitrógeno hace con respecto al rendimiento y componentes del rendimiento, mientras que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos y sus componentes entre los regímenes de riego. Se encontró que ambos parámetros de rendimiento y el rendimiento en el período de primavera a ser mayor que la del período de otoño debido a la baja temperatura y altas lluvias en otoño. El riego con respecto a la eficiencia del uso del agua (IWUE) varió de  $3,78 \text{ kg/m}^3$  a la  $14,61 \text{ kg/m}^3$  durante el período de primavera y de  $1,89 \text{ kg/m}^3$  a la  $5,93 \text{ kg/m}^3$  durante el

período de otoño. Por otro lado, la eficiencia del uso del nitrógeno (NUE) cambió como 37, 32-73, 13% y 13,08 a 22,46% para la primavera y otoño, respectivamente.

## **2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. PROGRAMACIÓN DE RIEGO.**

Programar los riegos es un proceso usado para predecir las necesidades de agua de la planta basándose en las mediciones de la cantidad de humedad actual en el suelo y en los datos climatológicos registrados. Los datos actuales de la humedad en el suelo nos permiten establecer las condiciones iniciales, y los datos climatológicos disponibles nos permiten extrapolar hacia el futuro dicha humedad en el suelo. Programar los riegos tiene como objetivo mejorar el manejo del agua de tal manera que solo sea aplicada en el tiempo y en la cantidad necesaria. En regiones en donde existe escasez de agua esto puede dar como resultado una mejora inmediata en el total de la cantidad de producto cosechado al aumentar las áreas de cultivo bajo riego. En regiones en donde existe excedentes de agua puede ayudar a corregir problemas de drenaje los cuales son productos de un exceso en la aplicación del agua. Esta medida también puede ayudar a reducir la pérdida de nutrientes a través de la percolación profunda. La práctica de la programación de los riegos hace un agudo contraste con el proceso de regar de acuerdo con un predeterminado intervalo. (García y Briones, 2007).

#### **- Programación de riego localizado.**

Pizarro (1996), argumenta que toda programación de riego debe responder dos preguntas fundamentales: ¿cuánto regar? y ¿cuándo regar?, es decir, debe permitir conocer las dosis y la frecuencia con la que se va a regar, lo normal es que se haga una programación por anticipado, según las experiencias de los agricultores, luego a lo largo del cultivo los parámetros del riego se van corrigiendo en función a los valores reales durante el ciclo del cultivo: factores climáticos, desarrollo del cultivo, disponibilidad de agua. En la programación de riego lo importante es conseguir una mayor eficacia en el

manejo del agua, lo que en la práctica quiere decir que se consiga el mayor ahorro de agua sin disminuir los rendimientos del cultivo.

Los métodos de programación de riego se pueden diferenciar en tres categorías:

- Parámetros climáticos.
- En función de la humedad del suelo.
- En función de indicadores de estrés hídrico.
  
- **Programación por parámetros climáticos.**

Este método consiste en realizar un balance hídrico en el que se tiene en cuenta, por una parte, las aportaciones de agua de riego y lluvia y, por otra, la demanda de evapotranspiración del cultivo.

Parte fundamental del cálculo es la determinación de la evapotranspiración, esto se lo puede realizar con la ayuda del tanque evaporímetro y un pluviómetro. (Pizarro, 1996).

- **Programación en función de la humedad del suelo**

Este método tiene ventaja frente al anterior, de incluir los posibles aportes del agua almacenada en el suelo. Otra ventaja, teóricamente es que elimina los errores en el cálculo de  $ET_0$ , o en la elección del  $K_c$ . En efecto si el suelo está seco es que se está regando poco y si está demasiado húmedo es que se está regando demasiado, para esto existen procedimientos para determinar la humedad del suelo. (Pizarro, 1996).

- **Programación en función de los indicadores de estrés hídricos**

Pizarro (1996), manifiestan que en teoría, estos métodos son los mejores, ya que las plantas realizan una integración de todos los factores que intervienen en sus necesidades de agua. Sin embargo, la sofisticación de los medios utilizados y también la falta de

conocimientos consolidados, hace que su aplicación práctica sea muy reducida, esta tecnología tan prometedora. Debido a ello se menciona que los indicadores más utilizados son el potencial hídrico foliar, el SDD (Stress Degree Day) y el CWSI (Crop wáter Stress Index).

#### - **Método de riego**

Los métodos de riego son procedimientos agronómicos creados para conseguir la máxima eficiencia y economía en la entrega del agua a los cultivos. La forma o la técnica a través de la cual se aplica el agua de riego a los cultivos influyen en forma decisiva en sus rendimientos. (Granda y López, 2009).

**Riego localizado:** es un método artificial de aplicar el agua a las plantas en pequeñas cantidades y a baja presión en la zona radicular de los cultivos, de forma que ésta pueda ser aprovechada al máximo. (Granda y López, 2009).

#### - **Riego por goteo**

Es un método de riego localizado donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores, comúnmente denominados “goteros”. La descarga de los emisores fluctúa en el rango de 1 a 4 litros por hora por gotero. El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos. (Granda y López, 2009).

#### - **Estados de humedad del suelo**

**Saturación:** Cuando el agua está ocupando todos los espacios porosos del suelo. Esta situación se puede presentar cuando a cierta profundidad existe un estrato impermeable,

cuando el drenaje es demasiado lento, etc. En el estado de saturación el potencial matricial es cero. (Pizarro, 1996).

**Capacidad de campo:** Se refiere al momento en que luego del drenaje el suelo no pierde más agua, ya que los poros más pequeños retienen el agua contra la fuerza de gravedad y los poros más grandes son ocupados mayormente por aire. Esta situación es muy favorable para el desarrollo de los cultivos ya que encuentran agua abundante retenida con una energía que es fácilmente superada por la succión de las raíces al mismo tiempo que el suelo está suficientemente aireado para permitir la respiración radicular. (Pizarro, 1996).

**Punto de marchitez:** El contenido de agua puede descender por debajo de la capacidad de campo como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas. La película de agua que rodea las partículas se hace cada vez más fina y a medida que el contenido de humedad disminuye, se hace más difícil la absorción del agua por las raíces, hasta alcanzar el denominado punto de marchitez permanente que se caracteriza porque las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimentan marchitez irreversible, numerosas mediciones han demostrado que este estado corresponde a un potencial mátrico de 15 bares. (Pizarro, 1996).

Capacidad de campo y punto de marchitez permanente depende más de la textura que de la estructura del suelo.

- **Relación suelo – agua – planta.**
- **Características físicas del suelo, su relación con la planta y el riego.**

El suelo es un sistema complejo, compuesto por partículas sólidas (minerales y orgánicas), agua con sustancias en disolución (formando la solución del suelo) y aire.

El movimiento y disponibilidad para la planta del agua en el suelo está determinado básicamente por las propiedades físicas de éste, principalmente por la textura, estructura y porosidad. (Fuentes, citado por Granda y López, 2009).

**Textura:** La proporción relativa de arena limo y arcilla, juega un papel importante en la velocidad de infiltración, la retención, y la forma de distribución del agua, es así que en suelos arenosos el agua forma un bulbo de característica alargada y en suelos barrosos (arcilloso) tiene forma achatada. (Kramer, citado por Granda y López, 2009).

**Estructura:** Es el producto de la combinación de los tres componentes primarios arena. Limo y arcilla y otras masas más grandes que actúan de forma directa como materiales cementantes. Y tiene gran influencia directa e indirectamente en el crecimiento de la raíz. (Kramer, citado por Granda y López, 2009, 2009)

**Porosidad:** Existen dos clases de poros determinados por su dimensión, los poros grandes o no capilares, que son los que no retienen fuertemente el agua por capilaridad, y los poros pequeños “capilares” que si la retienen. Los poros no capilares normalmente están llenos de aire y atraen libremente el agua después de lluvias o riego. Los poros capilares contienen el agua que queda después que la mayor parte del desagüe libre que se haya efectuado o sea el agua retenida a capacidad de campo. (Kramer, citado por Granda y López, 2009).

#### - **Potencial hídrico en las plantas**

Según Pizarro (1996), el potencial hídrico se puede alcanzar al aplicar agua que contienen plantas en sus diferentes órganos compuestos de la suma de varios potenciales como son: el potencial gravimétrico, el potencial mátrico, el potencial osmótico y el potencial de presión.



## - **Movimiento del agua en el suelo.**

El comportamiento del agua en el suelo depende, de propiedades particulares y de las fuerzas que actúan sobre ella. Estas a su vez dependen, de la geometría de los poros y de la interacción entre el agua y las superficies sólidas con las que está en contacto (Terrón y Hernández como se cita en Granda y López, 2009).

**Infiltración:** Penetración del agua en el suelo.

**Percolación:** Movimiento del agua a través del suelo hacia niveles inferiores, especialmente en suelos saturados o casi saturados

**Permeabilidad:** Es la cualidad del suelo o de sus horizontes que se relaciona con la transmisión del agua o del aire a todas sus partes de la masa.

