



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:** Evaluación del efecto de cuatro láminas de riego por método de goteo en la producción del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi en el cantón

Antonio Ante provincia de Imbabura.

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

LÍNEA 4: Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales.

**SUBLINEA:** Desarrollo y sostenibilidad

**AUTOR:** Alexander Javier Cachimuel Cachimuel

**ASESOR:** Mgs. José Valdemar Andrade Cadena

Ibarra, octubre de 2022

Ibarra, octubre de 2022

Mgs. José Valdemar Andrade Cadena

ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'JOSÉ VALDEMAR ANDRADE CADENA', is written over a circular stamp or seal that is partially obscured by the signature's loops.

(f)

Mgs. José Valdemar Andrade Cadena

C.C. 1001927167

**PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f)

Mgs. José Valdemar Andrade Cadena

C.C. 1001927167



(f)

PhD Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 1001774494



(f).....

PhD. Diego Manuel León Tapia

C.C.: 1711668895

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Alexander Javier Cachimuel Cachimuel, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, octubre del 2022

f): 

Alexander Javier Cachimuel Cachimuel

C.C.: 1003984299

## AUTORÍA

Yo, Alexander Javier Cachimuel Cachimuel, portador de la cédula de ciudadanía N°1003984299, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): 

Alexander Javier Cachimuel Cachimuel

C.C.: 1003984299

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Alexander Javier Cachimuel Cachimuel, con CC: 1003984299, autor del trabajo de grado intitulado: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO POR MÉTODO DE GOTEO EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) VARIEDAD BILOXI EN EL CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA.” previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, octubre de 2022

f): 

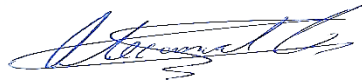
Alexander Javier Cachimuel Cachimuel

C.C.: 1003984299

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO POR MÉTODO DE GOTEO EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) VARIEDAD BILOXI EN EL CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA.”, lo propuesto en el Código de ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha de 20 de abril del 2021.

Para constancia firma:



f):

Alexander Javier Cachimuel Cachimuel

Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación

C.C/ Pasaporte: 1003984299

Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, octubre del 2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis padres, quienes me han apoyado a lo largo de mi formación tanto personal como académica, así como a mi familia, quienes me enseñados valores fundamentales, y que por sus enseñanzas y esfuerzo este logro es para ellos.

*Alexander Javier Cachimuel Cachimuel*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente y llenarme de bendiciones en el transcurso de mi vida.

A mis padres quienes me han ayudado para la obtención de este logro, que gracias a su esfuerzo me han convertido en la persona que soy hoy en día.

*Alexander Javier Cachimuel Cachimuel*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Hipótesis.....	3
CAPÍTULO III.....	4
ESTADO DEL ARTE.....	4
3.1. Cultivo de arándano.....	4
3.1.1. Generalidades.....	4
3.1.2. Taxonomía.....	6
3.2. Variedad de arándano Biloxi ( <i>Vaccinium myrtillus L.</i> ).....	6
3.2.1. Descripción botánica.....	7
3.2.2. Requerimientos agroclimáticos.....	8
3.2.3. Etapas fenológicas del cultivo de arándano.....	8
3.3. Tipos de plantaciones.....	9
3.3.1. Tipos de plantaciones.....	9
3.3.2. Tipos de plantaciones.....	10
3.4. Los sistemas de riego por goteo en arándanos.....	11
3.4.1. Los sistemas de riego por goteo en arándanos.....	11

3.5. Factores para el cálculo de las láminas de riego.....	13
3.5.1. Factores para el cálculo de las láminas de riego.....	13
3.5.2. Coeficiente de cultivo (kc) del arándano.....	13
3.5.3. Estrés hídrico.....	15
CAPÍTULO IV.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
4.1. Materiales.....	16
4.2. Metodología.....	16
4.2.1 Generalidades de la investigación.....	16
4.2.2. Condiciones agroclimáticas.....	17
4.3. Diseño experimental.....	18
4.3.1 Esquema del diseño.....	18
4.3.2. Descripción de los tratamientos.....	18
4.3.3. Esquema de las Unidades Experimentales.....	19
4.3.4. Esquema siembra de cada unidad experimental.....	20
4.3.5. Diseño de la instalación del sistema de riego.....	20
4.3.6. Descripción de las unidades experimentales.....	21
4.3.7. Análisis de la varianza estadística.....	21
4.4. MÉTODOS.....	22
4.5. Variables.....	27
4.5.1. Variable/s Independiente/s.....	27
4.5.2. Variable/s dependiente/s.....	28
4.5.2.1. Longitud de tallo (cm).....	28
4.5.2.2. Mortalidad (número de plantas).....	28
4.5.2.3. Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).....	28
4.5.2.4. Fenología del cultivo (Días a la floración).....	28
4.5.2.5. Rendimiento del cultivo (kg/ha).....	29
4.6. Manejo del experimento.....	29
4.6.1. Material vegetal.....	29
4.6.2. Preparación del área.....	29
4.6.3. Delimitación.....	29
4.6.4. Adecuación de sustrato.....	30
4.6.5. Trasplante.....	30
4.6.6. Riego.....	30

4.6.7. Fertilización.....	31
4.6.8. Control fitosanitario.....	32
CAPÍTULO V.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.1. Análisis de prueba de Normalidad Shapiro - Wilks y de Homocedasticidad por test de Levene.....	34
5.2. Análisis estadístico.....	35
5.2.1. Longitud del Tallo (cm).....	35
5.2.2.1. Análisis de varianza para longitud de tallo en la planta de arándano.....	35
5.2.2. Mortalidad de planta.....	42
5.2.3. Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).....	43
5.2.3.1. Análisis de varianza para la variable del número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).....	43
5.2.4. Fenología del cultivo (Días a la floración).....	52
5.2.5. Análisis de la varianza de la variable dependiente rendimiento del cultivo (kg/ha).....	53
CONCLUSIONES.....	67
CAPÍTULO VII.....	69
RECOMENDACIONES.....	69
CAPÍTULO VIII.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica <i>Vaccinium corymbosum</i> x <i>Vaccinium darrowii</i> .....	6
Tabla 2 Etapas fenológicas del cultivo de arándano variedad Biloxi ( <i>Vaccinium myrtillus</i> L.)..	9
Tabla 3 Condiciones agroclimáticas de las instalaciones del estudio.....	18
Tabla 4 Tratamientos en estudio.....	18
Tabla 5 Descripción de la investigación.....	21
Tabla 6 Esquema del ADEVA.....	21
Tabla 7 Estadística de estaciones climatológicas Inguincho M0001 INAMHI.....	22
Tabla 8 Frecuencia de riego según fenología vegetativa V1.....	23
Tabla 9 Frecuencia de riego según fenología vegetativa V2.....	23
Tabla 10 Frecuencia de riego según fenología vegetativa V3.....	24
Tabla 11 Frecuencia de riego según fenología vegetativa V4.....	24
Tabla 12 Frecuencia de riego según fenología reproductiva R1.....	24
Tabla 13 Frecuencia de riego según fenología reproductiva R2.....	25
Tabla 14 Frecuencia de riego según fenología reproductiva R3.....	25
Tabla 15 Frecuencia de riego según fenología reproductiva R4.....	25
Tabla 16 Frecuencia de riego según fenología reproductiva R5. Cuaje, caída de la corola.....	26
Tabla 17 Frecuencia de riego según fenología reproductiva R6.....	26
Tabla 18 Características de la fibra de coco.....	27
Tabla 19 Requerimiento nutricional del cultivo de arándano, para una producción de 8 t ha <sup>-1</sup> .....	31
Tabla 20 Dosis de fertilización utilizada en la unidad experimental.....	31
Tabla 21 Control de plagas y enfermedades.....	32
Tabla 22 Necesidades hídricas del cultivo de arándano, hasta los 8 meses de investigación en relación con el tratamiento por lámina de riego.....	33
Tabla 23 Resultados de la prueba de normalidad y homogeneidad.....	34
Tabla 24 Análisis de varianza de la variable dependiente longitud del tallo en la planta de arándano.....	35

Tabla 25 Análisis de varianza de la variable número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).....	43
Tabla 26 Análisis de varianza días de floración de arándano.....	52
Tabla 27 Análisis de varianza de la variable rendimiento en 10 periodos de cosecha.....	54
Tabla 28 Rendimiento por hectárea de arándano según láminas de riego de los tratamientos..	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del proyecto.....	17
Figura 2 Esquema de unidades experimentales.....	19
Figura 3 Medidas para cada una de las unidades experimentales.....	20
Figura 4 Distribución del tratamiento.....	20
Figura 5 Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 30 días, mes de julio del 2021.....	36
Figura 6 Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 60 días, mes de agosto del 2021.....	37
Figura 7 Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 90 días, mes de septiembre del 2021.....	38
Figura 8 Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 120 días, mes de octubre del 2021.....	38
Figura 9 Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 150 días, mes de noviembre del 2021.....	39
Figura 10 Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 180 días, mes de diciembre del 2021.....	40
Figura 11 Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 210 días, mes de enero del 2022.....	41
Figura 12 Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 240 días, mes de febrero del 2022.....	42
Figura 13 Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de agosto del 2021.....	44
Figura 14 Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de septiembre del 2021.....	45
Figura 15 Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de octubre del 2021.....	46
Figura 16 Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de noviembre del 2021.....	47

Figura 17 Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de diciembre del 2021.....	48
Figura 18 Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de enero del 2022.....	49
Figura 19 Prueba Tukey al 5% de la variable número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de febrero del 2022.....	50
Figura 20 Prueba Tukey al 5% de la variable días a la floración.....	53
Figura 21 Prueba Tuckey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 1 a los 168 días.....	56
Figura 22 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 2 a los 176 días.....	57
Figura 23 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 3 a los 184 días.....	58
Figura 24 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 4 a los 192 días.....	59
Figura 25 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 5 a los 200 días.....	60
Figura 26 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 6 a los 208 días.....	61
Figura 27 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 7 a los 216 días.....	62
Figura 28 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 8 a los 224 días.....	62
Figura 29 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 9 a los 232 días.....	64
Figura 30 Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 10 a los 240 días.....	65

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos de la investigación.....	75
Anexo 2 Obtención de Evapotranspiración (ETo) mediante programa CROPWAT 8.0.....	76
Anexo 3 Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano.....	76
Anexo 4 Actividades de preparación y delimitación del área de cultivo.....	85
Anexo 5 Preparación y riego de sustrato.....	85
Anexo 6 Instalación de líneas de riego.....	86
Anexo 7 Plantas variedad Biloxi .....	86
Anexo 8 Mediciones Conductividad eléctrica de la lixiviación del sustrato antes de la siembra.....	87
Anexo 9 Trasplante de plantas de arándano.....	87
Anexo 10 Instalación y programación del sistema de riego.....	88
Anexo 11 Visita de campo y control de plagas y enfermedades del cultivo.....	88
Anexo 12 Toma de datos etapa reproductiva R4 plena floración tratamiento 1.....	89
Anexo 13 Observación de campo etapa reproductiva R5 caída de corola y R6 fruto verde....	90
Anexo 14 Maduración del cultivo inicio de la cosecha .....	91

## RESUMEN

La tecnología que a diario se genera a través de la experiencia y la investigación conducen a mejorar los sistemas de producción agropecuaria con un adecuado manejo de los recursos naturales. El uso eficiente del agua de riego en cultivos alto rendimiento y valor permite optimizar al máximo los recursos agua y suelo con proceso de tecnificación de los cultivos. La presente investigación analizó la lámina de agua de riego óptima para el cultivo de arándano en un sistema semi hidropónico a cielo abierto, para lo cual se procedió a realizar el cálculo de la lámina de riego según las condiciones climáticas del lugar de investigación en base a la evapotranspiración, temperatura, precipitación y textura del suelo, la lámina calculada se la consideró como el 100% , procediendo desde este valor de lámina calculado se reduce el porcentaje de aplicación a 80, 60 y 40% evaluando el comportamiento de las plantas a nivel productivo y morfofisiológico en el periodo de 8 meses, los resultados de la investigación permite ahorrar el 20% de la aplicación del agua en el cultivo de arándano sin disminuir los rendimientos de la planta, el fruto conserva la misma calidad de cuando se regaba con una lámina al 100% se puede obtener el óptimo uso el recurso agua y conservar el sustrato evitando lixiviaciones que provocan pérdidas de fertilizante y afecta al rendimiento.

**Palabras clave:** arándano, lámina de riego, agua, producción.

## ABSTRACT

The technology that is generated daily through experience and research leads to improving agricultural production systems with proper management of natural resources. The efficient use of irrigation water in high-yield and high-value crops makes it possible to optimize water and soil resources to the maximum with a process of crop technification. The present investigation analyzed the optimal irrigation water sheet for the cultivation of plowing in an open-air semi-hydroponic system, for which the calculation of the irrigation sheet was carried out according to the climatic conditions of the research site based on evapotranspiración, temperatura, precipitation and soil texture, the calculated sheet is considered as 100%, proceeding from this calculated sheet value, the application percentage is reduced to 80, 60 and 40%, evaluating the behavior of the plants at level productive and morphophysiological in the period of 8 months the results of the investigation allow saving 20% of the application of water in the plowing crop without reducing the yields of the plant the fruit retains the same quality as when it was irrigated with a sheet to the 100% can be achieved by obtaining the water resource and conserving the soil, with the investigation of other types of substrates and seeing their relationship with irrigation sheets without losing the quality of the fruit.

**Keywords:** blueberry, irrigation sheet, water, production.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La introducción del cultivo de arándano se da por la década de los 80, en América del sur, con la finalidad de evaluar su desempeño y cómo se adapta a su zona, desde este punto se inició su desarrollo y se descubrió su potencial, siendo Chile uno de los principales productores de este cultivo (Pérez , 2022)

El arándano es un cultivo que está iniciando su fomento en el país con una mínima participación en el mercado, no obstante, las hectáreas (50 ha) plantadas y los rendimientos considerablemente se han incrementado durante los últimos años, esta especie suele ser muy susceptibles a una variable cantidad y calidad del agua de riego, necesitando una alta inversión para mantener el desarrollo y rendimientos óptimos de cultivo en una fase inicial (Villavicencio, 2017).

Las principales producciones que desarrollan este cultivo, se encuentran en condiciones protegidas con invernaderos, macro túneles y cubiertas con malla, la tecnificación agraria ha permitido implementar sistemas hidropónicos, que faciliten y minimicen impactos ambientales, tales como el uso adecuado del recurso hídrico, la reutilización de materias primas, como la cascarilla de arroz y fibra de coco (Moreta, 2014).

En la actualidad el recurso hídrico ha sido nombrado el principal tema de discusión, ya que se estima que en los próximos 50 años se vea afectado, variando de esta manera las actividades económicas y la estabilidad mundial afectándose de manera paralela las actividades agrarias y por ende la soberanía alimentaria del país (Bustillo, 2018).

Actualmente se desarrolla nuevos sistemas de producción, una de ellas es el riego tecnificado que nos brinda la gestión hídrica, más eficaz y sostenible, además de obtener

rendimientos estables, aprovechar ciclos de producción en épocas de sequía correspondientes a los meses de junio, agosto, septiembre en la región sierra ecuatoriana (Jiménez et al., 2012).

El factor riego es uno de los principales puntos a considerar en la producción del cultivo de arándano, debido a que su sistema radicular es superficial y capta fácilmente los requerimientos hídricos y nutricionales, como consecuencia un déficit como un exceso, tiene un efecto negativo sobre el crecimiento del cultivo, el déficit de agua limita que la planta llegue a su rendimiento ideal, como su exceso favorece el desarrollo de ciertas enfermedades, además de un desbalance en su Conductividad eléctrica (G) y pH (Pannunzio et al., 2011).

El estrés hídrico trae como consecuencia un estrés osmótico que implica un efecto negativo en la planta, dentro de las cuales se menciona reducción de la biomasa en raíz, tallo, hojas, desarrollo de la planta, contenido bajo de clorofila, pérdida de turgencia y en etapas de producción disminución de tamaño y peso en frutos que implican baja aceptación en su comercialización (Christopher et al., 2018).

Para el establecimiento de plántulas de arándano es necesario considerar la lámina de riego a aplicar durante el desarrollo del cultivo, tomando en cuenta que las raíces de las plantas son muy sensibles al déficit y exceso de agua de riego. El diseño del sistema de riego permitirá mantener el porcentaje de humedad del sustrato ideal a profundidades de 15 a 20 cm donde se van a desarrollar las raíces. Con el uso de esta tecnología se ha logrado incrementos del 43 % del rendimiento (Undurraga y Vargas, 2013).

En base a la información compartida, se planteó la evaluación del efecto de cuatro láminas de riego por método de goteo en la producción del cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi, para que los agricultores utilicen las cantidades necesarias de agua de riego en el arándano cultivados en sustratos, se mantenga una correcta aireación del medio en donde se desarrolla las raíces, promover un desarrollo adecuado de las plantas y posterior incremento del rendimiento del cultivo, cuyos resultados obtenidos contribuirán a manejar eficientemente el recurso hídrico en las parcelas agrícolas de pequeños y medianos productores (Ortiz-Romero et al., 2012).

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro láminas de riego por método de goteo en la producción del cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura.

#### 2.2. Objetivos específicos

1. Calcular las necesidades hídricas del Arándano variedad Biloxi (*Vaccinium myrtillus* L.).
2. Determinar el mejor comportamiento agronómico del cultivo de Arándano variedad Biloxi según las láminas de riego.
3. Comparar el efecto de cuatro láminas de riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de arándano.

#### 2.3. Hipótesis

Hipótesis nula: Todas las láminas de riego tienen el mismo efecto en el comportamiento agronómico y en el productivo del cultivo de arándano variedad *Biloxi*.

Hipótesis alterna: Al menos una lámina de riego tiene efecto superior al resto de láminas en el comportamiento agronómico y en el productivo del cultivo de arándano variedad *Biloxi*.

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1. Cultivo de arándano

##### 3.1.1. Generalidades

El arándano es una planta de tipo arbustiva perenne de hojas caducas es una especie nativa del hemisferio norte que pertenece a la familia de las Ericáceas, de ellas sólo un número pequeño son de interés comercial. Se adaptan a todo tipo de suelos que mantienen pH entre 4 y 6, con buen drenaje y un adecuado suministro de humedad (Hauviller *et al.*, 2017). Si el valor de pH supera los 6 se debe usar abonos de reacción ácida, es aconsejable usar enmiendas como el azufre con cantidades entre 1.000 y 1.500 kg ha<sup>-1</sup> para bajar anualmente un nivel de pH, el cultivo es muy exigente en los porcentajes de materia orgánica (García y García, 2015).

El arándano se adapta a diferentes pisos altitudinales, además estas características mejoran el rendimiento, color, tamaño del fruto, sabor, firmeza, resistencias a plagas, enfermedades, daños mecánicos y mayor vida en anaquel, al primer año de cultivo se puede obtener un kilo de cada planta, a medida que transcurren los años se puede ir incrementando los kilos por planta hasta llegar a una producción de 4.5 kg anual (Ríos De Souza *et al.*, 2014).