## - **Movimiento del agua en la planta**

En su recorrido a través de la planta, el agua se dirige desde el suelo hasta la atmósfera. La última fase de ese movimiento se produce en los estomas de las hojas, donde el agua líquida pasa a estado gaseoso saliendo a la atmósfera exterior. Por lo tanto en los estomas se produce una especie de bombeo que eleva el agua desde el suelo a través de las raíces, xilema y hojas.

La absorción del agua del suelo, es decir, el paso a través de las raíces al xilema se produce principalmente por el gradiente de potencial generado por la transpiración de las partes aéreas, este mecanismo se denomina absorción pasiva.

Existe otro mecanismo de absorción en el que las raíces participan más activamente acumulando sales, lo que crea un gradiente potencial osmótico y da lugar a la entrada del agua del suelo menos concentrada en sales, este se denomina absorción activa. (Pizarro, 1996).

- **Estrés hídrico.**

Pizarro, (1996), manifiesta que se puede definir estrés hídrico como la situación en que se produce una transpiración insuficiente de las plantas, este concepto es muy importante en la tecnología del riego, ya que precisamente el objetivo de este es impedir el estrés. Cada vez se está dando mayor importancia a los indicadores de estrés hídrico, como uno de los parámetros básicos en el manejo de riego para decidir concretamente la frecuencia y dosis del mismo.

- **Capacidad del suelo para almacenar agua.**

Los suelos contienen diferente cantidad de agua dependiendo de su textura y estructura. El límite superior de almacenamiento de agua se denomina con frecuencia “capacidad de campo” (CC), mientras que el límite inferior se denomina “punto de marchitez permanente” (PMP). Después de un evento de lluvia o de riego que satura el suelo, hay un rápido movimiento descendente (drenaje) de una parte del agua del suelo debido a la fuerza de gravedad. Durante el proceso de drenaje, la humedad del suelo disminuye continuamente. La velocidad de drenaje está relacionada con la conductividad hidráulica del suelo. En otras palabras, el drenaje es más rápido en los suelos arenosos en comparación con los suelos arcillosos., después de un tiempo, el rápido drenaje se hace insignificante y en ese punto, la humedad del suelo se denomina “capacidad de campo.” El punto de marchitez permanente se define como el contenido de humedad del suelo en el que la planta ya no tiene la capacidad de absorber agua del suelo haciendo que la planta se marchite y muera si agua adicional no es proporcionada. Sin embargo, la mayoría de las plantas estarán sometidas a un estrés hídrico significativo antes de este punto, y será muy factible que las plantas sufran una reducción importante en su rendimiento mucho antes de alcanzar el punto de marchitamiento. (Zotarelli, *et al* 2013).

### **2.2.2. CRECIMIENTO VEGETAL Y PRODUCCIÓN.**

#### **- Altura del tallo.**

El tallo principal es relativamente grueso (3 a 6 cm diámetro), de 20 a 50 cm de alto. (Hernández, 2012).

La altura del tallo al momento de ser cosechada la planta alcanza alturas de 15 a 20 cm. (Zamora, 2016).

#### **- Área foliar.**

Las mediciones del área foliar (AF) son parte fundamental de la investigación en fisiología vegetal, en la agricultura y en la dendrología. (Broadhead et al citado por Cabezas, *et al.* 2009).

El área foliar está asociada con la mayoría de procesos agronómicos, biológicos, ambientales y fisiológicos, que incluyen el análisis de crecimiento, la fotosíntesis, la transpiración, la interceptación de luz, la asignación de biomasa y el balance de energía (Kucharik et al citado por Cabezas, *et al.* 2009).

La determinación del área foliar constituye un parámetro fundamental en la evaluación del desarrollo y crecimiento de los cultivos, en estudios de requerimientos hídricos y eficiencia bioenergética y en la determinación de daños producidos por patógenos y plagas. Además, por su estrecha relación con la interceptación de la radiación solar, con la fotosíntesis y con el proceso de transpiración, aspectos fuertemente vinculados a la acumulación de biomasa y a la productividad, constituye una información básica para la modelización del crecimiento, desarrollo y rendimiento agronómico de los cultivos (Oliveira *et al* citado por Brito, *et al* 2007).

Los fisiólogos vegetales, los biólogos y los agrónomos demostraron la importancia del área foliar en la estimación de crecimiento vegetal, en la determinación de etapas fenológicas, en la estimación del potencial de rendimiento biológico y agronómico, en el cálculo del uso eficiente de la radiación solar, como también en el cálculo del uso eficiente del agua y de la nutrición mineral. (Sonnentag *et al* citado por Cabezas, *et al.* 2009).

#### - **Nitrógeno.**

El nitrógeno es el elemento más limitante en los ecosistemas terrestres, de todos los nutrientes del suelo necesarios para el crecimiento de las plantas (Vitousek *et al.*, citado por, Celaya y Castellanos 2011).

Es un nutriente de gran importancia y alta movilidad debido a su presencia en las principales biomoléculas de la materia vegetal; si añadimos que los suelos suelen soportar un déficit de este elemento, tendremos que, junto al potasio y el fósforo, es uno de los elementos claves en la nutrición mineral. (Uam. 2016).

#### - **Función del Nitrógeno en la planta**

El papel más importante del nitrógeno en los cultivos es formar parte de las proteínas vegetales además que sirve como reserva, ya sea en las semillas (su capacidad de aguantar “viva” sin ser plantada o la energía que necesita para transformarse en planta una vez es sembrada). (Agromatic. 2014).

#### - **Formas de absorción**

Las formas de absorción del nitrógeno son el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) además que existe la posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico entre simbiosis de leguminosas o bacterias. (Uam. 2016).

- **Nitrógeno en la planta.**

El contenido de N en peso seco en la planta oscila entre el 2 y el 5%. (Uam. 2016).

- **Diámetro de la pella.**

La cabeza principal puede llegar a medir 12 – 22 cm de diámetro. (Angelfire, citado por, Rosero, 2015).

La cabeza principal también llamada pella puede llegar a medir de 15 – 18 cm. (Zamora, 2016).

- **Peso de la pella.**

El peso de la cabeza principal puede llegar de 300 a 1500 g. (Angelfire, citado por, Rosero, 2015).

La cabeza principal llega a 450 g al momento de ser cosechada. (Zamora, 2016).

- **Rendimiento del brócoli.**

El Ecuador presenta condiciones propicias y favorables para el cultivo de brócoli por su ubicación geográfica que permite la obtención de un producto con un sabor más dulce y de un color verde muy brillante, distinguiéndolo del resto de la oferta mundial (Medina *et al*, 2006).

En Ecuador la superficie cosechada de brócoli en el año 2012 alcanzó las 3,639 hectáreas, distribuidas en ocho provincias, con una producción total de 70,000 toneladas y un rendimiento de 19.24 t ha<sup>-1</sup>. Las provincias de Cotopaxi y Pichincha registran la mayor cantidad de superficie cosechada de brócoli, ocupando el 82.00% de la superficie total nacional. Cotopaxi es la provincia con mayor producción (51,350 toneladas) y con

un rendimiento de 26.22 t ha<sup>-1</sup>. Pichincha es la segunda provincia en importancia, con una producción de 11,791 toneladas y un rendimiento de 10.13 t ha<sup>-1</sup>. Las condiciones agroclimáticas de estas dos provincias son privilegiadas, puesto que favorecen para la producción de este cultivo, que en su gran mayoría está destinado para la exportación. El 18.00% restante de la superficie total cosechada a nivel nacional, está distribuido en seis provincias, que principalmente, destinan su producción al mercado local (TABLA 1). (SINAGAP, 2013).

**TABLA 1. RENDIMIENTO DE BRÓCOLI EN EL ECUADOR**

<b>Provincia</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Área cosechada (%)</b>
Cotopaxi	26,22	51350	2984	82
Pichincha	10,13	11791		
Seis provincias restantes	10,47	6859	655	18
Ecuador	19,24	70000	3639	100

Los mejores rendimientos en cultivos tecnificados pueden alcanzar hasta 25 t ha<sup>-1</sup>, considerando temas como tipo de riego, semillas y variedades. Un mayor rendimiento productivo puede conseguirse al realizar cambios en la variedad de semilla dependiendo del tipo de suelo y épocas de lluvia, tecnificación en las etapas de cultivo, además se requiere de un estricto control y manejo del cultivo para evitar la aparición de plagas y enfermedades. (Guarderas y Herrera citado por Calvopiña, 2015).

Esta hortaliza constituye la segunda alternativa de exportación agrícola en la Sierra ecuatoriana. Cotopaxi es la provincia con mayor producción de brócoli para exportación 68% por la presencia de dos de las principales empresas procesadoras: Provefruit y Nova alimentos. Pichincha representa el 16% de la producción de brócoli, seguida de Imbabura con un 10%, existen otras provincias que producen brócoli en menor proporción Carchi 3%, Chimborazo con el 2% y otra provincias con el 1% (Figura 1),

donde la producción de brócoli se destina principalmente al mercado local. (APROFEL y AMCHAM citado por Calvopiña, 2015).