Es altamente comercial, competitivo en la perspectiva de crecimiento mundial dentro de los mercados bursátiles, el consumo se basa en frutas frescas, pero en la actualidad se enfocan en extractos, frutos secos, procesos alimenticios (dulces, postres, helados), bebidas, incentivando su consumo en Estados Unidos, Asia, Europa (Undurraga-Díaz y Vargas, 2013).

Países de Latinoamérica como Chile y Perú compiten por convertirse en los principales proveedores del Berry, las estimaciones de crecimiento son de 1.500 y 2.000 ha año. El rendimiento promedio de Perú en el 2015 fue de 9.145 kg ha<sup>-1</sup> y dándose un incremento en el año 2018 a 15.771 kg, se considera que el incremento es en base a mejoras en las técnicas de riego (Carrasco, 2020).

La producción de arándano en el Ecuador se realiza desde aproximadamente el año 2015 en las Pichincha, Azuay, Tungurahua, Cotopaxi, Imbabura, Carchi, Chimborazo, el Oro y Santa Elena, plantas que fueron importadas desde países como Estados Unidos y Perú, se estima que se necesita 70.000 dólares para la instalación de una hectárea, la cual va a durar un tiempo estimado de 12 años en producción (Lima- Balcázar, 2019).

Los mayores compradores de la fruta de arándano para consumo interno en el Ecuador son de la Corporación la Favorita, la comercialización se realiza en envases de plástico transparentes de 125 g, debido a que los frutos son muy sensibles al tacto (González, 2018). Los frutos miden de 1 a 1.5 cm, tiene un sabor agridulce, de pulpa jugosa, en la parte superior del fruto tiene una corona la cual la distingue del mortiño y es conocidos comercialmente como Blueberry, las producciones provienen de pequeños y medianos productores (Farfán, 2016).

Las características del clima que ofrece el Ecuador influyen en los grados brix y en el tamaño de la fruta, además, las plantaciones escalonadas van a ayudar a tener plantas en formación, desarrollo, producción y en cosecha (González, 2018).

### 3.1.2. Taxonomía

De acuerdo con Rodríguez (2019), reporta la siguiente clasificación taxonómica

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica Vaccinium corymbosum x Vaccinium darrowii*

Taxonomía	
Reino:	Vegetal
División:	Pterophytas
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledonea
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Ericales
Familia:	Ericaceae
Subfamilia:	Vaccinioidea
Tribu:	Vaccinieae
Género:	Vaccinium
Especie:	<i>Vaccinium corymbosum x Vaccinium darrowii</i>

**Nota.** En la tabla precedente se puede observar la clasificación taxonómica de la especie ocupada en el estudio, Adaptado de Hauviller et al., (2017), Un aporte a la estimación de la evapotranspiración del cultivo juvenil de Arándano utilizando metodología según FAO en localidades de la Mesopotamia Argentina. INIA, 1–2.

### 3.2. Variedad de arándano Biloxi (*Vaccinium myrtillus* L.)

Es una variedad tetraploide obtenida por el cruce de *Vaccinium corymbosum*, *V. angustifolium* Aiton, *V. darrowii* Camp, *V. ashei* Reade. Su domesticación se inició en el siglo XX con la utilización de ejemplares silvestres, es un cultivo que requiere de 400 a 500 horas de frío para desarrollarse óptimamente (Quintanilla y Prieto, 2016).

Se caracteriza por ser una planta de alto vigor presenta alturas de planta entre 0.50 a 1.8 m y productividad de bayas medianas a pequeñas, color azul, tiene una única cicatriz al medio, de buen sabor y firmeza, los frutos tienen un peso medio de 1.47 g, un pH ácido de 3.2 (García et al., 2013). El tiempo a la cosecha es generalmente rápido, es una planta de hábito erecto, vigorosa y productiva (Becerra et al., 2017).

Se puede usar densidades de siembra que van desde las 9.000 a 10.000 plantas por hectárea considerando la distancia entre planta de 0.1 a 0.40 m, las entrelíneas a una distancia de 3 a 3.50 m, mientras más se incremente la densidad de siembra se debe implementar programas de prevención de plagas y enfermedades, que afecten la vida productiva de la planta, la calidad y cantidad de fruta (Farfán, 2016).

### **3.2.1. Descripción botánica**

Considerado como un arbusto perenne, con un patrón de ramificación basitónica (mayor desarrollo en la base que en la cima), de desarrollo leñoso que alcanza de 3 a 4 m de altura, conformado por hojas alternas que pueden poseer margen o ser aserradas, preferentemente de forma ovalada o lanceolada (Mesa, 2015). Posee flores pedunculadas, axial o terminal, estas se abren en solitario o en racimo, además de poseer un color blanco característico (Bustillo, 2018).

El fruto de arándano es una baya esférica falsa de 6 mm de diámetro con pesos de medio gramo a cuatro gramos, pasan por distintos grados de color a medida que los frutos maduran terminado con un color azulado y recubierto de sustancias serosas al momento de la cosecha (Bryla et al., 2009).

En cuanto a sistema radicular este es fibroso, reducido y superficial, una de las características de esta planta es que no cuenta con vellos radiculares que generalmente se encargan de la absorción de nutrientes, esta función es cumplida por raíces jóvenes (Mesa, 2015).

El rendimiento del arándano está asociado a mantener una cantidad constante de agua en el sustrato durante toda la temporada de cosecha. La programación del riego es fundamental para el máximo desarrollo de las bayas, permitiendo el crecimiento vegetativo para asegurar la producción. Es así que en el momento previo a la cosecha la planta pierde 19 litros por efecto de la evapotranspiración, y es necesario calcular la máxima necesidad hídrica (Bryla *et al.*, 2009).

### **3.2.2. Requerimientos agroclimáticos**

Las condiciones de desarrollo de este cultivo se pueden presentar de esta forma, prefiere suelos o sustratos ácidos que van entre 4.5 a 5 que son ideales para su desarrollo, deben poseer una adecuada porosidad y un buen drenaje, permitiendo la aireación del sistema radicular además de su oxigenación (Forbes y Ramis, 2009).

Variedades altas como *Biloxi*, *Emerald* se adaptan de mejor forma al sur del continente por su requerimiento mínimo de horas frío, la desventaja que esta variedad, no tolerar temperaturas menores a 14°C, se hace mención que las temperaturas ideales van de 25 a 27°C en cuanto a desarrollo de flores y frutos (Mesa, 2015).

### **3.2.3. Etapas fenológicas del cultivo de arándano**

El desarrollo de cultivos en general se ve afectado por condiciones edafoclimáticas, por el cual el crecimiento de la planta de arándano variedad *Biloxi* comprende a dos etapas vegetativa y reproductiva, en la cual la etapa vegetativa contempla cuatro sub etapas y la reproductiva seis subetapas, la variedad *Biloxi* se caracteriza por tener mayor adaptación a templados y fríos, además de requerir menor horas frío por debajo de las 1.000 horas frío (Mesa, 2015).

**Tabla 2**

*Etapas fenológicas del cultivo de arándano variedad Biloxi (Vaccinium myrtillus L.)*

	Periodo fenológico	Coefficiente del cultivo	Días
Vegetativo	V1. Punta verde Yema vegetal	0,2	30
	V2. Brotes Entrenudos cortos	0,4	30
	V3. Brote nuevo Alargamiento de entrenudos y expansión de hojas	0,4	30 - 60
	V4. Rama nueva Hojas expandidas y entrenudos largos	0,5	60 - 90
Reproductivo	R1. Yema hinchada Origen de las flores	0,7	90 - 120
	R2. Yema abierta Inicio de floración	0,8	120 - 150
	R3. Botones florales Cola cerrada	0,8	150 - 180
	R4. Plena floración Corola abierta	0,9	180 - 210
	R5. Cuaje Caída de la corola	0,9	210 - 240
	R6. Fruto verde	1,1	240 - 270

**Nota.** El periodo fenológico es aquel que expresa la relación entre los factores climáticos y el desarrollo de la especie, Adaptado de Mesa, P. (2015), Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum l. x v. darowii*) plantados en guasca (Cundinamarca, Colombia). descripción botánica del arándano, 0(0), 18–25.

### 3.3. Tipos de plantaciones

#### 3.3.1. Tipos de plantaciones

Las raíces de las plantas de arándano tienen la característica de ser finas, por esto se necesita suelos franco-arenosos (Álvarez, 2017).

Con un buen drenaje y con contenidos del 3 al 5 % de materia orgánica, de 4.5 a 5.2 de pH, en las primeras etapas de desarrollo es necesario que exista una buena humedad a los 40 cm de profundidad (Bustillo, 2018).

En suelos con pH de 4 se deben realizar encalados a razón de 1000 kg / planta de carbonato de calcio para que el pH vaya subiendo, sin embargo, cuando el suelo posee un pH de 6 o superior se debe aplicar enmiendas a base de azufre con dosis de 1000 a 1500 kg / planta, en el momento de la preparación de suelo es necesario aplicar materia orgánica en cantidades de 30 a 40 ton ha<sup>-1</sup> y determinar la cantidad de macro y micro nutrientes existentes en el suelo (Retamal-Salgado *et al.*, 2015).

### **3.3.2. Tipos de plantaciones**

Un sustrato es todo material sólido que se puede usar como remplazo del suelo agrícola, es un medio sólido el cual posee dos funciones principales, la primera protege a la raíz de la luz, permite que las raíces puedan tener sus procesos de respiración y ayuda a anclar a las raíces de las plantas, la segunda función es almacenar nutrientes y agua que requiere las plantas para desarrollarse (Moreta, 2014).

El desarrollo de las plantas de arándano en fundas y/o macetas está asociada al uso de sustratos que poseen cantidades de 60 % cascarilla, 20 % sustrato, 20 % composta de pino, riego tecnificados y altas densidades de siembra (Benavides, 2019).

Los requisitos específicos del arándano en condiciones de suelo son factores limitantes en todo el mundo, las alternativas se presentan para cultivar arándano en contenedores con diferentes tipos de sustratos, la producción en contenedores de plástico permite un mejor control del crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, incrementar las densidades de siembra por hectárea (Ochmian *et al.*, 2019).

En los sistemas de producción intensificado sustituyen el suelo por sustrato el cual tiene una mejor porosidad y es útil donde los suelos presentan problemas fitosanitarios, es necesario mantener un monitoreo constante de la conductividad eléctrica y el pH de las soluciones nutritivas (fertilizantes solubles disueltos en agua de riego) antes durante y final del paso por el sustrato utilizado

### **3.4. Los sistemas de riego por goteo en arándanos**

De acuerdo con Yarborough (2004), la aplicación del riego en arándano ha incrementado el rendimiento en un 43 %. Es importante mantener un nivel de humedad de 10 cb (centibares).

El momento de mayor requerimiento de agua ocurre en la recolección de los frutos con las evapotranspiraciones de 19 litros día<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> (Bryla et al., 2009).

Los requerimientos hídricos del cultivo se basan en el coeficiente del cultivo (kc), los datos climáticos, el establecimiento de la lámina de riego (Casas, 2017).

El sistema de riego por goteo es ideal para el desarrollo del cultivo debido a que las raíces son sensibles a la asfixia radicular por un elevado suministro de agua o por falta de aireación del sustrato (San Martín, 2015).

#### **3.4.1. Los sistemas de riego por goteo en arándanos**

Las actividades de irrigación son de mucha utilidad al momento de tomar decisiones por parte del técnico, debido a que desea conocer la distribución espacial de la lámina de riego, si existe una dependencia, la afectación en el desarrollo y producción del cultivo, además de conocer las áreas de terreno que reciben mayor cantidad de agua (Ortiz *et al.*, 2012).

Los riegos deficientes afectan la fotosíntesis, el desarrollo y la producción de frutos, en cambio los excesivos aumentan la lixiviación de nutrientes, reduce las funciones de las raíces, incrementa la posibilidad de infección en la corona de las plantas. El regadío de cultivos se

considera el factor determinante en las etapas de crecimiento y producción, más cuando el sistema radicular es superficial tiene restricciones de absorber agua del sustrato (Holzapfel *et al.*, 2004).

La programación de las áreas a regar puede llegar a ahorrar un 50% de agua, influyendo en el cultivo en la longitud de la planta, los índices de área foliar, la calidad y peso del fruto en un promedio de 15 % (Ryu *et al.*, 2014).

Se puede trabajar mediante datos basados en la estimación de la evapotranspiración, reemplazando el agua consumida, o mediante una segunda opción que es estresar la planta y regar de acuerdo con las necesidades conocidas (Shock y Wang, 2011).

El riego por goteo permite suministrar humedad homogénea en todo el sustrato, con una eficiencia del 90 % en comparación al riego por gravedad que llegan al 65 % de eficiencia, es decir que tan solo el 10 % y el 25 % respectivamente se evaporan. El alto consumo del recurso hídrico se debe al uso de sistemas menos sofisticados (Rony, 2015).

Las variedades exigentes tienen una demanda hídrica que fluctúa entre 5.000 y 8.000 m<sup>3</sup> por hectárea y un valor de 4.000 a 7.000 m<sup>3</sup> de niveles productivos bajos, dependiendo del año de producción (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA], 2018). En la actualidad las opciones para producir un cultivo sin necesidad de utilización de suelo son posible gracias a la tecnología hidropónica que suministra soluciones nutritivas al sustrato en el que se desarrollan las plantas (Medrano *et al.*, 2019).

El arándano tiene un requerimiento hídrico que oscila entre 1.5 y 3 l día<sup>-1</sup> en cultivos de 3 a 5 años, normalmente el agricultor aplica cantidades superiores del recurso hídrico por desconocimiento o porque considera que incrementa las cantidades de fruto y que el cultivo tiene una alta sensibilidad al déficit hídrico (Holzapfel *et al.*, 2004).

### **3.5. Factores para el cálculo de las láminas de riego**

#### **3.5.1. Factores para el cálculo de las láminas de riego**

La evapotranspiración del cultivo varía según climas cálidos y fríos, las etapas fenológicas y es expresado en milímetros de altura de agua evapotranspirada cada día (mm día<sup>-1</sup>), en este caso un milímetro de agua evapotranspirada es igual a un litro por cada metro cuadrado de suelo, para su monitoreo se puede utilizar equipos como el tanque tipo A el cual asemeja la evaporación del agua a la pérdida de agua por las plantas, con este dato se puede calcular la cantidad de agua que se necesita añadir (Solís, 2011).

La transpiración es la acción de vaporización de los líquidos de los tejidos vegetales, los cultivos pierden agua por las estomas este fenómeno ocurre dentro de la hoja y el intercambio de vapores de los espacios intercelulares de la hoja con los de la atmósfera (Villavicencio, 2017).

Los dos procesos para que se genere la evapotranspiración ocurren simultáneamente, cuando el cultivo se encuentra en las etapas iniciales el agua se pierde en su mayoría por la evaporación del agua presente en el suelo y cuando ya está en las etapas de mayor desarrollo vegetativo se produce una mayor transpiración por parte de los tejidos o el área foliar (Peiteado y Lop, 2005).

#### **3.5.2. Coeficiente de cultivo (kc) del arándano**

Los valores se obtienen en base a las características del cultivo y los efectos de la evaporación del suelo agrícola, son de mucha importancia para la planificación de los riegos de una parcela de cultivo establecida. Varía a lo largo del crecimiento de las plantas y se divide en cuatro etapas (Riquelme, 2017).

Etapas inicial el cual es el periodo desde la siembra hasta cuando el cultivo cubre el 10 % del suelo, la etapa de desarrollo culmina cuando las plantas alcanzan un nivel óptimo de

cobertura o que cubren más el suelo, etapa de mediados de temporada es cuando la planta ya ha llegado a su madurez o la producción de frutos y la etapa final de temporada es cuando las plantas empiezan la etapa de senescencia (Pannunzio et al., 2011).

Uno de los principales factores es el coeficiente del cultivo (kc) se menciona que en etapas iniciales de trasplante este coeficiente es de 0.2 a 0.9 en cultivos de un año en riego por goteo, además se menciona mejoras de 0.2 a 1.1 proponiendo una evolución de este coeficiente (Pannunzio et al., 2011).

Dotar las cantidades necesarias de agua de riego al cultivo para rendimientos adecuados en las cosechas es fundamental, para esto se debe tomar en cuenta cálculos en estado de crecimiento de la planta, además de la capacidad del sustrato para mantener la humedad, si el cultivo tiene sombra para reducir la insolación, dependiendo de estos factores se programa las veces que se debe aplicar agua al cultivo durante el día (Silva, 2019).

En cultivos en hidroponía el riego debe ser constante y tener una alta frecuencia, ya que diferentes tipos de sustratos presentan diferentes características como mayor o menor retención de humedad (Rodríguez, 2019).

La cantidad de agua el cultivo de arándanos dependerá de las condiciones agroclimáticas, sustratos empleados, etapa fenológica del cultivo y el sistema de riego que se instale, se menciona que en cultivos en hidroponía con sistemas de riego por método de goteo la demanda de agua es alrededor de 1.5 a 3 l día<sup>-1</sup> para una planta (Holzapfel *et al.*, 2004).

### **3.5.3. Estrés hídrico**

El déficit hídrico en la actualidad es suma importancia, en la producción agrícola principalmente en épocas de invierno o verano, preexiste fluctuaciones altas, al no saber cuándo abunda o escasea este recurso, se menciona que para dentro de treinta años la demanda de agua

crecerá en un 55% debido a la sobrepoblación aumentando el estrés hídrico no solo en la población sino en cultivos de regadío bajando la demanda de alimentos (Valladares et al., 2014).

El agua es considerado muy importante en el desarrollo de las plantas y la ausencia de esta es un factor que forma estrés en estas, en algunos ecosistemas muchas especies de plantas han desarrollado defensas que permiten tolerar un déficit bajo de agua incluso en hábitats desérticos (Bray, 2001).

Bajas frecuencias de riego o que estas están mal calculadas generan una frecuencia de riego bajo, generando estrés hídrico en la planta, afectando de forma negativa al desarrollo en los estados fenológicos vegetativo y reproductivo, además de incidir en el crecimiento y producción de estas (Christopher et al., 2018).