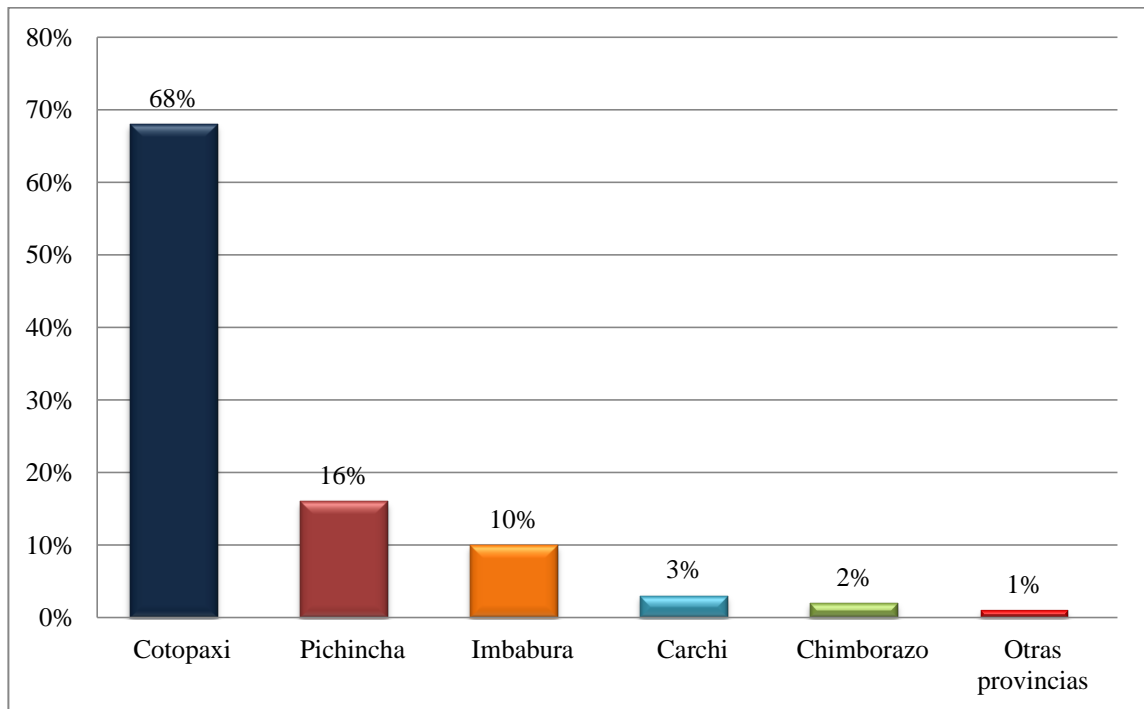


Figura 1. Producción de brócoli en Ecuador por provincias (%)

### 2.2.3. CULTIVO DE BRÓCOLI.

#### - Origen.

El origen del brócoli o brécol se asienta en los países con climas templados a orilla del Mediterráneo oriental, en Oriente Próximo. La Península de Anatolia acogería los primeros ejemplares provenientes de una planta silvestre de col.

Durante la época de dominio del Imperio Romano, esta hortaliza llegaría hasta la Península Itálica donde fue cultivada para consumo, llegando a ser muy popular en el país trasalpino. Pero sería mucho más tarde, a mediados del siglo XX, cuando su producción se desarrollaría en Europa.

En la actualidad su cultivo se extiende por Europa, Japón y Estados Unidos. Este último país es el mayor productor mundial, gracias a las plantaciones ubicadas en California, que poseen un clima muy similar al del arco mediterráneo. (Regmurcia).

- **Clasificación botánica.**

Rueda citado por Medina, *et al*, (2006), dice que la clasificación botánica para el brócoli es la siguiente (TABLA 2).

**TABLA 2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Capparales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	Oleracea
Variedad	Itálica
Nombre vulgar	Brócoli

- **Morfología de la planta.**

El brócoli es una planta anual herbácea, de hábito de crecimiento erecto con una altura de hasta 70 cm.

**Sistema radicular:** El sistema radicular de esta hortaliza es pivotante con raíces secundarias y superficiales.

**Tallo:** El tallo es suculento y único es decir que no posee ramificaciones.



**Hojas:** Poseen una amplia lámina foliar, dentadas, cerosas, de color verde oscuro, con entre nudos cortos, los que dan forma de roseta a la planta.

**Inflorescencia** La inflorescencias son pedicelos largos con yemas florales verdes, que forman una pella compacta y abierta.

**Flores:** Las flores son perfectas y actinomorfas, son de color amarillo. (Escobar, 2003).

- **Requerimientos edafoclimáticos.**

Proexant, (1992), indica que los requerimientos edafoclimáticos para un buen desarrollo del cultivo de brócoli son los siguientes:

**Temperatura:** La temperatura óptima para el crecimiento es de 15 a 18 °C soporta ligeramente las heladas alcanzando a una temperatura mínima de 5°C.

**Humedad relativa:** la humedad relativa para un adecuado desarrollo es de 70 a 80%

**Suelo:** prefiere suelos francos profundos, con buen drenaje y cantidades considerables de materia orgánica.

**pH:** El óptimo que va entre 6,0 y 6,8.

- **Valor nutricional**

El valor nutritivo del brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*), según Vera y Vilaña citado por: Medina, *et al* (2006), se presenta en la (TABLA 3)

**TABLA 3. CONTENIDO CALÓRICO Y NUTRICIONAL EN 100g DE BRÓCOLI**  
**Contenido por unidad**

<b>Componente</b>	<b>Contenido por unidad</b>	
	<b>Brócoli crudo</b>	<b>Brócoli cocido</b>
Agua	91,00 %	90,00 %
Energía	26,49 cal	27,78 cal
Proteínas	2,56 g	2,78 g
Lípidos	0,66 g	0,56 g
Carbohidratos	5,30 g	5,56 g
Calcio	47,68 mg	113, 89 mg
Fósforo	66,23 mg	47,68 mg
Hierro	0,86 mg	1,17 mg
Sodio	27,15 mg	11,11 mg
Potasio	325, 17 mg	162,78 mg
Tiamina	0,07 mg	0,08 mg
Riboflavina	0,12 mg	0,21 mg
Niacina	0,66 mg	0,78 mg
Ácido Ascórbico	93,38 mg	62,78 mg
Vitamina A	1543,05 UI	1411,111 UI

- **Plagas y enfermedades que afectan al cultivo de brócoli**

Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de brócoli, según Haro y Maldonado, 2009 y Proexant, 1992 se presentan en la (TABLA 4).

**TABLA 4. PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea var. Itálica*)**

<b>Nombre común</b>	<b>Agente causal</b>	<b>Síntomas</b>	<b>Control químico</b>
<b>Enfermedades</b>			
Mal del almacigo.	Phytium, Fusarium, Rhyzoctonia.	Provocan marchitamiento de las plantas	Benomyl
Mildiu	Peronospora brassicae	Se localizan en el inferior de las hojas como pequeñas manchas, se desarrollan en áreas húmedas o durante época lluviosa	Maneb, Mancozeb
Alternaria	Alternaria brassicae	Afecta a las plántulas en las hojas, se transmite por semilla	Clorotalonil, Metalaxil.
<b>Plagas</b>			
Gusano trozador	Agrotis sp.	Es una larva que corta las plantas en el tallo	Clorpiritos piretroides

Pulgón	Brevicoryne brassicae.	Son insectos chupadores que se agrupan en colonias en el envés de las hojas, se desarrollan en época seca y caliente	Piretroides, Phosphamidon
Minador	Lyriomiza sp.	Causa perforaciones en el limbo foliar	Dimethoate, Sistémicos
Polilla de las crucíferas	Plutella xylostela	Son larva de lepidópteros ubicados en el envés de las hojas, está larva no causa gran daño en hojas pero de no controlarlo puede deteriorar la pella.	Control

- **Híbridos de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*).**

- **Híbrido de Domador.**

Según Tisanagro (2016), Domador es un híbrido de buena adaptación para la temporada de transición y fría, presenta una maduración intermedia, así como tallos limpios. La planta es de porte abierto con un semi domo y floretes compactos las principales características se describen en la (TABLA 5).

**TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL HÍBRIDO DOMADOR**

Altura de la planta	Mediana
Días a la cosecha	90
Color de la cabeza	Azul verdoso
Características de la pella	Domo bien formado, pedúnculos florales
Tamaño del grano	Fino
Uso y observaciones	Producción para el mercado y la industria

- **Híbrido Avenger.**

Como señala Sakata (2016) Avenger, es el híbrido líder en el mercado por su amplia adaptación y consistentes rendimientos. Avenger es el brócoli que ha marcado el referente tanto para la industria del congelado como para el mercado fresco. Avenger es de planta vigorosa, cabezas bien domadas, con grano fino y gran peso. Su uniformidad de cabezas le da un beneficio para el empaque en caja para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso, sus características se presentan en la (TABLA 6).

**TABLA 6. 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
Usos y observaciones	Excelente producción se utiliza para mercado fresco

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

H<sub>0</sub>: La dosis de riego aplicada al 100% influirá en un mayor rendimiento de los híbridos de brócoli.

#### **3.2. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.**

##### **3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

- Porcentaje de las dosis de riego por goteo.

##### **3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.**

- Rendimiento

#### **3.3. OBJETIVOS.**

##### **3.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el rendimiento de los híbridos Domador y Avenger de brócoli en base a la programación de riego por goteo.

##### **3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar diferentes porcentajes de dosis de riego por goteo en la producción de los híbridos Domador y Avenger de brócoli.
- Comparar el rendimiento de los híbridos Avenger y Domador en función del porcentaje de las dosis de riego por goteo.

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO)**

El ensayo experimental se realizó en el campus Querochaca, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato. Ubicado a una altura de 2865 msnm en las coordenadas geográficas 01° 22' 02'' de Latitud Sur 78° 36' 20'' de Longitud Oeste. En el Cantón Cevallos. (INAMHI, Estación meteorológica de primer orden Querochaca)

#### **4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

##### **4.2.1. CLIMA**

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI (2015, p.87) los registros promedios de los parámetros meteorológicos año 2015 son:

1. Temperatura máxima promedio: 18,7 °C
2. Temperatura mínima promedio: 7,6 °C
3. Humedad relativa promedio: 75%
4. Velocidad del viento promedio: 2.1 m/s.
5. Precipitación anual: 549.5 mm.

##### **4.2.2. AGUA**

El agua utilizada en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato- Huachi- Pelileo, pH: 7,82, C.E: 0,3 milimhos/cm, alcalinidad: 140,2 mg/l, y una dureza total: 110,2 mg/l. (Cajo, 2016)

### **4.2.3. SUELO**

Según el laboratorio de análisis químico FCAGP, el análisis de suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la cual se realizó la investigación reporta los siguientes datos: Estrata de 0 cm a 40 cm de profundidad. Contenido de arena 51%, limo 30% y arcilla 19%, siendo la textura franco arenoso, con relieve plano. (Anexo 1)

## **4.3. EQUIPOS Y MATERIALES**

### **4.3.1. EQUIPOS**

- Sensor humedad y Temperatura de suelo 5TM.
- Registrador de datos EM50G.
- Computadora. Programa Image J.
- Estación meteorológica de primer orden.

### **4.3.2. MATERIALES.**

- Abrazaderas 1 pulgada.
- Abrazaderas 16 mm.
- Balanza digital.
- Balanza analítica.
- Cintas de goteo de 16 mm.
- Codos.
- Conectores 1 pulgada
- Conectores 16 mm
- Flexómetro.
- Forcípula.
- Papel de estaño.
- Tapones hembra.
- Tubo (1 Pulgada)
- Válvulas 16 mm.



- Válvulas 1 pulgada.
- Moto bomba de 1Hp (eléctrica 110 v.)
- Cámara fotográfica digital.

#### **4.4. FACTORES EN ESTUDIO**

##### A) Híbridos.

- Avenger: H1
- Domador: H2

##### B) Porcentaje de las dosis de riego por goteo.

- 50%: R1
- 100%: R2
- 150%: R3

#### 4.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados y productos de la combinación de los factores en estudio se presentan en la (TABLA 7)

**TABLA 7. TRATAMIENTOS**

<b>N°</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
1	H1R1	Híbrido Avenger, dosis de riego al 50%
2	H1R2	Híbrido Avenger, dosis de riego al 100%
3	H1R3	Híbrido Avenger, dosis de riego al 150%
4	H2R1	Híbrido Domador, dosis de riego al 50%
5	H2R2	Híbrido Domador, dosis de riego al 100%
6	H2R3	Híbrido Domador, dosis de riego al 150%

Elaborado por: Corrales, P. 2017.

#### 4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó el diseño de bloques al azar, factorial 2 x 3 con 4 repeticiones, además se realizaron las pruebas de significación de Tukey al 5 % y diferencia mínima significativa (DMS) para los tratamientos que resultaron estadísticamente significativos.

## **4.7. VARIABLES RESPUESTAS**

### **4.7.1. ALTURA DEL TALLO DE LA PLANTA.**

Se midió con flexómetro, desde el cuello de la planta hasta el principio de la formación de la pella, se muestreó a 15 plantas tomadas al azar de cada parcela neta, al final del ensayo.

### **4.7.2. ÁREA FOLIAR EXPUESTA.**

Se tomó las fotografías con cámara digital a 2 plantas al azar de la parcela neta a los 30, 45 y 70 días del trasplante, luego con ayuda del programa Image J versión (2016) se estimó el área foliar de cada una de las plantas.

### **4.7.3. ÁREA FOLIAR FINAL.**

Con la cámara digital se tomó las fotografías a 2 plantas al azar por parcela neta al momento de la cosecha, y posteriormente con el programa Image J versión (2016) se calculó el área foliar de cada una de las plantas.

### **4.7.4. DIÁMETRO ECUATORIAL DE LA PELLA.**

Al momento de la cosecha, con la forcípula, se determinó el diámetro ecuatorial (cm.) de 15 pellas tomadas al azar por parcela neta.

### **4.7.5. CONTENIDO DE NITRÓGENO.**

Se utilizó el método Dumas para conocer el porcentaje de Nitrógeno de 2 pellas por parcela neta.

Método de Dumas: Combustión de la muestra a altas temperaturas (950 °C) y posterior detección por termo conductividad. (LECO, citado por, Reussi *et al*, 2008).

#### **4.7.6. PESO DE LA PELLA.**

Al final del ensayo, se pesaron las pellas de 15 plantas al azar por parcela neta, utilizando la balanza digital, los resultados se expresarán en Kg.

#### **4.7.7. RENDIMIENTO**

Para determinar el rendimiento se promedió el peso de las pellas de 15 plantas por parcela neta, se proyectó para una tonelada y una hectárea, los resultados se expresarán en,  $t\ ha^{-1}$ .

### **4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO.**

#### **4.8.1. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE SUELO.**

Para conocer la textura del suelo en el cual se realizó el ensayo de campo se procedió de la siguiente manera:

- Construcción de una calicata hasta la profundidad de 0.90 m con la finalidad de tomar las muestras de suelo en cada una de las estratas y medir las alturas de cada una de ellas.
- La toma de las muestras por estrata se la obtuvo de la sección media de la altura de cada una de las estratas, la muestra fue alrededor de 0.5 kg en una funda, la misma que fue llevada al laboratorio de suelo y aguas para realizar la determinación de la textura por el método de Bouyucus.
- Con los porcentajes de arena, limo y arcilla obtenidos en el laboratorio de Suelo y Aguas se procedió a calcular la Capacidad de Campo a través de la fórmula de Peele donde:  $CC= 0,48(\text{Arcilla}) + 0,162(\text{Limo}) + 0,023(\text{Arena}) + 2,62$ , para el Punto de

Marchitez Permanente (PMP) se calculó con la fórmula de Brigg que es igual a  $PMP=0,302(\text{Arcilla})+0,102(\text{Limo})+0,0147(\text{Arena})$  (Allen *et al*, 1998)

#### **4.8.2. PREPARACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.**

La secuencia de preparación de la parcela experimental es la siguiente:

- Arado.- con la finalidad de eliminar las malezas y roturar el suelo que se encontraba compacto se procedió a pasar una arada para permitir una mejor aireación e infiltración del agua.
- Nivelación.- esta se realizó manualmente con rastrillos, para disponer de una pendiente uniforme con relación a las cintas de goteo.

#### **4.8.3. MEDICIÓN DE CAUDALES DE LAS CINTAS DE GOTEO.**

Para determinar los caudales en las líneas de goteo, se procedió a colocar 3 vasos plásticos por línea a distintas distancias con el fin de conocer la descarga de los goteros funcionando las 36 válvulas registrándose un caudal de  $1.2 \text{ l h}^{-1}$ .

Con 24 válvulas en funcionamiento y cerradas las 12 válvulas se registró un caudal de  $1.8 \text{ l h}^{-1}$

Y finalmente funcionando las 12 válvulas el ensayo quedan cerradas las 24 válvulas se registró un caudal de  $2.4 \text{ l h}^{-1}$

#### **4.8.4. TRASPLANTE**

El trasplante de brócoli se realizó una vez tendidas las líneas de goteo formando las parcelas para los tratamientos y las repeticiones con plántula de las variedades Domador y Avenger adquiridas en el mercado local. La distancia de plantación fue de 0,4 m entre plantas y 0,4 m entre hileras.

#### **4.8.5. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES**

Se aplicó de Nitrato de amonio, Muriato de potasio y Fosfato diamónico a razón de 3 g por planta de la mezcla de los tres fertilizantes, con la finalidad de tener una fertilización homogénea en todo el ensayo, la aplicación se realizó a los 25 y 45 días después del trasplante.

#### **4.8.6. CONTROL DE MALEZAS**

Para controlar las malezas en caminos o espacios entre tratamientos y repeticiones se utilizó el herbicida Paraquat en la dosis de 100cc /20l, a los 18 y 53 días del trasplante, aplicación se la hizo con una bomba de mochila.

En las mismas fechas con una azadilla y rastrillos se realizó la deshierba en cada una de las hileras tanto en los tratamientos como en las repeticiones.

A los 53 días del trasplante se realizó el aporque con una azadilla.