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Materiales

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| ✓ Bomba de mochila                   | ✓ Herramientas para labranza           |
| ✓ Manguera de 1,90 cm de diámetro    | ✓ Abrazaderas                          |
| ✓ Manguera de 16 mm de riego         | ✓ Niple de bronce                      |
| ✓ Cinta de goteo                     | ✓ Empaques de caucho                   |
| ✓ Bomba de presión de 0,5 Hp         | ✓ Arandelas metálicas                  |
| ✓ Filtro de malla                    | ✓ Tuercas                              |
| ✓ Equipo de protección fitosanitario | ✓ Válvulas                             |
| ✓ Fundas Plásticos de 20 litros      | ✓ Manguera de caucho o plástica        |
| ✓ Guantes de Caucho                  | ✓ Ganchos de alambre                   |
| ✓ Sustratos para cultivo de arándano | ✓ Bastón de madera                     |
| ✓ Fertilizantes en sales             | <b>Material vegetal</b>                |
| ✓ Botas                              | ✓ Plantas de Arándano variedad Biloxi  |
| ✓ Overol                             | ✓ Transporte de plantas                |
| ✓ Letreros                           | <b>Reactivos</b>                       |
| ✓ Estacas de madera                  | ✓ Análisis de sustrato y agua de riego |

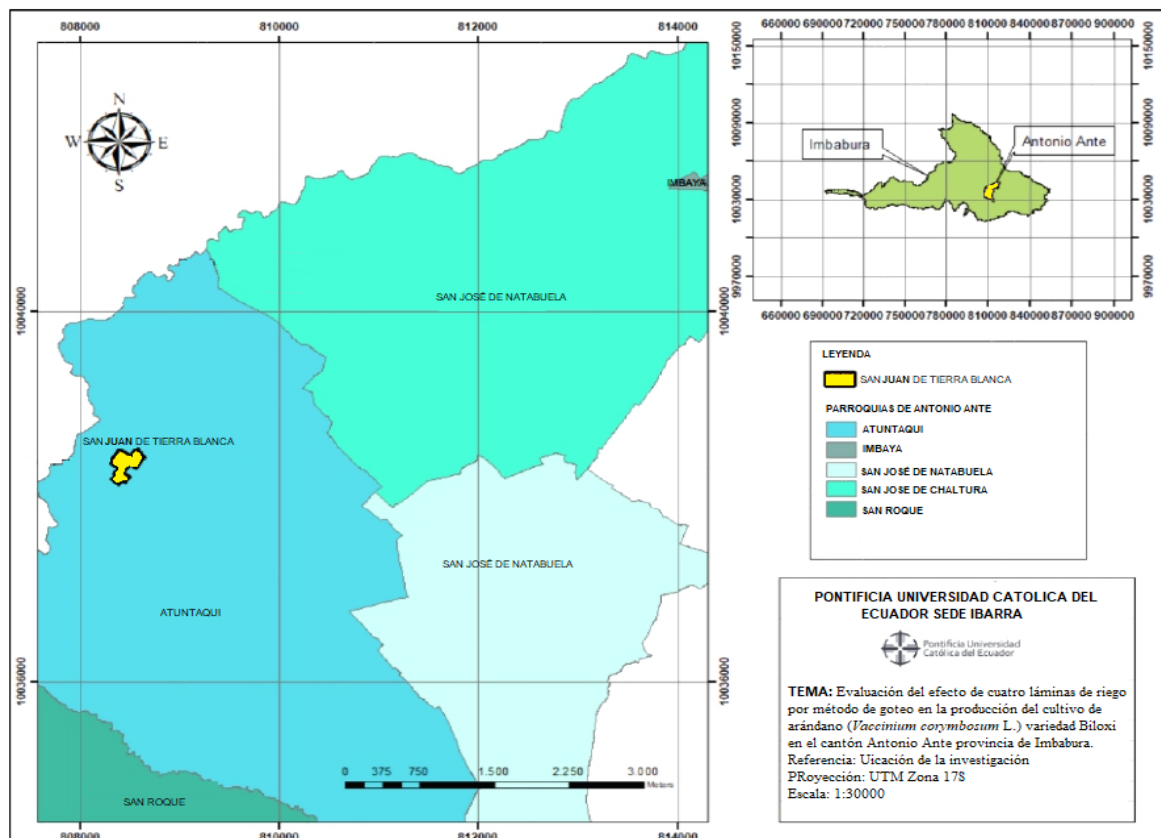
#### 4.2. Metodología

##### 4.2.1 Generalidades de la investigación

El estudio se desarrolló en el barrio Tierra Blanca en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. Con la ubicación geográfica de las coordenadas latitud N 0° 20' 30'' N longitud W 78° 12' 37'', se utilizó plántulas de la variedad de arándano Biloxi de 3 meses de edad con una altura de planta de 15 cm, se realizó el trasplante en una funda con capacidad de 20 litros de sustrato.

**Figura 1**

*Ubicación geográfica del proyecto*



**Nota.** El proyecto se realizó Cantón Antonio Ante, el barrio San Juan de Tierra Blanca.

#### 4.2.2. Condiciones agroclimáticas.

La investigación se realizó en la zona agrícola rural que presenta las condiciones agroclimáticas establecidas a continuación.

**Tabla 3***Condiciones agroclimáticas de las instalaciones del estudio*

<b>Variables</b>	<b>Datos establecidos</b>
Altura	2347 m.s.n.m.
Clima	Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo
Temperatura	12 y 20° C
Temperatura media anual	13.6°C
Precipitaciones	500 y 1.500 mm
Evapotranspiración potencial	0.5 -1.0
Humedad relativa	80%

**4.3. Diseño experimental**

Para la presente investigación se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones obteniendo un total de doce unidades experimentales.

**4.3.1 Esquema del diseño****Tabla 4***Tratamientos en estudio*

<b>Símbolo</b>	<b>Láminas de riego (%)</b>
T1 (Testigo)	100% De la lámina de riego calculada
T2	80% De la lámina de riego calculada
T3	60 % De la lámina de riego calculada
T4	40% De la lámina de riego calculada

**Nota.** Las láminas de riego utilizadas en la investigación fueron tomadas en base a la investigación realizada por García y García (2015).

**4.3.2. Descripción de los tratamientos**

Se calculó el requerimiento hídrico del cultivo en base a las condiciones agroclimáticas de la zona de Antonio Ante para el cultivo del arándano considerando el 100 % los demás tratamientos con una disminución del 20 % ya que reducir menos porcentaje no demuestra diferencias significativas en los tratamientos de acuerdo con Rivadeneira (2015), la finalidad de la investigación es el aprovechamiento eficiente el agua de riego manteniendo un rendimiento

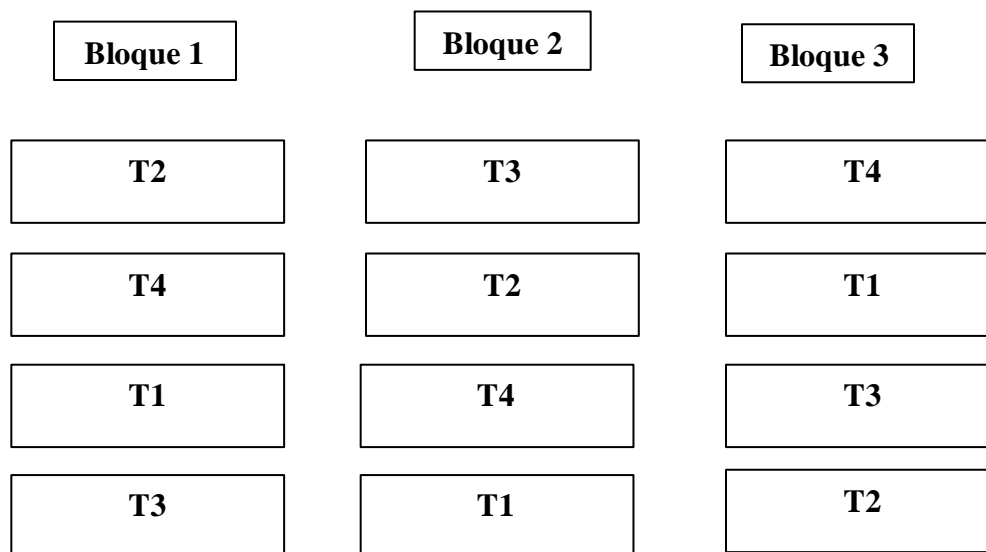
aceptable con la mínima cantidad de agua a utilizar. Todo esto enfocado a que el cultivo sea sustentable. El cálculo de los tratamientos se realizó como se detalla a continuación

### 4.3.3. Esquema de las Unidades Experimentales

La unidad experimental constituye las plantas de arándano sembradas en fundas de polietileno de alta densidad de capacidad de 20 litros con sustrato de fibra de coco al 100 % con riego localizado por goteo a cada planta con frecuencia de riego y fertirrigación controlada por un timer automatizado.

**Figura 2**

*Esquema de unidades experimentales*



*Nota.* Cada unidad experimental representa una plántula de arándano, el esquema de bloques es un adaptado al utilizado por (Rodríguez, 2019).

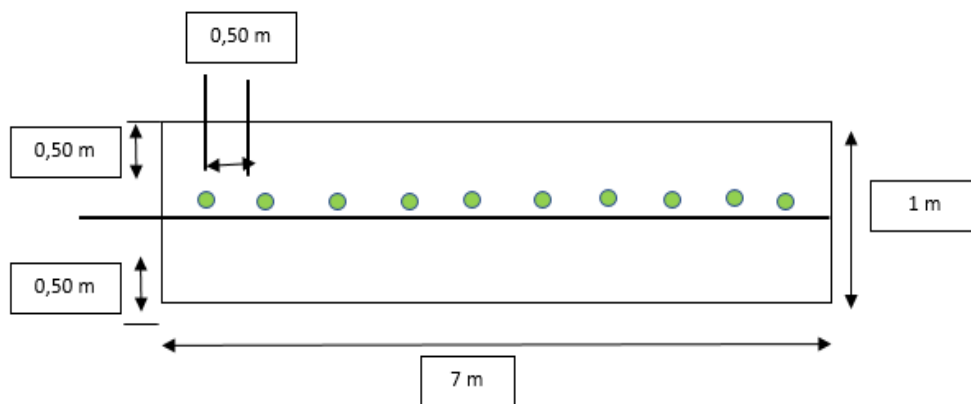
- **Tratamiento 1:** Lámina de riego al 100 % de capacidad de campo (T1 Testigo lámina establecida para cultivo de arándano). Se calculó la cantidad de agua para el cultivo de arándano variedad Biloxi.
- **Tratamiento 2:** Lámina de riego al 80 % de capacidad de campo.
- **Tratamiento 3:** Lámina de riego al 60 % de capacidad de campo.

- **Tratamiento 4:** Se va a suministrar al 40 % de la humedad aprovechable.

#### 4.3.4. Esquema siembra de cada unidad experimental

**Figura 3**

*Medidas para cada una de las unidades experimentales*

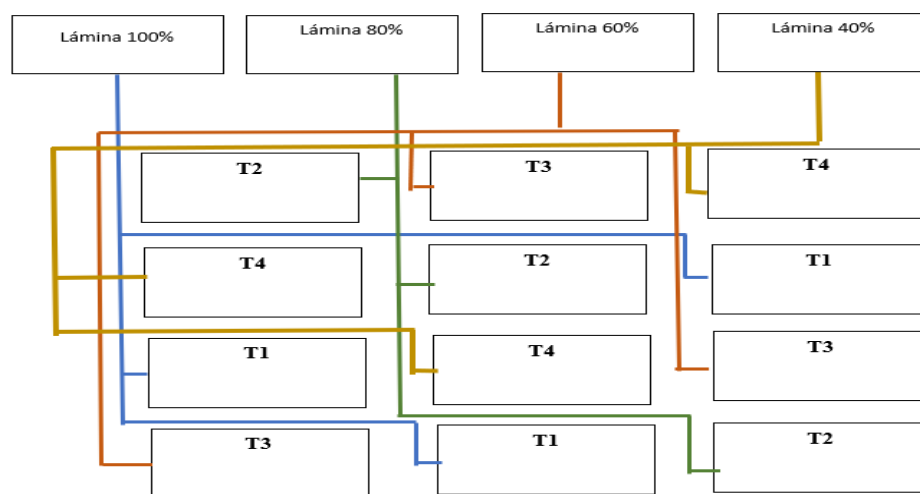


*Nota.* En la figura se muestra la distancia a la que se colocó cada planta

#### 4.3.5. Diseño de la instalación del sistema de riego

**Figura 4**

*Distribución del tratamiento*



*Nota.* En la figura se puede observar cómo se realizó el sistema de riego

#### 4.3.6. Descripción de las unidades experimentales

A continuación, se presentan las dimensiones de las unidades experimentales para la evaluación de las variables dependientes.

**Tabla 5**

*Descripción de la investigación*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>
Área total	130 m <sup>2</sup>
Área útil	80 m <sup>2</sup>
Forma	Rectangular
Largo de la UE	3 m
Ancho de la UE	1,20 m
Tamaño de UE	6,3 m <sup>2</sup>
Número de plantas por UE	10 plantas
Número total de plantas	120 plantas

#### 4.3.7. Análisis de la varianza estadística

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ADEVA o ANOVA), la prueba Tukey realizada tuvo un nivel de significancia del 5%.

**Tabla 6**

*Esquema del ADEVA*

Fuentes de variación	Gl
Total	11
Tratamientos	3
Bloques	2
Error experimental	6

### 4.4. MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizó diferentes láminas de riego, se calculó la lámina y frecuencia de riego, además se usó el programa de la FAO - CROPWAT 8.0 de libre licencia.

Para la obtención de la evapotranspiración mensual de la zona se corroboró con los cálculos correspondientes para la obtención de la lámina de riego. Con la base de datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI] se expresan en la siguiente tabla 7.

**Tabla 7**

*Estadística de estaciones climatológicas Inguincho M0001 INAMHI*

Mes	TEMPERATURA		HUMEDAD relativa%	Viento (m s <sup>-1</sup> )	Insolación (horas)	Rad MJ m <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	ETo mm día <sup>-1</sup>
	máxima	mínima					
Enero	21,4	7,3	83	3,3	9,3	23	3,82
Febrero	20,8	8,4	85	2,8	8,4	22,4	3,67
Marzo	20,9	7,7	83	2,5	8,8	23,3	3,85
Abril	20,7	8,3	86	2,6	8,4	22,1	3,57
Mayo	21,8	8,3	82	2,9	9	21,8	3,7
Junio	20,9	8,2	83	3	8,5	20,3	3,39
Julio	21	7,8	79	3,8	8,8	21	3,66
Agosto	21,9	6,7	76	3,1	9,9	23,7	4,15
Septiembre	21,6	7	77	3,3	9,6	24,2	4,19
Octubre	21,3	8,2	84	3,2	8,8	23	3,79
Noviembre	22,9	8	81	2,7	9,7	23,7	4,11
Diciembre	21	9	85	2,9	8,1	20,9	3,8
Promedio	21,4	7,9	82,0	3,0	8,9	22,5	3,8

**Nota.** Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017

Como base inicial se consideró el 100 % de la lámina de riego en la etapa inicial de la evaluación y se procedió disminuir en forma porcentual la lámina y el tiempo de riego para la evaluación hasta el límite de estrés hídrico, cabe recalcar que la planta de arándano variedad Biloxi recibida del vivero tiene 60 días de desarrollo, no se toma en cuenta el periodo de desarrollo del vivero.

Las frecuencias y láminas de riego se han calculado en base a el estado de la fase fenológica vegetativa V1, V2, V3 y V4 de la fase fenológica reproductiva R1, R2,R3,R4,R5 y R6 como se detalla en la tabla 2 y el cálculo en las tablas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 respectivamente .

**Tabla 8***Frecuencia de riego según fenología vegetativa V1.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Agosto	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
V1	0,2	4.15	0.87	4	T1 100%	1
V1	0.2	4.15	0.69	3	T2 80%	1
V1	0.2	4.15	0.52	2	T3 60%	1
V1	0.2	4.15	0.34	2	T4 40%	1

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; V1 es la etapa que ocurre cuando la primera hoja ha surgido completamente y el collar de la hoja es visible adaptado de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 9***Frecuencia de riego según fenología vegetativa V2*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Agosto	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
V2	0.4	4.15	1.74	8	T1 100%	2
V2	0.4	4.15	1.39	6	T2 80%	2
V2	0.4	4.15	1	5	T3 60%	2
V2	0.4	4.15	0.7	3	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; V2 Es la etapa que alcanza cuando han surgido dos hojas totalmente con collares visibles adaptado de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 10***Frecuencia de riego según fenología vegetativa V3*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) septiembre	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
V3	0.4	4.19	1.75	8	T1 100%	2
V3	0.4	4.19	1.3	6	T2 80%	2
V3	0.4	4.19	1	5	T3 60%	2
V3	0.4	4.19	0.7	3	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; V3 es la etapa que marca el inicio del proceso fotosintético y el final de la función de la semilla como la fuente de alimentación primaria adaptado de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 11***Frecuencia de riego según fenología vegetativa V4.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Octubre	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
V4	0.5	3.79	2	9	T1 100%	2
V4	0.5	3.79	1.6	7	T2 80%	2
V4	0.5	3.79	1.2	5	T3 60%	2
V4	0.5	3.79	0.8	4	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; V4 Las raíces nodales son dominantes, ocupando mayor volumen en el suelo que las raíces seminales. adaptado de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 12***Frecuencia de riego según fenología reproductiva R1.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Noviembre	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
R1	0.7	4.11	3.02	14	T1 100%	2
R1	0.7	4.11	2.4	11	T2 80%	2
R1	0.7	4.11	1.8	8	T3 60%	2
R1	0.7	4.11	1.2	6	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; R1 Son visibles los estigmas extraídos de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 13***Frecuencia de riego según fenología reproductiva R2.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Diciembre	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
R2	0.8	3.8	3.2	15	T1 100%	2
R2	0.8	3.8	2.5	12	T2 80%	2
R2	0.8	3.8	1.9	9	T3 60%	2
R2	0.8	3.8	1.2	6	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; R2 Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión extraído de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 14***Frecuencia de riego según fenología reproductiva R3.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Enero	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
R3	0.8	3.82	3.2	15	T1 100%	2
R3	0.8	3.82	2.5	12	T2 80%	2
R3	0.8	3.82	1.9	9	T3 60%	2
R3	0.8	3.82	1.2	6	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; R3 Etapa en la cual se llenan los frutos de líquido extraído de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 15***Frecuencia de riego según fenología reproductiva R4.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Febrero	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
R4	0.9	3.67	3.47	16	T1 100%	2
R4	0.9	3.67	2.7	13	T2 80%	2
R4	0.9	3.67	2	10	T3 60%	2
R4	0.9	3.67	1.3	7	T4 40%	2

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; R4 Etapa en la cual en fruto se pone más rígido extraído de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 16***Frecuencia de riego según fenología reproductiva R5. Cuaje, caída de la corola*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Marzo	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego(min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
R5	0.9	3.85	3.64	17	T1 100%	3
R5	0.9	3.85	3	14	T2 80%	3
R5	0.9	3.85	2.1	10	T3 60%	3
R5	0.9	3.85	1.4	7	T4 40%	3

**Nota.** Kc coeficiente de cultivo; el fruto se define más en cuanto a su forma extraído de Pannunzio et al., (2011).

**Tabla 17***Frecuencia de riego según fenología reproductiva R6.*

Fase fenológica	Kc	ETo (mm día <sup>-1</sup> ) Abril	Lámina de riego (mm día <sup>-1</sup> )	Frecuencia de riego (min)	Tratamiento %	Pulsos de riego por día
R6	1.1	3.57	4.12	19	T1 100%	3
R6	1.1	3.57	3.3	15	T2 80%	3
R6	1.1	3.57	2.4	11	T3 60%	3
R6	1.1	3.57	1.6	8	T4 40%	3

*Nota.* Kc coeficiente de cultivo; R6 Madurez fisiológica extraído de Pannunzio et al., (2011).

El autor Holzapfel *et al.*, (2004) menciona que en cultivos en hidroponía con sistemas de riego por método de goteo la demanda de agua es alrededor de 1.5 a 3 l/día para una planta en su primer año de producción.

El sustrato a que utilizó en el estudio fue de fibra de coco de 20 litros de volumen, este presenta 80% de fibra y 20% de polvillo de coco (Zapata et al., 2019), esto debido a las condiciones agroclimáticas de la zona, ya que en un entorno húmedo necesitamos mayor filtración de agua evitando problemas en la parte radicular

**Tabla 18***Características de la fibra de coco*

Variable	Medida
pH	5.5 a 6.5
Conductividad eléctrica media	<0.8 ms cm <sup>-1</sup>
Porosidad	10- 40%
Capacidad de retención de agua	25 a 50%
CIC (capacidad de intercambio catiónico)	70 a 100 meq 100g <sup>-1</sup>
C/N (relación carbono a nitrógeno)	8:1

*Nota.* Tomado de Moreta, (2014)

## **4.5. Variables**

### **4.5.1. Variable/s Independiente/s**

#### **Láminas de riego**

En base a este requerimiento se calculó las tres láminas de riego con disminución hídrica del 20 % para cada lámina, que se considera como tratamiento 2 al 80%, tratamiento 3 al 60% y tratamiento 4 al 40%

- Lámina de riego al 100 % según capacidad de campo (T1 Testigo lámina establecida para cultivo de arándano)
- Lámina de riego al 80 % según capacidad de campo calculada (T2)
- Lámina de riego al 60 % según capacidad de campo calculada (T3)
- Lámina de riego al 40 % según capacidad de campo calculada (T4)

### **4.5.2. Variable/s dependiente/s**

#### **4.5.2.1. Longitud de tallo (cm)**

Se tomó en centímetros (cm) empleando una cinta métrica, la medición se inició a los 25 días de trasplante. Esta actividad se realizó cada 30 días, la medición se toma desde el cuello del tallo hasta la yema terminal del tallo principal, tomando plantas centrales de la unidad experimental, empleando el criterio de anulación por efecto borde (Rodríguez, 2019).

#### **4.5.2.2. Mortalidad (número de plantas).**

En la libreta de campo se registró las plantas muertas durante la investigación (de agosto a febrero, 7 meses) y se determinó mediante la fórmula utilizada por (Bustillo, 2018) en su investigación.

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ plantas muertas}}{\text{N}^{\circ} \text{ plantas establecidas}} \times 100$$

#### **4.5.2.3. Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).**

Para determinar esta variable se realizó el conteo de tallos producidos por planta dentro de cada tratamiento. Estos datos se tabularon en una hoja de cálculo de Excel, donde se registra el código de la unidad experimental (Yarborough, 2004).

#### **4.5.2.4. Fenología del cultivo (Días a la floración).**

Al momento en que las plantas comenzaron con la floración se realizó la visualización y posterior anotación en base a la fenología del cultivo en estudio (Casas, 2017).

#### **4.5.2.5. Rendimiento del cultivo (kg/ha).**

Se contabilizó los kilos cosechados por parcela útil, para luego extrapolar a kilos por hectárea (Álvarez, 2017).

### **4.6. Manejo del experimento**

#### **4.6.1. Material vegetal**

El material vegetal que se utilizó son plantas de arándano de la variedad Biloxi de propagación in vitro, de tres meses de edad que se encontraba en recipientes con sustrato de capacidad de un litro (Medrano-García *et al.*, 2019).

#### **4.6.2. Preparación del área**

En el área del experimento se limpió y aplanó para posterior delimitar cada uno de los bloques. Como recipientes para el trasplante se utilizaron bolsas blancas con capacidad de 20 l, a continuación, las bolsas se llenaron de sustrato en este caso fibra de coco (Rony, 2015).

#### **4.6.3. Delimitación**

El área de investigación se rodeó de malla, que impide el ingreso de plagas como insectos y aves, el área total es de 130 m<sup>2</sup> en forma rectangular con un total de 120 plantas.

Para esto se toma en cuenta distancia de hileras de 3.0 y 0.4 m entre planta, con una densidad por ha de 10.000 plantas (Carrillo, 2018).

#### **4.6.4. Adecuación de sustrato**

El tipo de sustrato empleado fue fibra de coco, que nos permitió establecer una mejor retención de humedad y mayor aireación, para adecuar esta fibra, se procedió a regarla durante diferentes periodos del día, con la finalidad de adecuar la conductividad eléctrica (CE), obteniendo como resultado final una conductividad de 0.4 ds m<sup>-1</sup>, esto nos permite realizar la siembra sin riesgos para la planta (Solís, 2011).

#### **4.6.5. Trasplante**

Las plántulas obtenidas se las trasladaron en el sustrato en cada una de las unidades experimentales, previamente las bolsas fueron regadas a capacidad de campo además de obtener una conductividad de 0.4 dS m<sup>-1</sup> y un pH de 5 que son los ideales dentro de este cultivo, cabe recalcar que el sustrato seleccionado establece condiciones que asemeja las condiciones originarias del cultivo (Mesa, 2015).

#### **4.6.6. Riego**

Para el desarrollo del sistema de riego, se utilizó una bomba eléctrica de 5 HP de caudal que está controlada con un timer modelo NUDE que acciona cuatro electroválvulas, cada una de estas válvulas controla las láminas de los tratamientos. Dentro de cada unidad experimental se instaló goteros con la capacidad de 8 l h<sup>-1</sup> (Bryla et al., 2009).

El riego del área experimental fue diario, en cada tratamiento se calculó en base al kc del cultivo la evapotranspiración de la zona y la fenología del cultivo, el sistema de riego es por método de goteo con eficiencia de 95% que garantiza el buen uso del recurso hídrico. En el horario del riego se establecieron 2 pulsos uno en la mañana y al medio día (San Martín, 2015).

#### 4.6.7. Fertilización

De acuerdo con Hernández.(2014), los requerimientos nutricionales son pequeños comparados con otros cultivos, y un factor importante es que aplicaciones de fertilizantes balanceados y equilibrados ayudan a impulsar el crecimiento desarrollo y rendimiento óptimo del cultivo.

De acuerdo con Jequier (2014), los requerimientos nutricionales para una producción de 8 t ha<sup>-1</sup> son las siguientes cantidades, de 50 a 60 kg de nitrógeno, 87 kg de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 110 kg de potasio (K<sub>2</sub>O), 40 kg de calcio y 7 kg de magnesio.

**Tabla 19**

*Requerimiento nutricional del cultivo de arándano, para una producción de 8 t ha<sup>-1</sup>*

Estado fenológico	Requerimientos Kg ha <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
Brotación a floración	17.6	17,4	26.4	14.2	2
Fruto verde	17.6	17,4	26.4	14.2	2
Crecimiento de fruto	5.7	34.7	42.2	8	2
Cosecha	17.6	17,4	10.6	4	0.7

*Nota.* Tomado de Jequier, (2014).

En la tabla 20 se explica la dosis que se aplicó en el sistema de fertiirrigación, en función al cálculo de riego y requerimiento del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas.

**Tabla 20***Dosis de fertilización utilizada en la unidad experimental*

Fertilizante	Cantidad de fertilizante Kg ha <sup>-1</sup>
Nitrato de calcio (15-00-00 +19)	35
Fosfato monoamónico (12-61-00)	20
Sulfato de potasio (00-00-52+18S)	70
Sulfato de magnesio (16+13S)	6

**Nota.** Adaptado de Ochmian et al., (2019). The feasibility of growing highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) on loamy calcic soil with the use of organic substrates. *Scientia Horticulturae*, 257(February), 108690. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108690>

La fertilización se realizó todos los días puesto que el requerimiento nutricional de la planta es baja, se debe tomó en cuenta la dosificación del fertilizante ya que si supera niveles de EC sobre 1.900 ppm el cultivo sufre desbalances nutricionales y problemas en el sistema radículas ocasionando coloración en las hojas y bloqueo otros nutrientes, por ello una forma de dosificar el fertilizante fue gramos de fertilizante por litros de agua o número de plantas, es muy importante realizar medición de CE y pH en la descarga de los goteros de esta forma controlamos rangos óptimos estos parámetros.

#### 4.6.8. Control fitosanitario

Se realizó un control preventivo desde la primera semana del trasplante hasta el final de la evaluación. En la siguiente tabla se detalla los agroquímicos utilizados.

**Tabla 21***Control de plagas y enfermedades*

Ingrediente activo	Dosis/ha	Principales plagas y enfermedades
Sulfoxaflor	1 l ha <sup>-1</sup>	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )
Fipronil	500 cm <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )
Imidacloprid	500 cm <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Pulgones ( <i>Aphis gossippi</i> y <i>Myzus persicae</i> )
Hymexazo	3 l ha <sup>-1</sup>	Pudrición radical ( <i>Phytophthora cinnamomi</i> )
Pirimetanilo	1 l ha <sup>-1</sup>	Tizón de la madera ( <i>Botrytis cinerea</i> )
rifampicina	1 l ha <sup>-1</sup>	Roya de arándano ( <i>Pucciniastrum vaccini</i> )

**Nota.** Tomado de Retamal et al., (2015). Influence of microclimatic conditions under high tunnels on the physiological and productive responses in blueberry 'O'Neal.' In *Chilean Journal of Agricultural Research* (Vol. 75, Issue 3). <https://doi.org/10.4067/S0718-58392015000400004>

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados para el objetivo 1 sobre las necesidades hídricas del Arándano variedad Biloxi (*Vaccinium myrtillus* L.) según las fases fenológicas vegetativas y reproductivas en 8 meses de investigación (240 días) para los cuatro tratamientos de lámina de riego en estudio fueron de 2,6 m<sup>3</sup> (2600 litros). Siendo las necesidades hídricas para la fase vegetativa por tratamiento

**Tabla 22**

*Necesidades hídricas del cultivo de arándano, hasta los 8 meses de investigación en relación con el tratamiento por lámina de riego*

Tratamientos	Total, Requerimiento litros / tratamiento (8 meses de cultivo)	Total, Requerimiento m <sup>3</sup> / tratamiento (8 meses de cultivo)
100%	944	0.944
80%	748	0.748
60%	560	0.560
40%	392	0.392
Total, requerimiento hídrico (m <sup>3</sup> )	2644	2.6

**Nota.** Según datos climáticos de la zona de estudio y tablas de análisis en el programa CROPWAT 8.0 de la FAO.

Los resultados sobre el mejor comportamiento agronómico del cultivo de Arándano variedad Biloxi según las láminas de riego. se sometieron al análisis estadístico de normalidad y homogeneidad para luego realizar el análisis de varianza, la prueba de Tuckey para cada una de las variables dependientes en estudio

## 5.1. Análisis de prueba de Normalidad Shapiro - Wilks y de Homocedasticidad por test de Levene.

Una vez procesados los datos se procedió a realizar la prueba de Normalidad (Shapiro Wilk) del error de los errores generados por el modelo experimental, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 23).

**Tabla 23**  
Resultados de la prueba de normalidad y homogeneidad

	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Shapiro Wilk test			Prueba de Levene				
				Shapiro Wilk	Valor critico	P valor	F	P valor			
Longitud del tallo (cm)	Inicio	12	20,17	0,87	0,92	0,86	0,4493	N	12,89	0,074	H
	Agosto	12	24,35	0,34	0,91	0,86	0,3807	N	1,98	0,3104	H
	Septiembre	12	33,25	0,34	0,91	0,86	0,3875	N	2,42	0,3265	H
	Octubre	12	41,39	0,34	0,92	0,86	0,4066	N	1,25	0,6081	H
	Noviembre	12	47,6	0,37	0,97	0,86	0,9132	N	0,36	0,8728	H
	Diciembre	12	52,05	0,76	0,95	0,86	0,7417	N	0,2	0,9505	H
	Enero	12	57,28	0,3	0,86	0,86	0,6142	N	0,23	0,93	H
	Febrero	12	61,72	0,24	0,99	0,86	0,9941	N	0,26	0,91	H
Número de tallos desarrollados	Agosto	12	2	0,09	0,93	0,86	0,5616	N	1,52	0,3107	H
	Septiembre	12	2	0,22	,02	0,86	0,4866	N	3,15	0,1875	H
	Octubre	12	3	0,11	0,95	0,86	0,7785	N	2,05	0,1907	H
	Noviembre	12	3	0,16	0,93	0,86	0,5384	N	3,01	0,097	H
	Diciembre	12	4	0,14	0,88	0,86	0,1485	N	2,32	0,1864	H
	Enero	12	5	0,15	0,94	0,86	0,624	N	1,78	0,3448	H
	Febrero	12	5	0,17	0,91	8,86	0,371	N	1,31	0,4556	H
Número días a la Floración	12	108	1,69	0,95	0,86	0,7686	N	1,08	0,4995	H	
Rendimiento	Cosecha 1	12	2,9	1,18	0,94	0,86	0,6704	N	0,39	0,419	H
	Cosecha 2	12	11,48	0,67	0,9	0,86	0,2741	N	1,92	1,514	H
	Cosecha 3	12	17,25	0,21	0,94	0,86	0,6512	N	1,07	0,64	H
	Cosecha 4	12	38,73	0,13	0,84	0,86	0,2	N	11,32	0,2276	H
	Cosecha 5	12	30	0,57	0,93	0,86	0,54	N	33,46	0,1338	H
	Cosecha 6	12	51,96	0,57	0,93	0,86	0,5318	N	8,61	0,2597	H
	Cosecha 7	12	59,69	0,56	0,96	0,86	0,5144	N	31,94	0,1369	H
	Cosecha 8	12	54,66	0,56	0,93	0,86	0,5144	N	31,94	0,1369	H
	Cosecha 9	12	58,29	0,6	0,85	0,86	0,06	N	2,72	0,4423	H
	Cosecha 10	12	60,29	0,79	0,9	0,86	0,2886	N	2,81	0,4361	H

**Nota.** Shapiro-Wilk test p-value >0,05: los datos provienen de distribución normal; p-value < 0,05 N = Normalidad H = Homostecidad

## 5.2. Análisis estadístico

### 5.2.1. Longitud del Tallo (cm)

#### 5.2.2.1. Análisis de varianza para longitud de tallo en la planta de arándano

El ANOVA determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación de esta variable demuestra una baja dispersión de los datos determinando que la investigación se la ha realizado con el respectivo cuidado, este valor indica la dispersión de los datos observados, respecto al valor promedio que se encuentra en un rango de 20.17 a 61.73 cm desde la toma de datos inicial en el mes de julio del 2021 hasta el mes de febrero 2022 (tabla 24).

**Tabla 24**

*Análisis de varianza de la variable dependiente longitud del tallo en la planta de arándano*

FV	Gl	Mes evaluado											
		Julio			Agosto			Septiembre			Octubre		
		CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor
Total	11												
Tratamiento	3	0,13	0,09	0,9615 ns	0,18	0,85	0,5149 ns	6,9	17,11	0,002 *	12,05	47,56	0,0001 *
Bloque	2	0,06	0,05	0,956	0,19	0,87	0,4642	0,19	0,47	0,6443	0,17	0,68	0,5399
Error	6	1,4			0,21			0,4			0,25		
CV %		5,86			1,86			1,91			1,22		
Promedio (cm)		20,17			24,35			33,25			41,39		
FV	Gl	Mes evaluado											
		Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero		
		CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor
Total	11												
Tratamiento	3	11,19	5,6	0,0357 *	9,84	5,18	0,0421 *	3,62	32,96	0,0004 *	11,46	4,32	0,0604 ns
Bloque	2	1,92	0,96	0,4344	1,83	0,96	0,4336	0,52	4,7	0,059	3,07	1,16	0,3755
Error	6	2			1,9			0,11			2,65		
CV %		2,97			2,65			0,58			2,64		
Promedio (cm)		47,6			52,05			57,28			61,72		

**Nota.** FV: Factor de varianza, GL: Grados de libertad, F cal: Nivel de significancia; \* Significativo P< 0.05, NS: No significativo, CV: Coeficiente de Variación

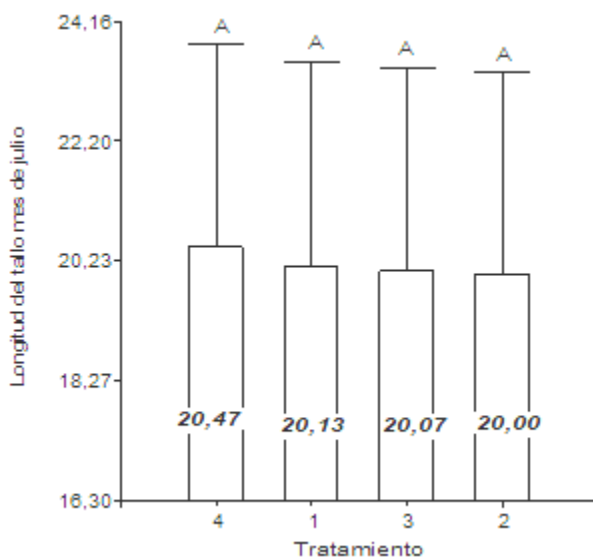
De acuerdo con la prueba Tukey realizada se puede observar que los tratamientos 1 y 2 fueron los que brindaron mayores longitudes del tallo en la planta de arándano por lo cual se establece que estadísticamente son los mejores para esta variable dependiente

La comparación múltiple de promedios mediante la prueba de Tukey al 5%, determina la existencia de diferencias significativas en la longitud de tallos de las plantas de arándano , así mismo se puede observar el incremento de longitud del tallo en las diferentes fechas. La longitud final alcanzada como efecto de los distintos tratamientos muestra que el tratamiento 1 en el que se obtuvo mayor longitud con una lámina de riego del 100 % (T1); seguido del tratamiento (T2), con lámina de riego del 80% y del tratamiento 3 con lámina de riego de 60%.de lámina de riego calculada.

Según la figura 5, prueba Tukey al 5% se observa un solo rango de significancia (A) en cuanto a las láminas aplicadas no son significativas para los tratamientos: La lámina mayor corresponde al T4 con 20.47 cm de longitud del tallo de planta, la lámina de tratamiento T2 es la menor de los tratamientos con una longitud 20.00 cm.