#### **4.8.7. CONTROL DE PLAGAS**

Se presentó ataque de pulgón (*Aphis sp*) en el ensayo, el mismo que fue controlado mediante la utilización de Cypermetrina con la dosis 200 cc/200 l de agua, aplicación realizada con bomba de mochila a los 14 días y 46 días después del trasplante.

#### **4.8.8. COSECHA**

La cosecha se realizó a los 90 días contabilizados desde el trasplante, en forma manual con la ayuda de un cuchillo con la finalidad de retirar las pellas de la planta.

#### 4.8.9. CÁLCULO DE LA DOSIS DE RIEGO.

Para el cálculo de la dosis de riego se utilizó los datos del tanque evaporímetro clase A, precipitación, humedad relativa y velocidad de viento de la estación meteorológica de primer orden de Querochaca, y los Kc del cultivo de brócoli.

Kc inicial: desde la siembra hasta el trasplante, la plántula pasa en bandejas germinadoras (pilonera) hasta la obtención de las cuatro hojas verdaderas.

Kc en la etapa de desarrollo: La misma que va desde el fin de la etapa inicial con un valor de 0.5, durante la fase de desarrollo al determinar cada siete días el valor del Kc para ser utilizado en la ETc, finalizando con un Kc de 1.05.

Kc Medios de temporada: desde la aparición de la pella hasta la cosecha se mantiene en 1.05. (Allen *et al*, 1998, p. 110)

Para el cálculo se utilizó las siguientes ecuaciones:

Evapotranspiración potencial: ETp.

$$ETp = K_{tan} * E_v(A)$$

Dónde:

K<sub>tan</sub> = Coeficiente del tanque evaporímetro clase (A).

E<sub>v</sub>(A) = Evaporación del tanque evaporímetro clase A, mm/día.

Evapotranspiración del cultivo o uso consuntivo: ETc

$$ETc = ETp * Kc$$

Dónde:

ETp = Evapotranspiración potencial.

Kc = Coeficiente del cultivo.

ETc a aplicar = ETc/Eficiencia del método de riego. (Avidan et al, 1994, pp. 2-11)

#### Determinación de la Capacidad de Campo (CC)

La capacidad de campo se determinó en base a los datos de porcentaje de arena, limo y arcilla del análisis de suelo del sitio en el que se realizó el ensayo, utilizando la fórmula de Peele:

$$CC = 0,48Ac + 0,162 Lm + 0,023 Ar + 2.62$$

Dónde:

Ac = Porcentaje de arcilla

Lm = Porcentaje de limo

Ar= Porcentaje de arena (Allen *et al*, 1998)

#### Determinación del Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Con los datos anteriores de laboratorio se determinó el PMP utilizando la fórmula de Brigg.

$$PMP = 0,302 Ac + 0,102 Lm + 0,0147 Ar$$

Dónde:

Ac = Porcentaje de arcilla

Lm = Porcentaje de limo

Ar= Porcentaje de arena (Allen *et al*, 1998)

#### Dosis de riego

La dosis de riego se determinó en base al balance hídrico.

Balance hídrico= ETc a aplicar – Precipitación.



Tiempo de riego

Aporte por gotero = Balance hídrico/# goteros por m<sup>2</sup>

Tiempo de riego = Aporte de gotero/Q del gotero\*#de goteros por planta

Tiempos

50% caudal del gotero 1.2 l/h.

Para este tratamiento se calculó con el 0,5 del tiempo para el tratamiento del 100%.

100%- caudal del gotero 1.2 y 1.8 l/h,

Para el tratamiento del 100% el cálculo es el siguiente:

El 50% de riego es igual al tiempo del tratamiento al 50% con 1.2 l/h y el otro 50% de riego está basado en el tiempo con un caudal de 1.8 l/h.

150%- caudal del gotero 1.2 l/h, 1.8 l/h y 2.4 l/h

Para el tratamiento del 150% se procedió de la siguiente forma:

El 33.33% corresponde con un aporte del tiempo con un caudal de 1.2 l/h, el otro 33.33% con caudal de 1.8 l/h y finalmente el 33.34% con un caudal de 2.4 l/h

La variación del caudal en los diferentes tratamientos de las dosis de riego se debe a que los goteros utilizados en la investigación corresponden a goteros no compensados.

#### **4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa estadístico INFOSTAT. Se realizó el Análisis de Varianza (ADEVA) y de las fuentes de variación que resultaron significativas, se realizaron pruebas de comparación de Medias (Tukey 5%), además se hizo la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS). (Di Rienzo, J, *et al*, 2016).

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. RESULTADOS.

##### **Altura del tallo de la planta.**

La variable altura del tallo (TABLA 8) entre los tratamientos presentan significación estadística siendo el tratamiento H2R2 (híbrido Domador con dosis de riego 100%) el que mayor altura de tallo presentó con 22.93 cm, el tratamiento que menor altura de tallo presentó fue el H1R1 (híbrido Avenger con dosis de riego al 50%) con 15.41 cm.

##### **Área foliar expuesta.**

El área foliar expuesta se la midió en tres periodos a los 30, 45 y 70 días, después del trasplante (TABLA 8) sin presentar significación estadística entre los tratamientos; pero entre los híbridos en el periodo de 30 días se presentaron resultados matemáticos diferentes el tratamiento H2R3 (híbrido Domador con la dosis de riego 150%) con 1380.74 cm<sup>2</sup> y el tratamiento H1R1 (híbrido Avenger con la dosis de riego 50%) con 1321,68 cm<sup>2</sup>.

Entre los híbridos en el periodo de 45 días los resultados presentaron diferencias matemáticas entre tratamientos, el tratamiento H2R1 (híbrido Domador con la dosis de riego 50%) obtuvo 1685.81 cm<sup>2</sup> y el tratamiento H1R3 (híbrido Avenger con la dosis de riego al 150%) presentó 1670.37 cm<sup>2</sup>.

Entre los híbridos en el periodo de 70 días se presentaron resultados matemáticamente diferentes, el tratamiento H1R1 (híbrido Avenger con la dosis de riego al 50%) presentó 2060,33 cm<sup>2</sup> y el tratamiento H2R1 (híbrido Domador con dosis de riego de 50%) obtuvo 2001,35 cm<sup>2</sup>.

### **Área foliar final.**

La variable de área foliar final o cosecha (TABLA 8) las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre los tratamientos, pero existió diferencias matemáticas entre estos, el H1R1 (híbrido Avenger con la dosis de riego del 50%) presentó 2716.21 cm<sup>2</sup> y el tratamiento H2R1 (híbrido Domador con dosis de riego 50%) fue 2678.34 cm<sup>2</sup>

### **Diámetro ecuatorial de la pella.**

Diámetro ecuatorial de la pella (TABLA 8) no presentan diferencias significativas entre tratamientos. Pero existe diferencias matemáticas entre los tratamientos, el tratamiento H2R3 (híbrido Domador con dosis de riego al 150%) obtuvo 15.88 cm y el tratamiento H1R3 (híbrido Avenger con dosis de riego al 150%) presentó 14.63 cm

### **Contenido de Nitrógeno de la planta.**

La variable contenido de nitrógeno (TABLA 8) no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, pero presentan diferencias matemáticas entre tratamientos, el tratamiento H2R1 (híbrido Domador con dosis de riego al 50%) obtuvo 4,69% de nitrógeno y el tratamiento H1R1 (híbrido Avenger con dosis de riego al 50%) presentó 4,72 % de nitrógeno.

### **Peso de la pella.**

En la variable peso de la pella (TABLA 8) las diferencias no fueron significativas entre los tratamientos, pero existieron diferencias matemáticas entre los tratamientos, el tratamiento H2R3 (híbrido Domador con dosis de riego al 150%) presentó 0.41 Kg y el tratamiento H1R3 (híbrido Avenger con dosis de riego al 150%) obtuvo 0.36 Kg.

## **Rendimiento**

El rendimiento (TABLA 8) no presenta diferencias significativas entre tratamientos. Pero existieron diferencias matemáticas entre los mismos, el tratamiento H2R3 (híbrido Domador con dosis de riego al 150%) presentó 18,49 t ha<sup>-1</sup> y el tratamiento H1R3 (híbrido avenger con dosis de riego al 150%) obtuvo 16.08 t ha<sup>-1</sup>

## **Cálculo de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)**

En la calicata se obtuvieron dos horizontes el primero de 0 – 40 cm, el segundo horizonte tuvo una profundidad que va de 40 – 60 cm.

Debido a que la profundidad radicular del brócoli se encuentra entre 30 y 40 cm solo se realizó el cálculo para la primera estrata de suelo con los ‘datos de porcentaje de arena, limo y arcilla se obtuvo los siguientes resultados:

Porcentaje de arena: 51 %

Porcentaje de limo: 30 %

Porcentaje de arcilla: 19 %

### **Determinación de Capacidad de Campo, Fórmula de Peele.**

$$CC = 0,48(\text{Arcilla}) + 0,162(\text{Limo}) + 0,023(\text{Arena}) + 2,62$$

$$CC = 0,48(19) + 0,162(30) + 0,023(51) + 2,62$$

$$CC = 17,8 \%$$

### **Determinación del Punto de Marchitez Permanente, fórmula de Brigg.**

$$PMP = 0,302(\text{Arcilla}) + 0,102(\text{Limo}) + 0,0147(\text{Arena})$$

$$PMP = 0,302(19) + 0,102(30) + 0,0147(51).$$

$$PMP = 9,5 \%$$

## **Cálculo de la dosis de riego.**

El resultado de la dosis de riego (TABLA 9) en el ciclo de cultivo del brócoli fue 40,31 mm para el periodo en el que se realizó el trabajo de investigación (febrero, marzo, abril y mayo).

## **Programación del riego para brócoli:**

1ra semana.- Se aplicó 1,88 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9), riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.168 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo, conociendo que Capacidad de Campo (CC) calculada mediante la fórmula de Peele fue 17,8 % y el Punto de Marchitez Permanente (PMP) determinada por la fórmula de Brigg fue 9,5 %, criterio usado en todas las semanas.

2da semana.- Se aplicó 5,60 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9), riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.165 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

3ra semana.- Se aplicó 2,60 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9), riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.167 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

4ta, 5ta y 6ta semanas.- No se aplicó riego ya que el balance hídrico en estas semanas sobrepasan los valores a la Capacidad de campo -7,88; -19,69 y -1,03 mm respectivamente (TABLA 9) existiendo alta humedad en el suelo, lo que se corrobora con los datos de la sonda  $0,193$ ;  $0,198$  y  $0,182 \text{ m}^3/\text{m}^3$  respectivamente (Anexo 2) de humedad volumétrica.

7ma semana.- Se aplicó 0,28 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9), riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.171 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

8va semana.- No se aplicó riego (TABLA 9) ya que el balance hídrico en esta semana sobrepasa el valor a la Capacidad de campo -23,40 mm (TABLA 9) existiendo alta humedad en el suelo, lo que se corrobora con el dato de la sonda  $0,205 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica.

9na semana.- Se aplicó 8,15 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9), riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.163 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

10ma semana.- Se aplicó 3,84 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9), riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.166 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

11va semana.- No se aplicó riego (TABLA 9) ya que el balance hídrico en esta semana sobrepasa el valor a la Capacidad de campo -23,40 mm (Tabla 9) existiendo alta humedad en el suelo, lo que se corrobora con el dato de la sonda  $0,184 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica.

12va semana.- Se aplicó 12,45 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9) riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.158 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

13va semana.- Se aplicó 5,51 mm de agua de acuerdo al balance hídrico (TABLA 9) riego realizado para completar el requerimiento de agua del cultivo, basado en los datos de la sonda de humedad colocada en el ensayo la misma que marcaba  $0.165 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Anexo 2) de humedad volumétrica en el suelo menor a capacidad de campo.

**TABLA 8. RESULTADOS DE LAS VARIABLES CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**

VARIABLES	TRATAMIENTOS						E.E. <sup>1</sup>	C.V. <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	H1 R1	H1 R2	H1R3	H2 R1	H2 R2	H2 R3			
Altura del tallo (cm)	15,41 c	15,88 c	17,42 bc	21,16 ab	22,93 a	22,49 a	0,82	8,52	<0,0001
Área foliar 30 días (cm <sup>2</sup> )	1321,68 a	1210,2 a	1306,93 a	1369,91 a	1315,42 a	1380,74 a	68,16	10,35	0,5719
Área foliar 45 días (cm <sup>2</sup> )	1627,00 a	1625,92 a	1670,37 a	1685,81 a	1586,63 a	1611,68 a	81,04	9,92	0,9535
Área foliar 70 días (cm <sup>2</sup> )	2060,33 a	1970,38 a	2044,10 a	2001,35 a	1932,98 a	1979,94 a	68,22	6,83	0,7799
Área foliar cosecha (cm <sup>2</sup> )	2716,21 a	2644,35 a	2712,35 a	2678,34 a	2623,08 a	2658,98 a	42,38	3,17	0,5834
Diámetro de la pella (cm)	14,02 a	13,65 a	14,63 a	14,25 a	15,25 a	15,88 a	0,71	9,74	0,2944
Contenido de N (%)	4,72 a	4,52 a	4,62 a	4,69 a	4,58 a	4,41 a	0,15	6,35	0,6854
Peso de la pella (Kg)	0,34 a	0,34 a	0,36 a	0,36 a	0,37 a	0,41 a	0,03	18,38	0,6686
Rendimiento(t ha <sup>-1</sup> )	15,29 a	15,17 a	16,08 a	16,04 a	16,45 a	18,49 a	1,49	18,38	0,6682

<sup>1</sup>E.E.: Error estándar. <sup>2</sup>C.V.: Coeficiente de variación (%) <sup>3</sup>P.: Probabilidad



**TABLA 9. PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA LOS HÍBRIDOS DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica*)**

Semana	Ev(A) mm/ semana	Ktan	ETp mm/semana	Kc	ETc mm/semana	ETc de aplicación mm/semana	Precipitación mm/semana	Balance hídrico mm/semana	
1	16,10	0,75	12,08	0,55	6,64	7,38	5,50	1,88	Riego
2	23,20	0,75	17,40	0,60	10,44	11,60	6,00	5,60	Riego
3	17,90	0,75	13,43	0,65	8,73	9,70	7,10	2,60	Riego
4	24,20	0,75	18,15	0,70	12,71	14,12	22,00	-7,88	
5	19,70	0,75	14,78	0,75	11,08	12,31	32,00	-19,69	
6	18,10	0,75	13,58	0,80	10,86	12,07	13,10	-1,03	
7	22,00	0,75	16,50	0,85	14,03	15,58	15,30	0,28	Riego
8	26,40	0,75	19,80	0,90	17,82	19,80	43,20	-23,40	
9	22,80	0,75	17,10	0,95	16,25	18,05	9,90	8,15	Riego
10	21,30	0,75	15,98	1,05	16,77	18,64	14,80	3,84	Riego
11	26,70	0,75	20,03	1,05	21,03	23,36	25,60	-2,24	
12	23,60	0,75	17,70	1,05	18,59	20,65	8,20	12,45	Riego
13	19,10	0,75	14,33	1,05	15,04	16,71	11,20	5,51	Riego
Total								40,31	

## **5.2. DISCUSIÓN**

El resultado obtenido en la programación de riego para los híbridos Domador y Avenger de brócoli no permite aceptar la hipótesis planteada debido que para un mejor rendimiento se necesitó un 50% más de agua de riego a lo planteado ya que el tratamiento con el 150% de riego para los dos híbridos es el que mejor rendimiento presentó en las condiciones edafoclimáticas de la granja experimental docente Querochaca.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

#### 6.1. CONCLUSIONES

De la evaluación de la programación de riego para los híbridos Domador y Avenger de brócoli se concluye que:

- La dosis de riego que presentó mejores rendimientos entre los híbridos de brócoli fue la de 150%.
- La dosis de riego al 50% estimada fue 20.16 mm, bajo las condiciones edafoclimáticas en la Granja Experimental Docente Querochaca.
- La dosis de riego al 100% bajo las condiciones edafoclimáticas en la Granja Experimental Docente Querochaca calculada fue 40.31 mm.
- La dosis de riego 150% bajo las condiciones edafoclimáticas en la Granja Experimental Docente Querochaca estimada fue 60.47 mm.
- El rendimiento entre los híbridos para la dosis de riego al 50% presentó que el híbrido Domador fue mejor a comparación del híbrido Avenger.
- El rendimiento entre los híbridos para la dosis de riego al 100% presentó que el híbrido Domador fue mejor a comparación del híbrido Avenger.
- El rendimiento entre los híbridos para la dosis de riego al 150% presentó los mejores resultados entre todas las dosis de riego y el híbrido Domador fue mejor a comparación del híbrido Avenger.

## 6.2. BIBLIOGRAFÍA

- Agromatica. (2014). La gran importancia del nitrógeno en las plantas. Recuperado de: <http://www.agromatica.es/importancia-del-nitrogeno-en-las-plantas/>
- Allen, R; Pereira, L; Raes, D y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Avidan, A. (1994). La evapotranspiración de los cultivos. Estado de Israel, Ministerio de Agricultura. Editorial DAN SCJEUER.
- Brito, E; Romero, E; Casen, S; Alonso, L y Digonzelli. (2007). Métodos no destructivos de estimación del área foliar por tallo en la variedad LCP 85-384 de caña de azúcar. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. Vol. (2). Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/riat/v84n2/v84n2a05.pdf>
- Cabezas, M; Peña, F; Duarte, H; Colorado, J y Silva, R. (2009). Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. U.D.C.A Actualidad y divulgación Científica. Vol (1). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a13.pdf>
- Cajo, A, (2016). “PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L), BAJO EL SISTEMA NFT, CON TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS.” Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>
- Calvopiña, D. (2015). Análisis de competitividad del sector de brócoli en Ecuador en el periodo 2007-2013. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/22000/8373/DISERTACI%C3%93N%20Dayana%20Lizabeth%20Calvopi%C3%B1a%20Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Celaya, H y Castellanos, A. (2011). Mineralización de Nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. Terra Latinoamericana. Chapingo – México. Vol. 29. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57321283013.pdf>
  
- Defilipis, C; Jiménez, A; Pariani, S y García, M. (2007). Caracterización del crecimiento de plantines de Brassica rapa var. pekinensis en contenedores. Revista de Ciencias Agrarias. Lujan, Argentina. Recuperado de: [http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/1533/defilipisagrarias39-1.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1533/defilipisagrarias39-1.pdf)
  
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M y Robledo, C, (2016). Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>
  
- Erdem, T; Arin, L; Erdem; Y; Polat, S; Deveci, M; Okursoy, H; y Gültas, H. (2009). Yield and quality response of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea L. var. italica*) under different irrigation regimes, nitrogen applications and cultivation periods. Agricultural Water Managment.
  