### Figura 5

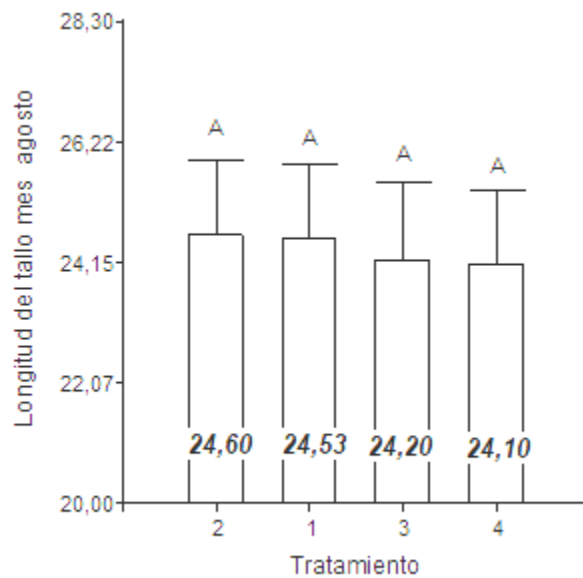
*Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 30 días, mes de julio del 2021*



La figura 6, en cuanto al análisis de la aplicación de los diferentes tipos de láminas, según a la prueba de comparación de medias de Tukey, se puede identificar un rango (A): La lámina tratamiento 2 es la de mayor longitud con valor de 24.60 cm y el tratamiento de lámina menor es de 24.10 cm. La longitud del tallo se registró a los 60 días, mes de agosto del 2021, con relación a la aplicación de las diferentes láminas de riego, no presentan diferencias significativas entre sí.

### Figura 6

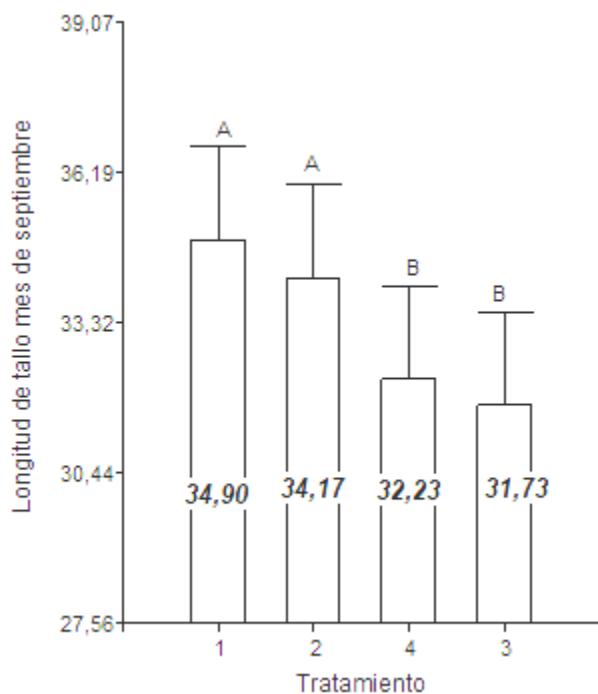
*Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 60 días, mes de agosto del 2021.*



La figura 7, en la aplicación de los diferentes tipos de láminas, según a la prueba de comparación de medias de Tukey, se puede identificar dos rangos (A) y (B): La lámina tratamiento 1 perteneciente al rango (A) es mayor con una longitud con valor de 34.90 cm y para el tratamiento 3 es menor en la longitud del tallo con un valor de 31.73 cm. que pertenece al rango (B). La longitud del tallo se registró a los 60 días que corresponde al mes de septiembre 2021, con relación a la aplicación de las diferentes láminas de riego, presentan diferencias significativas entre sí.

### Figura 7

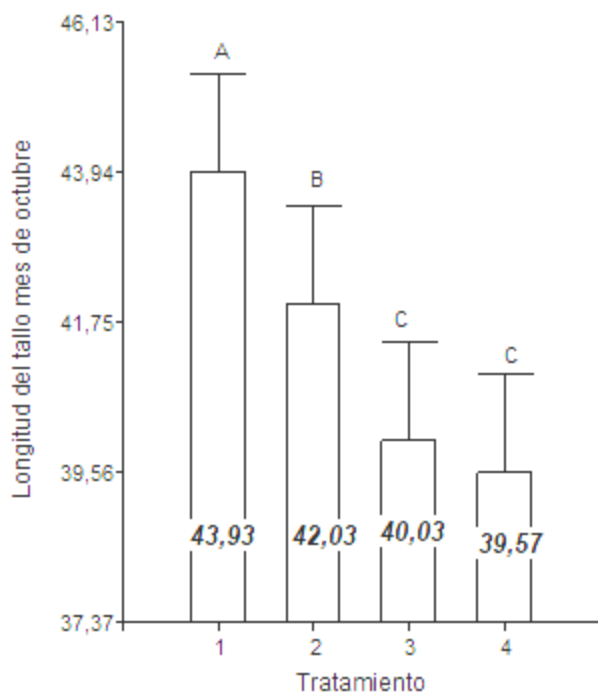
Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 90 días, mes de septiembre del 2021.



Según la figura 8, prueba Tukey al 5% se observa tres rangos de significancia (A), (B) y (C) en cuanto a las láminas de riego aplicados: la lámina de riego (T1) que es la mayor se ubica en el rango (A), con un valor de 43.93 cm de longitud de tallo de la planta de arándano, mientras que la lámina de riego, tratamiento (T4), se ubica en el rango (C), con un valor de 39.57 cm. La longitud de tallo corresponde al registro del mes de octubre del 2021, se puede apreciar que existe significancia para la fuente de variación de las láminas de riego en estudio.

### Figura 8

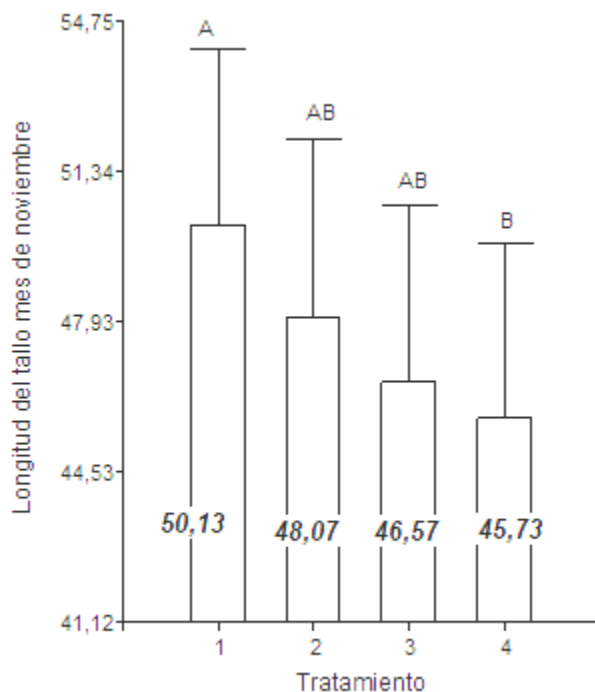
Prueba Tukey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 120 días, mes de octubre del 2021.



La figura 9, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar dos rangos (A) y (B) de igual manera existe similitud de rangos para los Tratamientos (T2) y (T3) Formando un rango (AB). Estadísticamente el mayor valor de longitud del tallo se tiene para el tratamiento de la lámina de riego (T1), con un valor de 50.13 cm (A) y el de menor valor es para el Tratamiento (4) con valor de 45.73 cm. La longitud de tallo corresponde al registro del mes de noviembre 2021, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio

### Figura 9

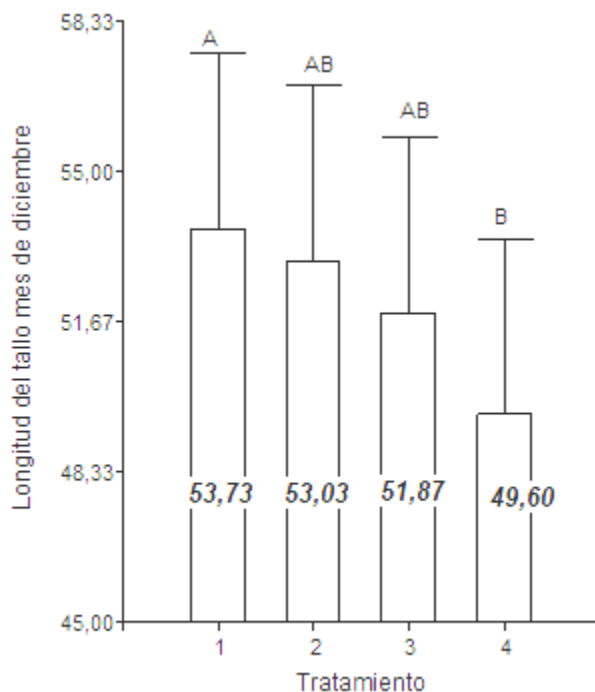
Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 150 días, mes de noviembre del 2021



La figura 10, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar dos rangos (A) y (B) de igual manera existe similitud de rangos para los Tratamientos (T2 y T3). Formando un rango (AB). Estadísticamente el mayor valor de longitud del tallo se tiene para el tratamiento de la lámina (T1), con un valor de 53.73 cm (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor de 49.60 cm (B). La longitud de tallo corresponde al registro del mes de diciembre 2021, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio

### Figura 10

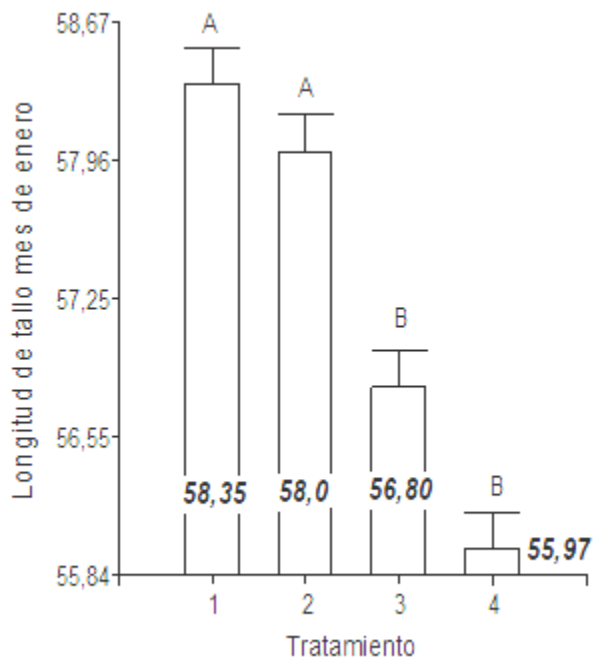
Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 180 días, mes de diciembre del 2021.



Según la figura 11, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar dos rangos (A) y (B) de igual manera existe similitud de rangos para los Tratamientos T2 y T3·Formando un rango (AB) .Estadísticamente el mayor valor de longitud del tallo se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un valor de 58.97 cm (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor de 54.97 cm (B). La longitud de tallo corresponde al registro del mes de enero 2022, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio

### Figura 11

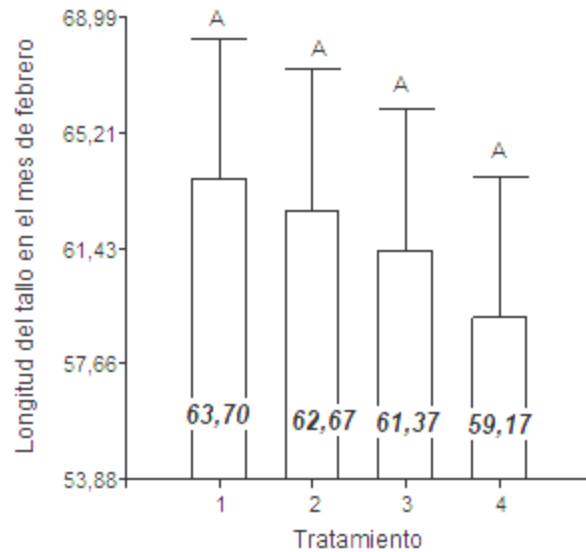
Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 210 días, mes de enero del 2022



Como se puede observar en la figura 12, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar dos rangos (A) y (B) de igual manera existe similitud de rangos para los Tratamientos T2 y T3· Formando un rango (AB) .Estadísticamente el mayor valor de longitud del tallo se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un valor de 63.70 cm (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor de 59.17 cm (B). La longitud de tallo corresponde al registro del mes de febrero 2022, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio

## Figura 12

Prueba Tuckey al 5% de la variable longitud de tallo planta de arándano a los 240 días, mes de febrero del 2022



### 5.2.2. Mortalidad de planta

Para esta variable se registró en el ensayo de campo cero números de planta muertas, aplicando la fórmula se obtiene un 0 % para mortalidad

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ plantas muertas}}{\text{N}^\circ \text{ plantas establecidas}} \times 100$$

$$\% \text{ Mortalidad} = (0 / 120 \text{ plantas de arándano}) \times 100$$

$$\% \text{ Mortalidad} = 0 \times 100$$

$$\% \text{ Mortalidad} = 0 \%$$

### 5.2.3. Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento)

#### 5.2.3.1. Análisis de varianza para la variable del número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).

En la tabla 25 del ANOVA, se determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos en los de enero y febrero y no es significativo en los meses de agosto hasta diciembre 2021. El menor coeficiente de variación de esta variable como se puede observar es 4.17 % y el valor del coeficiente de variación mayor es de 12.46 % este valor indica la dispersión de los datos observados, respecto al valor promedio del número de tallos por planta que se encuentra en un rango 2 a 5 tallos. En los 8 meses evaluados en la fase de campo (tabla 25).

**Tabla 25**

*Análisis de varianza de la variable número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento).*

		Agosto			Septiembre			Octubre			Diciembre		
FV	Gl	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor
Total	11												
Tratamiento	3	0,04	2,63	0,145 ns	0,00120	0	0,9977 ns	0,04	2	0,2652 ns	0,060	1,780	0,251 ns
Bloque	2	0,01	0,66	0,5502 ns	0,03	0	0,7206	0,0025	0	0,8917	0,010	0,330	0,733
Error	6	0,02			0,09			0,02			0,030		
CV %		<b>8,22</b>			<b>12,46</b>			<b>4,83</b>			<b>4,21</b>		
Promedio (N°)		2			2			3			4		
		Enero			Febrero								
FV	Gl	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor						
Total	11												
Tratamiento	3	0,24	5,92	0,0317*	0,28	6	0,0367*						
Bloque	2	0,01	0,14	0,8681	0,02	0	0,681						
Error	6	0,04			0,05								
CV %		<b>4,17</b>			<b>4,66</b>								
Promedio (N°)		5			5								

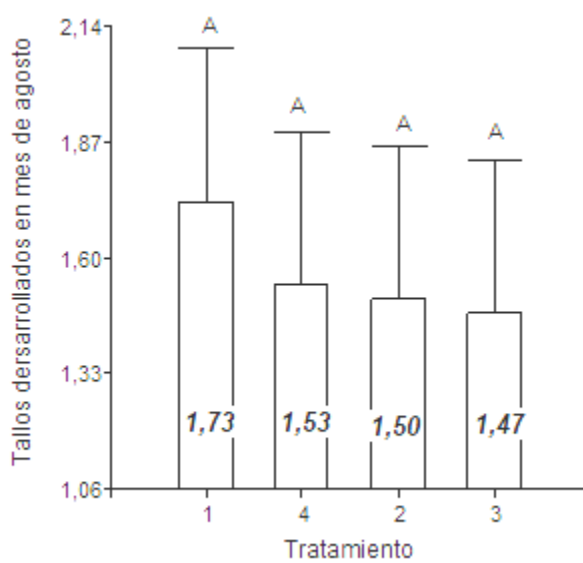
**Nota.** FV: Factor de varianza, GL: Grados de libertad, F cal: Nivel de significancia; \* Significativo P< 0.05, NS: No significativo, CV: Coeficiente de Variación

De acuerdo con la prueba Tukey realizada se puede observar que los tratamientos aplicados fueron de efecto similar en cuanto al número de tallos producidos en los cuatro primeros meses de la fase de campo, observándose que en mes séptimo y obtuvo una diferencia estadística significativa en donde los tratamientos 1 y 2 son los que alcanzan mayor número de tallos por planta.

Como se puede observar en la figura 13, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un solo rango (A). Estadísticamente el mayor número de tallos desarrollados se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un número de 2 tallos (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 3 con valor 1. El registro corresponde al mes de agosto del 2021, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio

### Figura13

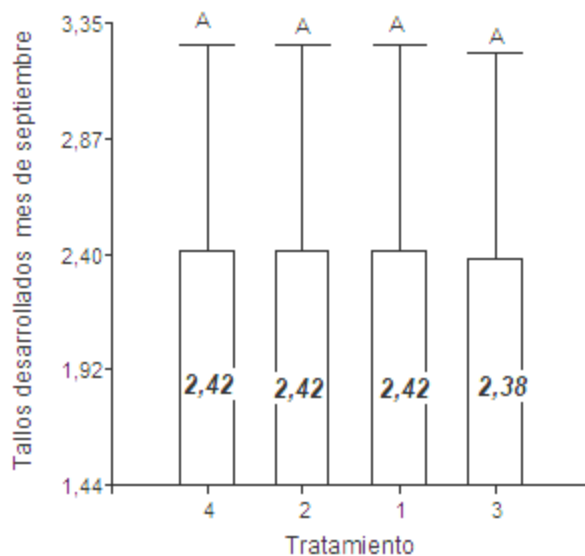
*Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de agosto del 2021.*



Al analizar los resultados en la figura 14, de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un solo rango (A). Estadísticamente el mayor número de tallos desarrollados se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un número de 2 tallos (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 2 con valor 2. El registro corresponde al mes de septiembre del 2021, se puede apreciar que presentan significancia estadística entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio.

**Figura 14**

*Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de septiembre del 2021*

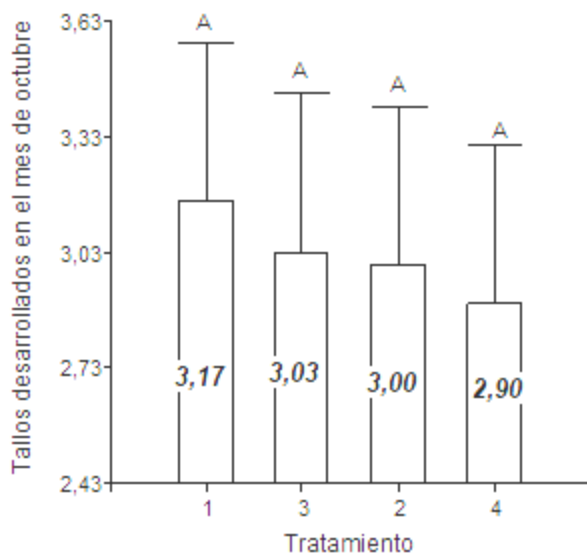


De igual manera al observar la figura 15, de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un rango (A). Estadísticamente el mayor número de tallos desarrollados se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio de 3 tallos (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio 3 tallos por planta. El registro corresponde al mes

de octubre del 2021, se puede apreciar que presentan significancia estadística entre sí para la fuente de variación de láminas de riego en estudio.

### Figura 15

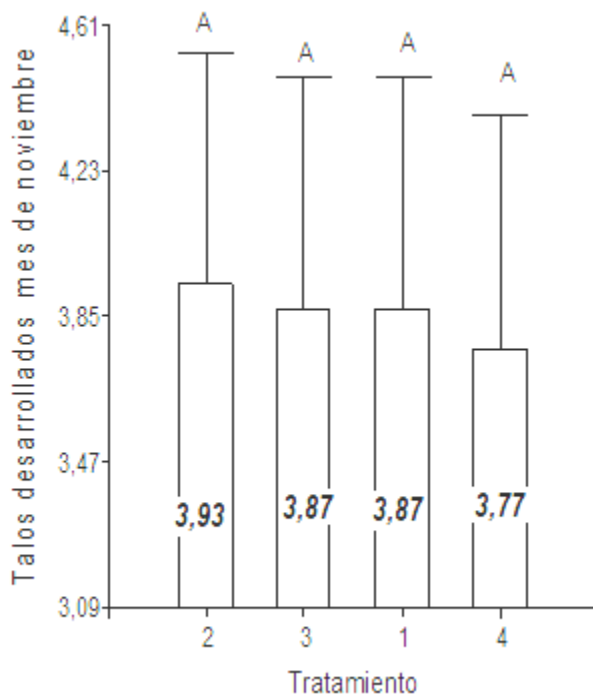
*Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de octubre del 2021*



Según la figura 16, de los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un solo rango (A). Estadísticamente el mayor número de tallos desarrollados se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio de 4 tallos (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio 4 tallos por planta. El registro corresponde al mes de noviembre del 2021, los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, la presencia de significancia estadística entre sí.

## Figura 16

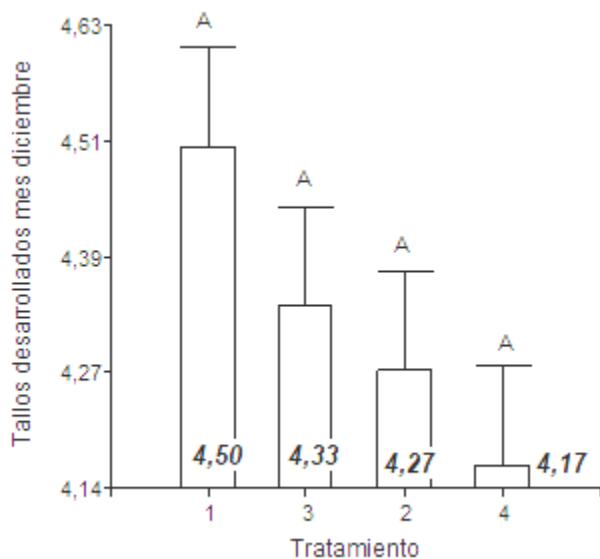
*Prueba Tukey al 5% de la variable Número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de noviembre del 2021.*



Al analizar figura 17, de los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, según el registro corresponde al mes de diciembre del 2021, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un rango (A). Estadísticamente el mayor número de tallos desarrollados se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio de 5 tallos (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio 4 tallos por planta, los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí.

### Figura 17

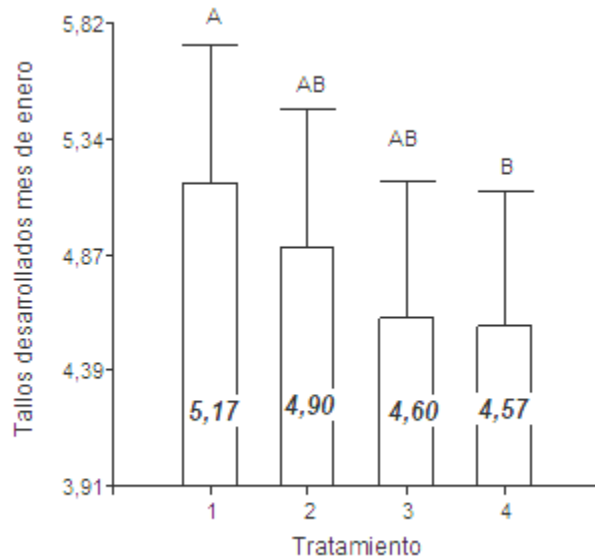
*Prueba Tukey al 5% de la variable número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de diciembre del 2021*



Como se puede observar en la figura 18, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar tres rangos (A), (B) y AB) de igual manera existe similitud de rangos para los Tratamientos T2 Formando un rango (AB) .Estadísticamente el mayor valor para número de tallo se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un valor promedio de 5 tallos (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio de 5 (B). La longitud de tallo corresponde al registro del mes de enero 2022, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio.

### Figura 18

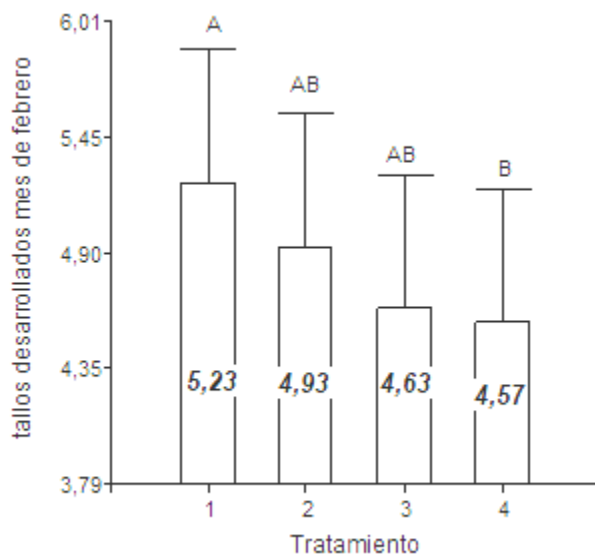
*Prueba Tukey al 5% de la variable número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de enero del 2022*



Como se puede observar en la figura 19, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar dos rangos (A) y (B) de igual manera existe similitud de rangos para los Tratamientos T2 y T3. Formando un rango (AB). Estadísticamente el mayor valor para número de tallo se tiene para el tratamiento de la lámina T1, con un valor promedio de 5 tallos con rango (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio de 5 con el rango (B). La longitud de tallo corresponde al registro del mes de febrero 2022, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación de láminas de riego en estudio.

## Figura 19

*Prueba Tukey al 5% de la variable número de tallos desarrollados promedio (tallos/tratamiento) mes de febrero del 2022*



De acuerdo con la investigación realizada por Asencio (2021), en un cultivo de arándanos de una localidad pudieron determinar que a mayor irrigación el incremento de cantidad en tallos es paralelamente proporcional en plántulas sometidas a estrés hídrico además Heredia et al., (2015), demostró cómo el estrés hídrico puede llegar a afectar la calidad del fruto, esto se evidencia en el aumento de los tallos e los tratamientos con mayor porcentaje de lámina de riego por otro lado Agramonte (2017), determinó que el desarrollo del tallo está directamente influenciado por la humedad presente en el sustrato.

De acuerdo con la investigación realizada por Muñoz (2017), sobre mejoras para la producción de arándanos determinó que el factor hídrico influye de gran manera en el desarrollo de toda la planta incluso en la altura ya que sometió plantas a estrés hídrico mientras que otras las tuvo siempre a capacidad de campo llegando a tener como resultado plantas pequeñas y con poca producción de fruto mientras que las que se encontraban en capacidad de campo poseían todas las características de una especie plus, también Núñez et al., (2018) en su investigación sometió a plantas de arándano a estrés hídrico por periodos y

como resultado obtuvo que en los periodos en los cuales recibieron menos irrigación es cuando la planta se desarrolló de manera más lenta mientras que cuando se encontraba en capacidad de campo su desarrollo se acelera, por otro lado Beltramini et al., (2019), de similar forma desarrolló una investigación in vitro con plántulas de esta especie determinando así que su desarrollo responde directamente a la irrigación que esta tenga así como también se ve afectadas sus características botánicas.

#### 5.2.4. Fenología del cultivo (Días a la floración).

El ANOVA de los días de floración determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación de esta variable es 2.11%; lo cual permite determinar el manejo del experimento, respecto al valor promedio es 108.08 días (tabla 25).

**Tabla 26**

*Análisis de varianza días de floración de arándano*

		Mes Agosto		
FV	Gl	CM	F	P-valor
Total	11			
Tratamiento	3	211,64	40,53	0,0002 *
Bloque	2	4,33	0,83	0,4807
Error	6	5,22		
CV %		2,11		
Promedio (N°)		108		

**Nota.** FV: Factor de varianza, GL: Grados de libertad, F cal: Nivel de significancia; \* Significativo  $P < 0.05$ , NS: No significativo, CV: Coeficiente de Variación

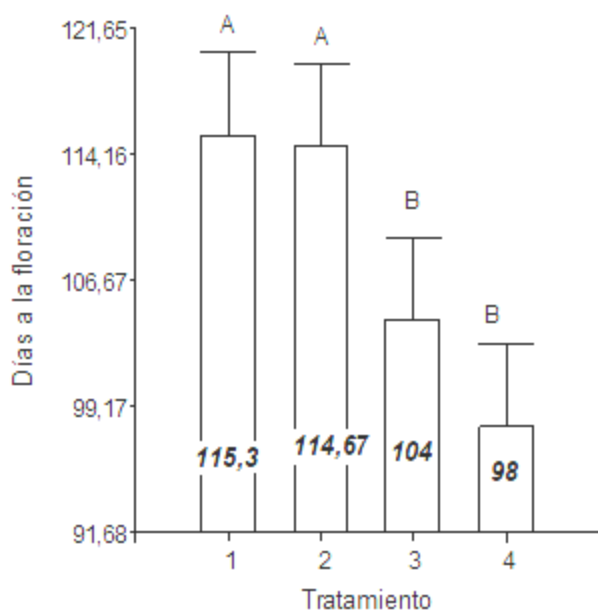
De acuerdo con la prueba Tukey realizada se puede observar que los tratamientos 1 y 2 (100 % y 80%) fueron los tratamientos en los cuales se presencié un mayor número de días de floración por lo cual se establece que estadísticamente como los mejores tratamientos

durante el ciclo evaluado, con un coeficiente de variación de 2.11% y un promedio de número de días de floración de 108 días

Como se puede observar en la figura 20, en cuanto al análisis de los tratamientos; lámina de riego en el cultivo de arándano mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar tres rangos (A), (B) y (C). Estadísticamente el mayor valor para el número de días a la floración se tiene para el tratamiento T1, con un valor promedio de 115 días (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio de 98 días (B). El número de días a la floración corresponde al registro realizado en cultivo de arándano en el periodo fenológico de 8 meses, se puede apreciar que presentan significancia entre sí para la fuente de variación láminas de riego en estudio

**Figura 20**

*Prueba Tukey al 5% de la variable días a la floración*



Para el resultado del objetivo 3 sobre la comparación del efecto de las cuatro láminas de riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de Arándano se obtuvo los siguientes datos estadísticos de los tratamientos investigados

#### **5.2.5. Análisis de la varianza de la variable dependiente rendimiento del cultivo (kg/ha).**

El ANOVA de la variable rendimiento (tabla 27) muestra diferencia altamente significativa para los tratamientos (T1 = 100 %, T2 = 80 %, T3 = 60 % y T4 = 40 %); los coeficientes de variación obtenidos en los ANOVAS de rendimiento en la cosecha, se encuentran en valores de coeficiente de variación que van desde 5.2 % hasta 17.47 % siendo este el valor más alto en el rendimiento de la cosecha 7, esto nos permite determinar que si existe un manejo adecuado del experimento; además se pueden observar los valores promedios de las rendimientos están en un rango ascendente de producción durante todo el tiempo de desarrollo de la investigación

**Tabla 27***Análisis de varianza de la variable rendimiento en 10 periodos de cosecha*

FV	Cosecha 1				Cosecha 2			Cosecha 3			Cosecha 4		
	Gl	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor
Total	11												
Tratamiento	3	0,45	1,71	0,263 ns	27,37	12,65	0,0053 *	20,11	12,08	0,0059*	138,4	4,91	0,047 *
Bloque	2	0,28	1,06	0,4035	3,8	1,75	0,2513	0,67	0,4	0,6844	1,83	0,06	0,9379
Error	6	0,26			2,16			1,67			28,21		
CV %		17,47				12,81		7,48			13,71		
Promedio (cm)		2,9				11,48		17,25			38,73		

FV	cosecha 5				cosecha 6			cosecha 7			cosecha 8		
	Gl	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor
Total	11												
Tratamiento	3	99,35	6,98	0,0221 *	172,65	21,88	0,0012*	411,14	47,31	0,0001**	165,08	3,06	0,1129ns
Bloque	2	17,34	1,22	0,3599	6,2	0,79	0,4978	9,23	1,06	0,4028	25,42	0,47	0,6453
Error	6	14,24			7,89			8,69			53,89		
CV %		12,57				5,41		5,2			13,43		
Promedio (g)		30				51,96		56,69			54,66		

FV	cosecha 9				cosecha 10		
	Gl	CM	F	P-valor	CM	F	P-valor
Total	11						
Tratamiento	3	92,45	1,49	0,3084 ns	163,21	15,2	0,0033 *
Bloque	2	4,8	0,08	0,9262	47,06	4,38	0,0671
Error	6	61,86			10,73		
CV %		13,49				5,43	
Promedio (g)		58,29				60,29	

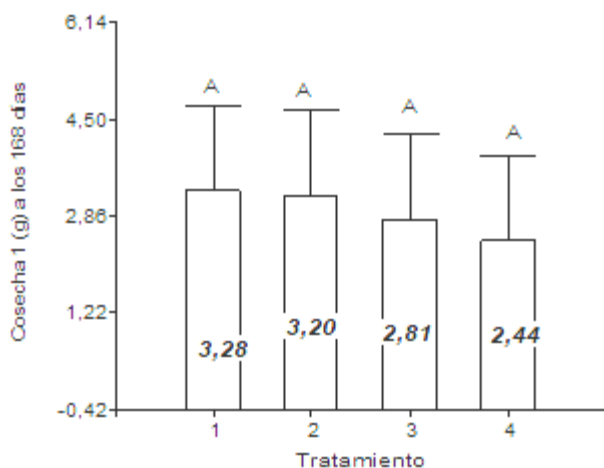
**Nota.** FV: Factor de varianza, GL: Grados de libertad, F cal: Nivel de significancia; \* Significativo  $P < 0.05$ , NS: No significativo, CV: Coeficiente de Variación

La comparación múltiple de promedios mediante la prueba de Tukey al 5%, determina la existencia de diferencias significativas en las cosechas (Figura 21). Se puede observar así mismo el incremento del rendimiento en las cosechas en las diferentes fechas. El rendimiento de la cosecha final alcanzada como efecto de los distintos tratamientos muestra que el tratamiento en el que se obtuvo mayor rendimiento por cosecha es el tratamiento con una lámina de riego del 100 % (T1); seguido del tratamiento con lámina de riego del 80% (T2). De acuerdo con la prueba Tukey realizada se puede observar que los tratamientos 1, 2 y 3 fueron los que brindaron mayor rendimiento por cosecha (gr) observándose que, a mayor aporte hídrico, mayor producción para este cultivo (Figura 21).

Al analizar figura 21, de los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, según el registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 1, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un rango (A). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio de 3.28 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio 2.44 g, los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí.

### Figura 21

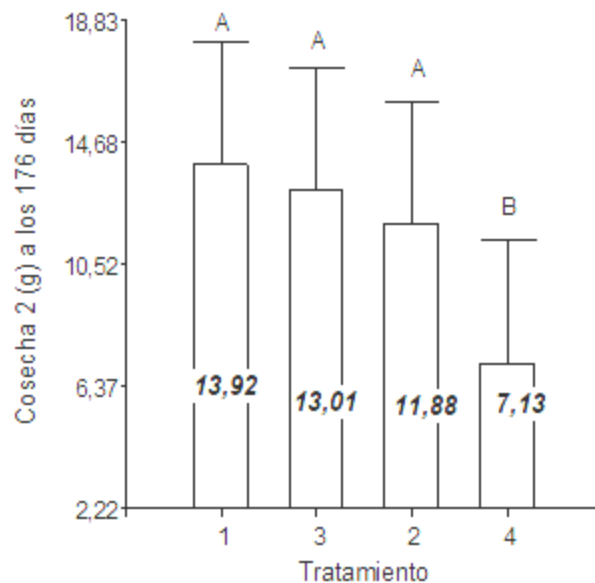
*Prueba Tuckey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 1 a los 168 días.*



Según los resultados observados en la figura 22, de los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 2, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar dos rango (A) y (B). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio de 13.92 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (B) con valor promedio 7.13 g , los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí .

**Figura 22**

*Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 2 a los 176 días*

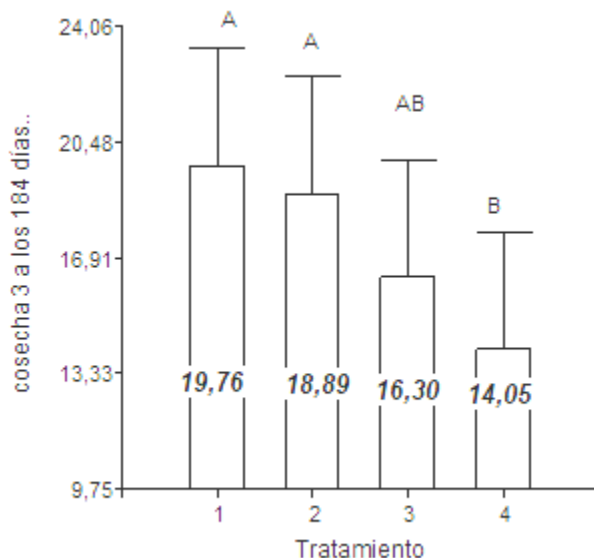


Según la figura 23, los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 3, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar 4 rango de grupos (A), (AB), (BC), y (C). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio de 19.76 g (A) y el de

menor valor es para el Tratamiento 4 (C) con valor promedio 14.05 g , los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí .

### Figura 23

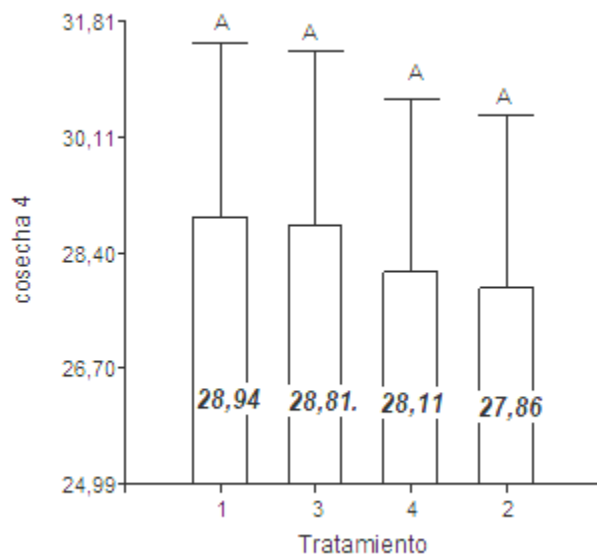
*Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 3 a los 184 días*



Según los resultados observados en la figura 24, de los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 4, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un rango (A). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio 28.94 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 con valor promedio 27.86 g , los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí .

## Figura 24

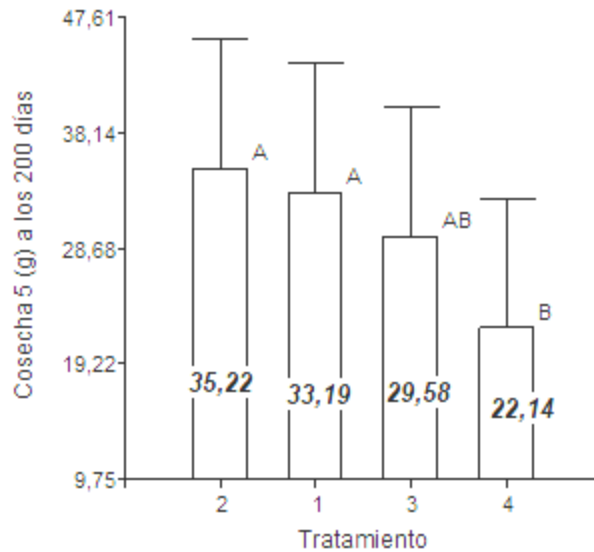
Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 4 a los 192 días.



Según los resultados observados en la figura 25, de los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 5, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar tres rangos (A), (AB) y (B). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T2, con un promedio 35.22 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (B) con valor promedio 22.14 g, los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí.

## Figura 25

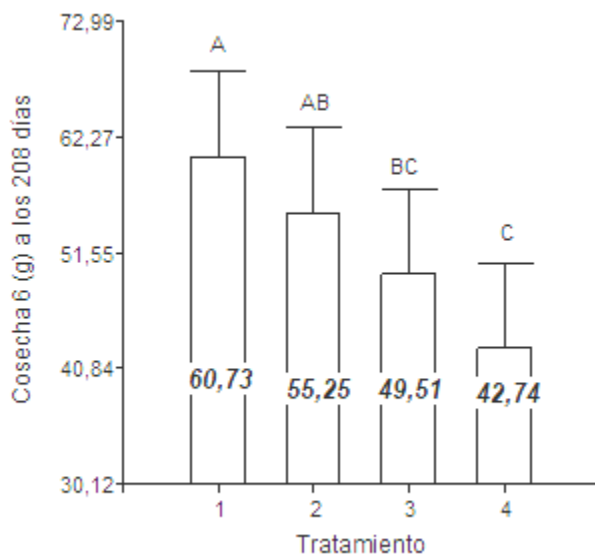
Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 5 a los 200 días



En la figura 26, se indica los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 6, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar cuatro rangos (A), (AB), (BC) y (C). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio 60.73 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (C) con valor promedio 42.74 g, los datos demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística entre sí.

## Figura 26

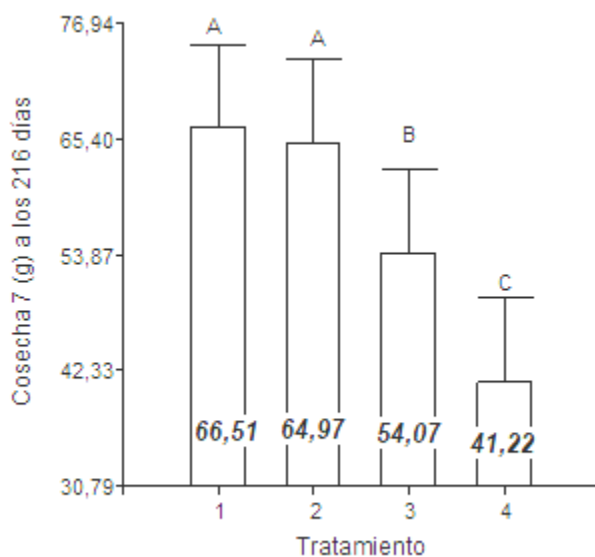
*Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 6 a los 208 días*



Según la figura 27, se indica los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 7, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar tres rango (A), (B) y (C). Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio 66.51 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (B) con valor promedio 41.22 g, los resultados de la prueba demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística.

### Figura 27

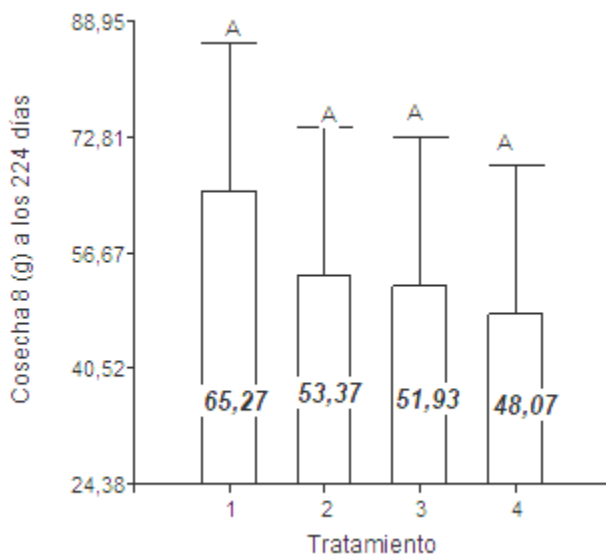
Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 7 a los 216 días.



Según la figura 28, se indica los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 8, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un rango (A), Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio 65.27 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (A) con valor promedio 48.07 g, los resultados de la prueba demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística.

## Figura 28

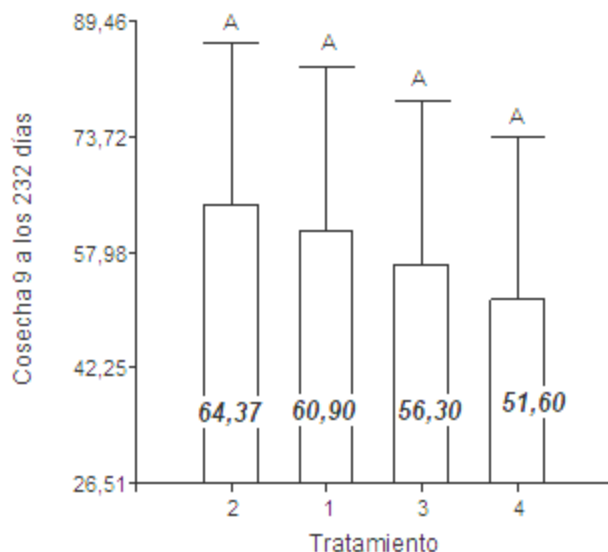
Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 8 a los 224 días.



En la figura 29, se indica los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 9, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar un rango (A), Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T1, con un promedio 64.37 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (A) con valor promedio 51.60 g, los resultados de la prueba demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística.

## Figura 29

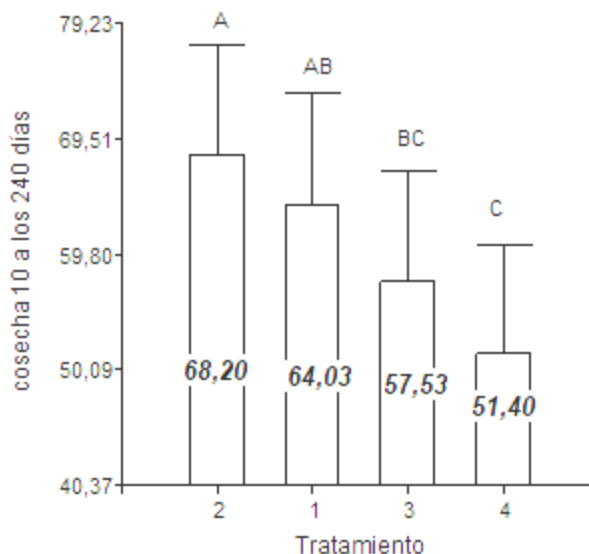
Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 9 a los 232 días.



Según figura 30, se indica los resultados obtenidos en los tratamientos; lámina de riego aplicados en el cultivo de arándano, del registro correspondiente al rendimiento en la cosecha 10, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se puede identificar tres rango (A), (AB),(BC) y (C) Estadísticamente el mayor rendimiento obtenido es para el tratamiento de la lámina T2, con un promedio 68.20 g (A) y el de menor valor es para el Tratamiento 4 (C) con valor promedio 51.40 g , los resultados de la prueba demuestran para la fuente de variación tratamientos láminas de riego, tiene significancia estadística.

### Figura 30

Prueba Tukey al 5% de significancia de las variables rendimiento (g) en la cosecha 10 a los 240 días



Los rendimientos obtenidos por hectárea según los tratamientos aplicados de láminas de riego en el cultivo de arándano se obtuvieron para los tratamientos T1 y T2 un promedio aceptable, constituyendo ser los mejores en relación con el consumo de agua de riego y producción el mejor tratamiento es el T1 y T2 con el 100% y 80% del requerimiento hídrico aplicado por planta de arándano

### Tabla 28

Rendimiento por hectárea de arándano según láminas de riego de los tratamientos.

Tratamientos	Rendimiento g /planta	Número de plantas / ha	Proyección de rendimiento kg / ha	Proyección de rendimiento toneladas / ha
T1 100%	424.0	7500	3180.03	3.2
T2 80%	424.4	7500	3182.85	3.2
T3 60%	367.0	7500	2752.45	2.8
T4 40%	312.9	7500	2346.58	2.3

*Nota.* Resumen de rendimientos y proyección

De acuerdo con la investigación realizada por Rodríguez et al., (2016) obtuvo como resultado que a menor lámina de riego en el caso del arándano la floración se verá afectada directamente es decir se tardará y se obtendrá floración menor o atrofiada, en su investigación obtuvo más del 70 % de las unidades experimentales de su experimentación con floración atrofiada debido al porcentaje de humedad bajo, además Zapata et al., (2019) determinó que el factor hídrico influye en cuanto a la calidad del producto por lo cual luego de haber finalizado su investigación sobre parámetros de calidad en la especie de arándano concluyó que la irrigación es un factor clave para incentivar a la producción de frutos de calidad, de similar manera Rivadeneira (2015), realizó una investigación sobre la concentración de nutrientes en las hojas del arándano determinando así que a mayor irrigación la concentración de nutrientes puede llegar a niveles mucho más alto de los establecidos así como también influirá mucho los componentes del agua que se esté utilizando.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- Conocer el estrés hídrico a través de las láminas de riego en las plantas puede ser un recurso beneficioso ya que permite conocer hasta cuanto se puede someter una planta para lograr el manejo eficiente del recurso hídrico como se observó en la investigación se puede ahorrar un 20 % en el agua de riego y mantener los mismos índices de producción.
- La lámina de riego es un factor determinante para la producción de arándano por lo cual se puede evidenciar en la investigación que el recurso agua es muy necesario para su producción no se puede reducir más del 20 % de su capacidad de campo sin afectar el cultivo.
- Para reducir el uso del recurso agua en la producción de arándano se puede tomar en cuenta la ubicación ya que en lugares con humedad relativa alta influenciará directamente en el cultivo ya que el requerimiento de agua por medio de aspersores o por goteo se reducirá al ser reducida la pérdida de humedad por medio del ambiente.
- Para obtener productos de arándano con buenas características no solo es necesario el recurso hídrico además deberíamos tener en cuenta el sustrato, mejoradores de suelo control de plagas entre otros por lo cual es un conjunto de actividades que conforman un sistema de producción que puede derivar en productos de buena o mala calidad.
- El impacto del estrés hídrico afectó principalmente en etapas fenológicas de crecimiento y producción afectando su rendimiento (frutos).
- Se establece que el cultivo de arándano requiere una calidad de agua con respecto a su conductividad eléctrica que no debe ser menor a 0,45 dS/m ni mayor a 1 dS/m

- Con respecto a la cantidad y frecuencia riego, está en función al uso de herramientas meteorológicas, se establece un coeficiente de cultivo y su evapotranspiración de referencia que determina estrategias de riego que mantiene la planta bien hidratada.
- El desarrollo tecnológico de sistemas de riego permite por medio de electroválvulas y temporizadores, programar automáticamente el tiempo y descarga del recurso hídrico.
- Los rendimientos del cultivo se vieron afectados principalmente en T4 donde se observó deficiencia de nutrientes en sus hojas, pérdida de flores además de menor estatura y grosor de tallo que perjudican su rendimiento.
- El uso de sustratos requiere que el riego se realice mediante pulsos a lo largo del día esto permite que el agua se aproveche y evita lixiviación, evitando además hipoxia que afecte pérdidas en el cultivo.

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable realizar estudios con la misma variedad bajo distintos factores como la humedad relativa del lugar para determinar si se puede realizar la producción en lugares con humedad relativa alta.
- Realizar estudios in vitro para determinar si el uso de especies plus puede ser un factor determinante en la producción bajo estrés hídrico.
- Realizar un estudio entre distintas variedades de arándano en el cual se pueda determinar qué variedad soporta mayores niveles de estrés hídrico y que cual brinda mejores productos.
- Usar distintas labores agrícolas con el fin de determinar qué tipo de labores puede aportar al rendimiento del arándano en una producción sometida a estrés hídrico.
- Es recomendable realizar estudios con diferentes mejoradores de suelo orgánicos e inorgánicos que pueden reducir costos de producción, así como también puede resultar determinante al momento de someter los cultivos a estrés hídrico.
- Es recomendable realizar periodos cortos de riego, así aprovechamos el recurso hídrico y evitamos lixiviación o pérdida de nutrientes.
- Como manejo agronómico se recomienda realizar monitoreo de conductividad eléctrica y pH todos los días, ya que de estas dos variables dependerá un desarrollo óptimo del cultivo
- Se recomienda realizar mediciones de descarga de los goteros de forma manual así corroboramos los datos obtenidos de cantidad de agua.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agramonte *energética*, D. (2017). *Estudio para la instalación de una planta productora de bebida gasificada a base de maca negra, hoja de coca y arándano*. Ingeniería Industrial, 1 (23), 12-19.
- Álvarez, A. A. (2017). *Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC*. [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7733/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-57.pdf>
- Asencio, E. (2021). *Pequeños desarrollos locales. Mujeres emprendedoras. Estudio de caso de producción de arándanos en doblas, la pampa, argentina*. Revista Geográfica de América Central, 2 (1), 1-15.
- Becerra, C., Defilippi, B., France, A., González, A., Hirzel, J., Morales, C. G., Pedreros, A., Riquelme, J., Robledo, P., & Uribe, H. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*. Boletín INIA, 98. <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-arandanos.pdf?sfvrsn=0>
- Beltramini, N; Vázquez, D & Bello, F. (2019). *Comportamiento postcosecha de variedades patentadas de arándanos cultivadas en entre ríos (argentina)*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13 (1), 31-36.
- Benavides, L. (2019). *Arándanos frescos rompen récord de exportaciones en noviembre 2019 – Sierra y Selva Exportadora*. Sierra y Selva Exportadora.
- Bray, E. A. (2001). *Plant Response to Water-deficit Stress*. ELS, 27(2), 179–191. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0001298>
- Bryla, D. R., Yorgey, B., & Shireman, A. D. (2009). *Irrigation management effects on yield and fruit quality of highbush blueberry*. Acta Horticulturae, 810, 649–656. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.86>
- Bustillo, A. (2018). *El cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum) y su protección en Colombia*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA).
- Carrasco, J. (2020). *Planificación y diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de arándano (Vaccinium myrtillus) en el fundo Lefkada de 116,64 has del sector de riego olmos, Utilizando software de diseño*. Universidad Nacional de Piura.
- Carrillo, E. (2018). *Producción de arándano hidropónico en sustrato orgánico e inorgánico\_compressed (1) (2).pdf*. Producción de Arandano Hidroponico En Sustrto Organice e Inorgánico, 0(0), 63.
- Casas, V. (2017). *Establecimiento preliminar de las condiciones agroclimáticas, zonas de*

*adaptación y cultivares potenciales para el desarrollo del cultivo de arándano (Vaccinium corimbosum) en Colombia.* Universidad de Cundinamarca.

- Christopher, V. S., Prometeo, S. G., Víctor, V. H., & María, C. L. (2018). *Respuesta agronómica de arándano (. Agronomic Response To Osmotic Stress Of Blueberry (Vaccinium Corymbosum L.),* 52(0), 231–239.
- Farfán, H. (2016). *Posibilidades De Producción Del Cultivo De Arandano (Vaccinium Myrtillus) Bajo Las Buenas Prácticas Agrícolas (Bpa) En Una Finca Del Municipio De Villapinzón, Cundinamarca.* Universidad de La Salle.
- Forbes, A., & Ramis, M. (2009). *Producción de arándanos. Producción de Arándanos-Pagano; Mangas; Forbes. RESUMEN, 0(0),* 68.
- G.A.D Municipal Antonio Ante. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDOT 2020 del cantón Antonio Ante.* 265.
- García-Rubio, J. C., & García, G. (2015). *Orientaciones para el cultivo del arándano.* Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).
- García, J. C., García, G., & Ciordia, M. (2013). *Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Tecnología Agroalimentaria. Boletín Informativo Del SERIDA,* 5–8.
- Godoy, C. (2020). *Monitoreo de la humedad edáfica en el cultivo de arándanos en el pedemonte del sistema de Tandilia. Agronomía y Ambiente,* 40(1), 33–37.
- Google Earth Pro, (2021). *Antonio Ante, Ecuador. Google Earth. <https://www.google.com/maps/place/Antonio+Ante/data=!4m2!3m1!1s0x8e2a3dcd712bb8fd:0x337c664ad7e5e0a3?sa=X&ved=2ahUKewjkpuPfuKH6AhXcRDABHUwHC2QQ8gF6BAhiEAE>*
- González, P. (2018, June). *El arándano, un fruto de reciente producción en el país | Revista Líderes.* Líderes .
- Hauviller, A. P., Días, D., & Rodríguez, M. (2017). *Un aporte a la estimación de la evapotranspiración del cultivo juvenil de Arándano utilizando metodología según FAO en localidades de la Mesopotamia Argentina. INIA,* 1–2.
- Heredia, A; Zapata, L; Malleret, A; Quinteros, F; Cives, H & Carlazara, G. (2015). *Efecto de aspersiones con un elicitador en la calidad postcosecha de frutos de arándanos en Argentina.* Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14 (2), 181-185.
- Hernández, D. (2014). *Estudio nutrimental de Arándano Azul (Vaccinium corymbosum L.) cv. Biloxi en los Reyes, Michoacán.* 104.
- Holzappel, E. A., Hepp, R. F., & Mariño, M. A. (2004). *Effect of irrigation on fruit production in blueberry. Agricultural Water Management,* 67(3), 173–184. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.02.008>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Anuario meteorológico № 53-2013.*

*In Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Issue 52).*  
[http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf)