- Escobar, H. (2003). Análisis de costos para hortalizas ecológicas. Recuperado de: <https://books.google.com.ec/books?id=qhdUHbkg15AC&pg=PA18&dq=cultivo+de+brocoli+raiz+tallo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwit5c7zmsnRAhWK7SYKHbBrChEQ6AEIHDAB#v=onepage&q=cultivo%20de%20brocoli%20raiz%20tallo&f=false>
  
- García, I; Briones, G. (2007). Sistemas de riego por aspersión y goteo, México DF, México. Trillas. 2ed
  
- Granda, J y López, C. (2009). Estudio de los sistemas de riego localizado por goteo y exudación en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) bajo

- invernadero. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ibarra, Ecuador. Recuperado de: [file:///C:/Users/Personal/Downloads/T72106%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/T72106%20(1).pdf)
- Hernández, C. (2012). Hibridación para la obtención de Brassica oleracea. var. Romanesco: Características del brócoli. Recuperado de: <http://obtencionderomanesco.blogspot.com/2012/09/caracteristicas-del-brocoli.html>
  - Herrera, G. (2014). Evaluación del sistema de riego por goteo a tres profundidades con dos dosis de abonamiento orgánico mineral edáfica, en la producción limpia de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill), Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador. Tumbaco, Ecuador. Recuperado de: <file:///C:/Users/Personal/Downloads/T-UCE-0004-59.pdf>
  - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2015. Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
  - Jara, J y Valenzuela, A. (1998). Necesidades de agua de los cultivos: Desarrollo de sistemas de riego en el secano interior y costero. Universidad de Concepción. Chillan, Chile.
  - Jiménez, R. (2016), Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea. L.*) bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4831/1/TESIS%20ROBERTH%20JIM%20C3%89NEZ.pdf>
  - López, R; Montorro, A; López, P y Ferreres, E. (2009). Evapotranspiration and responses to irrigation of brocoli. *Agricultural Water Management*


- Medina, N; Maldonado, L; y Naranjo, H. (2006). Implantación de un programa de buenas prácticas agrícolas para el mejoramiento de la calidad e inocuidad del brócoli en Ecuador. Quito, Ecuador. Imagen Corporativa SESA.
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia. Bilbao, España. Mundiprensa. 3ed
- Proexant. (1992). Nuevo producto de exportación: Manual de brócoli. Quito, Ecuador. Proexant.
- Regmurcia, s.f. Brócoli. Murcia – España. Recuperado de: [http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20160-DETALLE\\_REPORTAJESPDRE](http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20160-DETALLE_REPORTAJESPDRE)
- Rosero, A. (2015). “Evaluación de la adaptabilidad de cuatro variedades de brócoli (Brásica oleracea var. Itálica) en el Centro Experimental San Francisco Cantón Huaca – Carchi - Ecuador”. Tesis de grado. Universidad Politécnica Estatal Del Carchi. Huaca, Carchi. Recuperado de: [http://181.198.77.140:8080/bitstream/123456789/350/1/247%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20adaptabilidad%20de%20cuatro%20variedades%20de%20br%C3%B3coli%20\(Br%C3%A1ssica%20oleracea%20var.%20It%C3%A1lica\)%20en%20el%20Centro%20Experimental%20San%20Francisco.pdf](http://181.198.77.140:8080/bitstream/123456789/350/1/247%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20adaptabilidad%20de%20cuatro%20variedades%20de%20br%C3%B3coli%20(Br%C3%A1ssica%20oleracea%20var.%20It%C3%A1lica)%20en%20el%20Centro%20Experimental%20San%20Francisco.pdf)
- Reussi, N; Echeverria, H y Sainz, H. (2008). Comparación de métodos de determinación de nitrógeno y azufre en planta: implicancia en el diagnóstico de azufre en trigo. Ciencia del suelo. Vol. 26. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672008000200006](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672008000200006)
- SAKATA. (2015). Avenger, Brócoli. México DF, México. Recuperado de: <http://www.sakata.com.mx/es/avenger.html>

- Schneider, C.; Rasband, W; y Eliceiri, K. (2016), "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis"
- SINAGAP. (2013). Brócoli: Boletín situacional. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/brocoli.pdf>
- Tisanagro, (2015). Brócoli Domador. Recuperado de: <http://trisanagro.com/product/brocoli-domador/>
- Uam, (2016). Nitrógeno. Recuperado de: <https://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/macro/nitrogeno.htm>
- Villalobos, S; Castellanos, J; Tijerina, L y Crespo, G. (2005). Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo. Terra Latinoamericana, vol. 23. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311101004>
- Zamora, E. (2016). El cultivo de brócoli. Serie guías – producción de hortalizas. Universidad de Sonora. Hermosillo, México. Recuperado de: <http://www.agricultura.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Zotarelli, L; Dukes, M; Morgan, K. (2013). Interpretación del contenido de humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. University of Florida.




### 6.3. ANEXOS

#### Anexo 1. Datos de suelo



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FCAGP**



*Casilla 18-01-334 Telfs. 746151-746171 Fax 746231 Cevallos - Tungurahua*  
**LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FCAGP**

**Datos del cliente:**

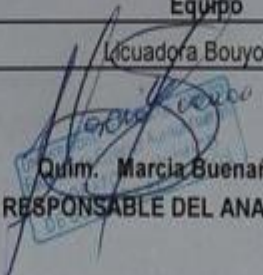
NOMBRE: Ing. Alberto Gutierrez	
ATENCION: Ing. Alberto Gutierrez	COD. LAB 2016
DIRECCIÓN:	MUESTRA: suelo
PROVINCIA:	MATRIZ : S
CANTÓN:	ANALISIS: Textura
Datos de la muestra: estrata 1	
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 29/01/2016	

Textura	Clase	Franco Arenoso
Arena	%	51
Limo	%	30
Arcilla	%	19

Parametro analizado	Metodo	Equipo
Textura	Bouyoucos	Licudadora Bouyoucos



**Quim. Marcia Buenaño**  
**RESPONSABLE DEL ANALISIS**

**Anexo 2. Datos de la sonda de humedad (m3/m3)**

Días	1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana	5ta Semana	6ta Semana	7ma Semana	8va Semana	9na Semana	10ma Semana	11va Semana	12va Semana	13va Semana
1	0,183	0,193	0,191	0,192	0,199	0,198	0,187	0,189	0,187	0,191	0,192	0,181	0,189
2	0,179	0,172	0,178	0,201	0,211	0,202	0,174	0,182	0,189	0,181	0,195	0,173	0,171
3	0,171	0,175	0,181	0,196	0,202	0,191	0,178	0,203	0,163	0,169	0,186	0,168	0,157
4	0,169	0,168	0,169	0,199	0,196	0,173	0,171	0,198	0,168	0,161	0,182	0,157	0,159
5	0,161	0,159	0,155	0,193	0,191	0,175	0,173	0,224	0,152	0,163	0,177	0,147	0,148
6	0,157	0,146	0,147	0,186	0,192	0,171	0,162	0,221	0,144	0,159	0,172	0,144	0,165
7	0,154	0,141	0,149	0,181	0,194	0,166	0,154	0,216	0,138	0,138	0,181	0,139	cosecha
$\bar{x}$	0,168	0,165	0,167	0,193	0,198	0,182	0,171	0,205	0,163	0,166	0,184	0,158	

**Anexo 3. Altura del tallo (cm)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	14,83	15,53	16,73	14,56	61,65	15,41
H1R2	16,97	16,67	13,85	16,02	63,51	15,88
H1R3	18,45	15,69	17,45	18,07	69,66	17,42
H2R1	21,53	22,95	19,84	20,31	84,63	21,16
H2R2	24,80	25,40	18,73	22,77	91,70	22,93
H2R3	24,03	20,77	22,65	22,51	89,96	22,49

**Anexo 4. Área foliar 30 días (cm<sup>2</sup>)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	1338,29	1348,33	1106,09	1493,98	5286,70	1321,68
H1R2	1184,67	1160,74	1193,34	1302,05	4840,82	1210,20
H1R3	1288,69	1237,42	1383,77	1317,85	5227,72	1306,93
H2R1	1363,24	1384,26	1359,30	1372,81	5479,62	1369,91
H2R2	1155,88	1432,950	1197,29	1475,55	5261,67	1315,42
H2R3	1179,24	1467,30	1085,07	1791,36	5522,98	1380,74

**Anexo 5. Área foliar 45 días (cm<sup>2</sup>)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	1584,62	1770,00	1557,49	1595,89	6507,99	1627,00
H1R2	1478,59	1772,45	1801,62	1450,99	6503,66	1625,92
H1R3	1403,98	1762,91	1873,91	1640,67	6681,47	1670,37
H2R1	1732,41	1893,42	1437,78	1679,63	6743,25	1685,81
H2R2	1561,70	1724,12	1527,74	1532,94	6346,51	1586,63
H2R3	1430,16	1847,99	1310,74	1857,83	6446,73	1611,68

**Anexo 6. Área foliar 70 días (cm<sup>2</sup>)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	1948,20	2262,88	1902,48	2127,75	8241,30	2060,33
H1R2	1865,14	2139,97	2129,67	1746,75	7881,52	1970,38
H1R3	1825,55	2156,44	2334,18	1860,22	8176,39	2044,10
H2R1	1976,50	2220,04	2050,38	1770,48	8017,40	2004,35
H2R2	1953,10	2008,55	1932,59	1837,70	7731,93	1932,98
H2R3	1934,37	2187,74	1830,43	1967,23	7919,77	1979,94

**Anexo 7. Área foliar a los final (cm<sup>2</sup>)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	2472,67	2855,10	2788,82	2748,23	10864,82	2716,21
H1R2	2343,32	2788,22	2843,58	2602,26	10577,38	2644,35
H1R3	2400,90	2851,07	2803,56	2793,88	10849,40	2712,35
H2R1	2358,72	2882,23	2899,34	2573,08	10713,37	2678,34
H2R2	2383,03	2738,82	2791,86	2578,62	10492,32	2623,08
H2R3	2281,37	2860,71	2659,43	2834,39	10635,90	2658,98

**Anexo 8. Diámetro de la pella (cm)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	14,46	13,18	12,63	15,81	56,08	14,02
H1R2	12,18	13,85	12,30	16,27	54,60	13,65
H1R3	13,55	13,29	12,04	19,62	58,50	14,63
H2R1	14,86	13,65	14,34	14,13	56,98	14,25
H2R2	14,49	15,84	13,55	17,13	61,01	15,25
H2R3	14,59	14,08	14,33	20,53	63,53	15,88

**Anexo 9. Contenido de Nitrógeno (%)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	4,69	4,68	4,50	5,02	18,89	4,72
H1R2	4,94	4,36	4,11	4,67	18,09	4,52
H1R3	4,40	4,98	4,81	4,28	18,47	4,62
H2R1	5,13	4,19	4,54	4,92	18,78	4,69
H2R2	4,49	4,55	4,64	4,65	18,33	4,58
H2R3	4,40	4,28	4,51	4,45	17,64	4,41

**Anexo 10. Peso de la pella (kg)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	0,367	0,362	0,270	0,360	1,359	0,340
H1R2	0,264	0,377	0,271	0,436	1,348	0,337
H1R3	0,326	0,315	0,255	0,533	1,429	0,357
H2R1	0,415	0,287	0,360	0,363	1,425	0,356
H2R2	0,312	0,428	0,355	0,367	1,462	0,366
H2R3	0,337	0,370	0,381	0,555	1,643	0,411

**Anexo 11. Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
H1R1	16,52	16,29	12,15	16,20	61,16	15,29
H1R2	11,88	16,96	12,19	19,62	60,66	15,17
H1R3	14,67	14,17	11,47	23,98	64,31	16,08
H2R1	18,67	12,91	16,20	16,33	64,13	16,04
H2R2	14,04	19,26	15,97	16,51	65,79	16,45
H2R3	15,16	16,65	17,14	24,97	73,94	18,49

## **Anexo 12. Limpieza del terreno**



## **Anexo 13. Colocación de cintas sobre el terreno**



## **Anexo 14. Toma de datos de humedad a través de la sonda**



**Anexo 15. Fumigación de la plantación del Brócoli**



**Anexo 16. Aporque de las plantas de Brócoli**



**Anexo 17. Fotografía para determinar área foliar híbrido avenger**



**Anexo 18. Fotografía para determinar área foliar híbrido Domador**



**Anexo 19. Medición del diámetro de la pella del brócoli**





## **CAPÍTULO VII**

### **PROPUESTA**

#### **7.1 TITULO**

“PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) HÍBRIDO DOMADOR CON PROGRAMACIÓN DE RIEGO”

#### **7.2. DATOS INFORMATIVOS**

El Cantón Cevallos que se encuentra ubicado en el centro sur de la Provincia de Tungurahua, al sur oriente de la ciudad de Ambato, su altitud es de 2850 msnm, los terrenos son planos y con mucha pendiente, la textura de los suelos en su mayoría es franca arenosa, mal drenado, la fluctuación de la temperatura es de 11° C a 23° C.

#### **7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Los mejores resultados obtenidos fueron los que se manejaron con una dosis de riego al 150% para mayores rendimientos, específicamente con el híbrido Domador

#### **7.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo se realizó debido a que el uso del agua para el riego en los cultivos no es el correcto ya que se la malgasta colocando este elemento en el uso de manera exagerada o en cantidades menores a las requeridas al cultivo, de ahí se han realizado programaciones de riego para los cultivos, en donde tenemos algunas ventajas como producir productos con alta calidad nutricional, mayor número de productos por metro cuadro, economizar el recurso agua, mayor rentabilidad, etc. Además, en la actualidad las programaciones de riego para los cultivos han tomado gran importancia debido a que el agua de riego ha disminuido.

## **7.5. OBJETIVO**

Producir brócoli (*Brassica oleracea*, var. *itálica*) con una dosis de riego de 150% para el cultivo.

## **7.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Las principales razones por lo que las programaciones de riego hoy en día son una de las alternativas es debido a las limitantes que se tiene en varios sectores del país con el recurso agua, además que brinda grandes beneficios como son: Altos rendimientos, bajos costos de producción, entre otras. El trabajo de investigación se realizará por que existe gran competitividad entre los sectores dedicados a este cultivo por lo que se busca mejorar los rendimientos a través del riego.

## **7.7. FUNDAMENTACIÓN**

La utilización del recurso agua para la producción de diferentes cultivos, ha sido el principal determinante para el desarrollo de las programaciones de riego, siendo así que en la actualidad, el saber ¿cuándo? Y ¿cuánto? regar, se han convertido en preguntas de gran importancia que no se pueden dejar pasar por alto, esto para alcanzar rendimientos altos que satisfagan las necesidades alimenticias y exista un incremento de ingresos para los agricultores.

## **7.8. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.**

### **7.8.1. MEDICIÓN DE CAUDALES DE LAS CINTAS DE GOTEO.**

- Se procederá a colocar vasos de precipitación bajo la cinta (Al principio, en la mitad y al final de la cinta) durante 1 min.
- Se repetirá 3 veces el mismo paso.

## **7.8.2. PREPARACIÓN DEL SUELO.**

La secuencia de preparación de suelo es la siguiente:

- Limpieza.
- Arado
- Rastreado.
- Nivelado.

## **7.8.3. ÉPOCA DE SIEMBRA**

El brócoli puede ser cultivado durante todo el año es un cultivo de ciclo corto, de no más de 90 días para variedades precoces y 120 días para variedades tardías, es cultivable tanto en época seca (si se cuenta con riego), como lluviosa, para mantener la oferta al mercado local.

## **7.8.4. TRASPLANTE**

Se procederá a trasplantar el brócoli a los 21 días con cuidado para evitar el maltrato del cuello de la planta.

## **7.8.5. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES**

La aplicación de fertilizantes se la debe realizar con Nitrato de amonio, Muriato de potasio y Fosfato diamónico a razón de 3 g por planta de la mezcla de los tres fertilizantes, con la finalidad de tener una fertilización homogénea la aplicación se la realizara a los 25 y 45 días después del trasplante

## **7.8.6. CONTROL DE MALEZAS**

Se debe realizar el control de malezas o deshierba, retirándolas de forma manual con ayuda de azadillas y rastrillos, esto se realizará cada vez que aparezcan malezas, en las parcelas.

### **7.8.7. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Las plantas de brócoli se revisaran diariamente, para verificar la existencia de plagas y enfermedades, en caso de existir serán tratadas de manera inmediata con la utilización de productos químicos disponibles para el efecto.

### **7.8.8. COSECHA**

La cosecha se realizará con la ayuda de un cuchillo o una navaja para retirar las pellas de forma manual.

### **7.8.9. COMERCIALIZACIÓN**

Para la comercialización las pellas se las venderá de manera directa en mercados locales.

### **7.9. ADMINISTRACIÓN**

Este proyecto estará administrado por la Universidad técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias y específicamente la carrera de Ingeniería Agronómica, quienes brindaran una ayuda a los agricultores de las zonas aledañas para que mejoren sus ingresos económicos en diversos cultivos.

### **7.10. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

Después de seis meses, se hará una evaluación del alcance de la propuesta en la zona de influencia donde se desarrolló la investigación, esto se realizara mediante una encuesta a los agricultores, para así fomentar más estudios acerca de este tema.