- Intagri. (2016). *El Cultivo de Arándano o Blueberry | Intagri S.C.* Intagri.
- Jequier, J. (2014). *Introducción. Nutrición En Arándanos.*
- Jiménez, S., Luis, C., Yépez, J., & Wittmer, C. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador.*, 66(0), 15–35.
- Lima- Balcázar, M. (2019). *Crecimiento y desarrollo vegetativo de arándano (Vaccinium corymbosum L.), en tres pisos altitudinales de la provincia de Loja.* Universidad Nacional de Loja.
- Medrano-García, P., Chipana-Rivera, R., Moreno-Pérez, M. F., & Roldán-Cañas, J. (2019). *Riego capilar por mecha en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en sistema combinado de solución hidropónica y suelo, como alternativa en la agricultura urbana de Bolivia.* *Ingeniería Del Agua*, 23(1), 53. <https://doi.org/10.4995/ia.2019.10602>
- Mesa, P. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (vaccinium corymbosum l. X v. Darowii) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia). *Descripción Botánica Del Arándano*, 0(0), 18–25.
- Moreta Narváez Victoria. (2014). *Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de humus para la producción de prímula (prímula acaulis), bajo invernadero.*
- Moreta, R. (2014). *Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de humus para la producción de Prímula (Prímula acaulis), bajo invernadero. Quito, Pichincha [Universidad Central del Ecuador].* <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2775/1/T-UCE-0004-83.pdf>
- Muñoz, R. (2017). *Condiciones de trabajo en las nuevas producciones frutícolas de exportación: el caso del arándano en la provincia argentina de Entre Ríos, 2002-2010.* *Trabajo y Sociedad*, 1 (25), 371-386.
- Núñez, A; Sánchez, E; Ruiz & NeSmith, D. (2018). *Calidad de poscosecha en cultivares de arándano (Vaccinium sp.) sometidos a períodos de pre almacenamiento y temperaturas.* *Agricultura Técnica en México*, 34 (4), 453-457.
- Ochmian, I., Malinowski, R., Kubus, M., Malinowska, K., Sotek, Z., & Racek, M. (2019). *The feasibility of growing highbush blueberry (V. corymbosum L.) on loamy calcic soil with the use of organic substrates.* *Scientia Horticulturae*, 257(February), 108690. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108690>
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA]. (2018). *Estudio estándar de sustentabilidad para la producción de berries en Chile.* Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- Ortiz Romero, J. N., Miranda, H. A., & Ceballos Pérez, S. G. (2012). *Variabilidad espacial*

*de la lámina de agua y rendimiento de la caraota (Phaseolus vulgaris L.) bajo riego por aspersión. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(2), 497–507. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i3.1444>*

- Pannunzio, A., Vilella, F., Texeira, P., & Premuzik, Z. (2011a). *Impact of drip irrigation systems in blueberries. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15(1), 3–8.*
- Pannunzio, A., Vilella, F., Texeira, P., & Premuzik, Z. (2011b). *Impacto de los sistemas de riego por goteo en arándanos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15(1), 3–8.*
- Peiteado, C., & Lop, A. (2005). *Curso de riego para agricultores. Uso Eficiente Del Agua En La Agricultura.*
- Pérez , C. (2022). *Diseño de un área de inteligencia competitiva para una start-up de tecnología agrícola.* Tesis de grado. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Fñísicas y matemáticas : <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/188820/Diseno-de-un-area-de-inteligencia-competitiva-para-una-Start-Up-de-tecnologia-agricola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quintanilla, G., & Prieto, P. R. (2016). *Análisis Del Mercado Canadiense Para Determinar La Oportunidad De Exportar Arándano Fresco Del Distrito La Joya, Arequipa, 2016.* Universidad Católica de Santa María.
- Retamal-Salgado, J., Bastías, R. M., Wilckens, R., & Paulino, L. (2015). *Influence of microclimatic conditions under high tunnels on the physiological and productive responses in blueberry ‘O’Neal.’ In Chilean Journal of Agricultural Research (Vol. 75, Issue 3). <https://doi.org/10.4067/S0718-58392015000400004>*
- Riquelme, J., Robledo, P., & Uribe, H. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA, 98. <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-arandanos.pdf?sfvrsn=0>*
- Rios De Souza, V., Pereira, P., Da Silva, T., De Oliveira Lima, L., Pio, R., & Queiroz, F. (2014, August). *Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. Food Chemistry, 156, 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125>*
- Rivadeneira, F. (2015). *Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 38 (3), 247-250.*
- Rodríguez, C. (2019). *Eficiencia de riego bajo dos sistemas de conducción en “Arándano” var. Biloxi en Chao, La Libertad.* Universidad Nacional de Trujillo.
- Rodríguez, M & Morales, D. (2016). *Efecto de la densidad de explantes y el volumen de medio de cultivo sobre la multiplicación in vitro de arándano (Vaccinium corymbosum L.) variedades Brigitta y Legacy. Scientia Agropecuaria, 6 (1), 31-4.*

- Rony, L. (2015). *Análisis de la huella hídrica en los campos de cultivo de espárrago de Camposol acorde a la norma iso 14046*. Suiz Agua, 0–56.
- Ryu, D.-K., Ryu, M.-J., Chung, S.-O., Hur, S.-O., Hong, S.-J., Sung, J.-H., & Kim, H.-H. (2014). *Variability of Soil Water Content, Temperature, and Electrical Conductivity in Strawberry and Tomato Greenhouses in Winter*. *Journal of Biosystems Engineering*, 39(1), 39–46. <https://doi.org/10.5307/jbe.2014.39.1.039>
- San Martín, D. (2015). *Plantación de alta densidad en bolsas, una opción para los productores de arándanos*. El Mercurio, Campo, 1–2.
- Shock, C. C., & Wang, F. X. (2011). *Soil water tension, a powerful measurement for productivity and stewardship*. *HortScience*, 46(2), 178–185. <https://doi.org/10.21273/hortsci.46.2.178>
- Silva, J. (2019). *Respuesta del cultivo de Betarraga (Beta vulgaris L.) a cinco láminas de riego por goteo en el valle de Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Solís, M. (2011). *Evaluación de tres láminas y dos frecuencias de fertirriego, aplicadas por el método de goteo localizado en el cultivo de fresa (fragaria vesca) en la provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.
- Undurraga-Díaz, P., & Vargas, S. (2013). *Manual del arándano*. In *Boletín N° 263 INIA*. Trama Impresiones S.A.
- Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., & Julio, J. (2014). *CAPÍTULO 6 Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía*. October.
- Villavicencio, G. (2017). *Diseño del sistema de riego para el cultivo de arándano en la agrícola cerro prieto - Chiclayo*. Universidad nacional Agraria la Molina.
- Yarborough, D. E. (2004). *Factors contributing to the increase in productivity in the wild blueberry industry*. *Small Fruits Review*, 3(1–2), 33–43. [https://doi.org/10.1300/J301v03n01\\_05](https://doi.org/10.1300/J301v03n01_05)
- Zapata, L; Heredia, A & Malleret, A. (2019). *Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14 (2), 186-194.

## ANEXOS

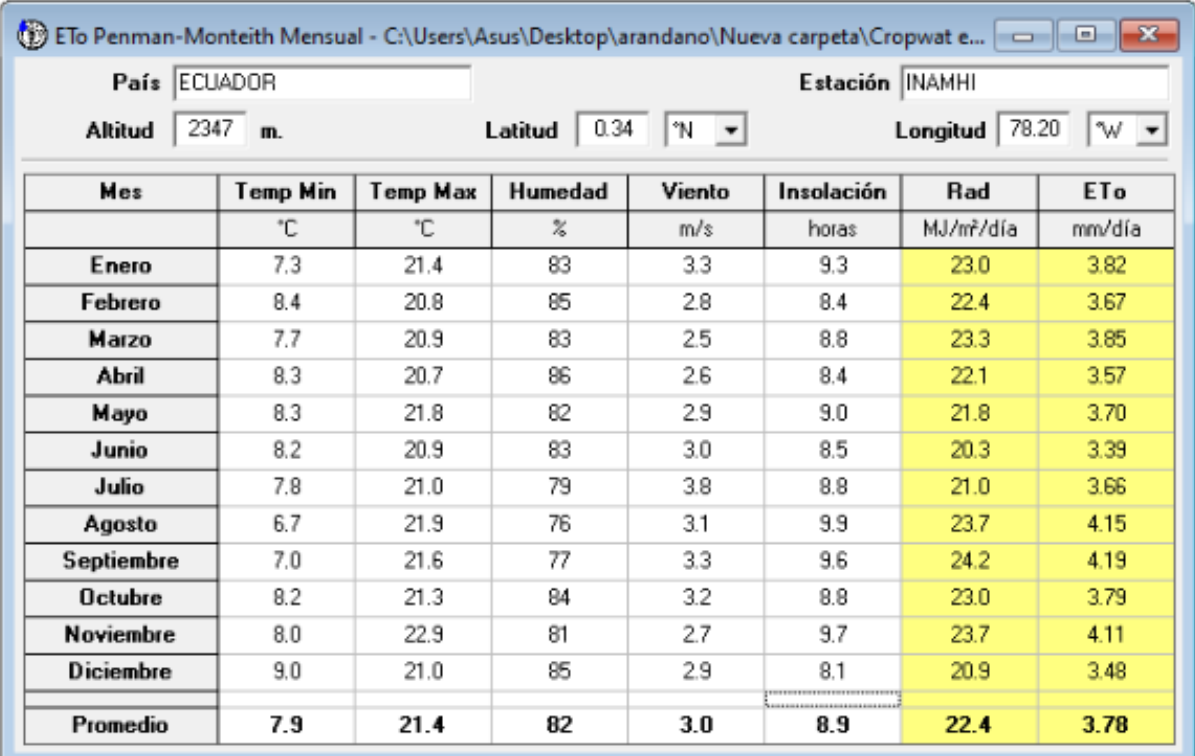
### Anexo 1

#### *Datos de la investigación*

		Altura							Numero de tallos						Promedio de pesaje por cosecha(g)													
Tratamiento	Repetición	Altura	Altura	Altura	Altura	Altura	Altura	Altura	N de tallos	N de tallos	N de tallos	N de tallos	N de tallos	N de tallos	N de tallos	Floración	Promedio de pesaje por cosecha(g)											
		Inicio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	ene		feb	ha 1	ha 2	ha 3	ha 4	ha 5	ha 6	ha 7	ha 8	ha 9	ha 10	
1	1	19,4	24,4	35,2	44,2	50,6	55,1	60,2	64,2	1	1,7	2,3	3,4	4,1	4,7	5,4	5,5	117	2,775	11,95	17,98	28,82	32,21	58,12	63,78	57,9	60,9	70,6
1	2	20,5	24,4	33,9	43,4	49	53,1	57,9	61,9	1	1,9	2,5	3,1	3,9	4,4	5,1	5,2	115	4,62	16,75	21,52	37,26	32,89	60,61	67,34	69,4	53,2	65
1	3	20,5	24,8	35,6	44,2	50,8	55	58,8	65	1	1,6	2,4	3	3,6	4,4	5	5	114	6,43	13,06	19,87	40,85	34,46	62,38	68,41	68,5	68,6	56,5
2	1	22,1	25,2	33,6	41,8	48,3	53,6	58,6	62,9	1	1,5	2,3	3	3,8	4,2	4,9	4,9	114	4,81	9,91	18,63	52,93	38,01	55,45	66,14	53,8	63,1	69,7
2	2	18,9	24,7	34,3	42,5	47,6	52,2	57,7	61,7	1	1,4	2,3	2,9	4,1	4,5	5	5,1	115	4,61	12,56	18,83	48,43	35,23	55,05	65,01	52,4	66,7	68,3
2	3	19	23,9	34,6	41,8	48,3	53,3	58,7	63,4	1	1,6	2,3	3,1	3,9	4,1	4,8	4,8	115	1,17	13,16	19,2	44,98	32,42	55,26	63,75	53,9	63,3	66,4
3	1	19,5	24,2	32,1	40,4	47,3	53	59	62,6	1	1,3	2,3	3	3,8	4,2	4,5	4,5	105	2,79	12,64	17,01	42,02	29,15	52,65	58,08	60,9	65,6	62
3	2	20,8	24,7	31,9	40,3	48,1	52,6	58,4	62,6	1	1,5	2,3	3,1	3,7	4,4	4,7	4,8	102	1,79	13,93	17,15	36,17	33,3	51,51	53,86	51	58	53,3
3	3	19,9	23,7	31,2	39,4	44,3	50	55,2	58,9	1	1,6	2,3	3	4,1	4,4	4,6	4,6	106	1,84	12,46	14,75	31,65	26,3	44,37	50,26	43,9	45,3	57,3
4	1	20,2	23,8	31,9	40,1	47,5	51,5	56,4	60,8	1	1,5	3	2,8	3,7	4	4,3	4,3	95	1,45	7,42	14,13	34,28	29,3	43,09	45,32	57,6	47,2	54,4
4	2	20,4	24,4	32,2	39,1	44,2	48	53,6	57,3	1	1,5	2	2,9	3,9	4,2	4,6	4,6	97	1,69	6,46	13,33	31,4	18,27	44,8	39,44	41,2	56,5	49,3
4	3	20,8	24,1	32,6	39,5	45,5	49,3	54,9	59,4	1	1,6	2	3	3,7	4,3	4,8	4,8	102	1,18	7,51	14,69	36	18,85	40,32	38,9	45,4	51,1	50,5

## Anexo 2

Obtención de Evapotranspiración (ETo) mediante programa CROPWAT 8.0



The screenshot shows the 'ETO Penman-Monteith Mensual' window in CROPWAT 8.0. The location is set to Ecuador, INAMHI station, at an altitude of 2347 m, latitude 0.34° N, and longitude 78.20° W. A table displays monthly data for temperature, humidity, wind, insolation, radiation, and evapotranspiration (ETo).

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	7.3	21.4	83	3.3	9.3	23.0	3.82
Febrero	8.4	20.8	85	2.8	8.4	22.4	3.67
Marzo	7.7	20.9	83	2.5	8.8	23.3	3.85
Abril	8.3	20.7	86	2.6	8.4	22.1	3.57
Mayo	8.3	21.8	82	2.9	9.0	21.8	3.70
Junio	8.2	20.9	83	3.0	8.5	20.3	3.39
Julio	7.8	21.0	79	3.8	8.8	21.0	3.66
Agosto	6.7	21.9	76	3.1	9.9	23.7	4.15
Septiembre	7.0	21.6	77	3.3	9.6	24.2	4.19
Octubre	8.2	21.3	84	3.2	8.8	23.0	3.79
Noviembre	8.0	22.9	81	2.7	9.7	23.7	4.11
Diciembre	9.0	21.0	85	2.9	8.1	20.9	3.48
Promedio	7.9	21.4	82	3.0	8.9	22.4	3.78

## Anexo 3

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano

Fecha de plantación 11 de agosto 2021

Fase fenológica vegetativa V1 punta verde

Evapotranspiración agosto Eto: 4,15mm/día

Kc : 0,2

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 4,15\text{mm/día} \times 0,2$$

$$ET = 0,83\text{mm/día}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{0,83\text{mm/día}}{95} \times 100$$

$$Nb = 0,87\text{mm/día} = 0,87\text{litros}/\text{m}^2$$

Se va a regar 0,87 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20 m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50 m

Caudal de cada gotero 8 l / h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/\text{m}^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/\text{m}^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{0,87\text{l}/\text{m}^2}{8 \text{ l/h}} \times \frac{1}{1,6} \times 60 \text{ min}$$

$$T = 4 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la ETa fenológica V1 punta verde, con el kc de 0,2 es 4 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano Fase fenológica V2 entrenudos cortos

Evapotranspiración agosto ETo: 4,15 mm / día

Kc : 0,4

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times Kc$$

$$ET = 4,15\text{mm}/\text{dia} \times 0,4$$

$$ET = 1,66 \text{ mm/día}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{1,66 \text{ mm/día}}{95} \times 100$$

$$Nb = 1,74 \frac{\text{mm}}{\text{día}} = 1,74 \text{ l}/\text{m}^2$$

Se va a regar 1,74 mm / día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1,20 m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l / h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = \frac{1}{1,20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{1,74 \text{ l}/m^2}{8 \text{ l}/h} \times \frac{1}{1,6} \times 60 \text{ min}$$

$$T = 8 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la eta fenológica V2 entrenudos cortos, con el kc de 0,4 es 8 minutos en el tratamiento del 100 % del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano Fase fenológica V3 brote nuevo alargamiento de entrenudos y expansión de hojas.

Evapotranspiración septiembre ETo: 4,19 mm / día

Kc : 0,4

Eficiencia de sistema de riego 95 %

$$ET = ETR \times Kc$$

$$ET = 4,19 \text{ mm}/\text{día} \times 0,4$$

$$ET = 1,67 \text{ mm}/\text{día}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{1,67 \text{ mm} / \text{día}}{95} \times 100$$

$$Nb = 1,75 \frac{\text{mm}}{\text{día}} = 1,75 \text{ l} / m^2$$

Se va a regara 1,75 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = \frac{1}{1,20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{1,75l/m^2}{8 l/h} \times \frac{1}{1,6} \times 60minT = 8 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la eta fenológica V3 brote nuevo alargamiento de entrenudos y expansión de hojas, con el kc de 0,4 es 8 minutos en el tratamiento del 100% del riego. Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano Fase fenológica V4 ramas nuevas hojas expandidas y entrenudos largos.

Evapotranspiración ETo: 3,79mm/día

Kc :0,5

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 3,79mm/día \times 0,5$$

$$ET = 1,89 \text{ mm/día}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{1,89mm/día}{95} \times 100$$

$$Nb = 2 \text{ mm/día} = 2 \text{ litros}/m^2$$

Se va a regara 2 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = \frac{1}{1,20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{2 l/m^2}{8 l/h} \times \frac{1}{1,6} \times 60min$$

$$T = 9 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la eta fenológica V4 ramas nuevas hojas expandidas y entrenudos largos, con el kc de 0,5 es 9 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano en la fase fenológica reproductivo R1 yema hinchada origen de las flores

Evapotranspiración ETo: 4,11mm/día

Kc :0,7

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 4,11mm/día \times 0,7$$

$$ET = 2,87 mm/día$$

$$Lámina de riego = Nb = \frac{2,87mm/día}{95} \times 100$$

$$Nb = 3,02 mm/día = 3,02 litros/m^2$$

Se va a regar 3,02 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} de emisores/m^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} de emisores/m^2 = 1,6$$

$$Tiempo de riego = \frac{3,02 l/m^2}{8 l/h} \times \frac{1}{1,6} \times 60min$$

$$T = 14 minutos$$

El tiempo de riego en la eta reproductivo R1 yema hinchada origen de las flores, con el kc de 0,7 es 14 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano en la fase fenológica reproductivo R2 yema abierta inicio de floración.

Evapotranspiración ETo: 3,8mm/día

Kc :0,8

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 3.8mm/día \times 0,8$$

$$ET = 3,04 mm/día$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{3.04mm/día}{95} \times 100$$

$$Nb = 3,2 mm/día = 3,2 litros/m^2$$

Se va a regar 3,2 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/m^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{3,2 l/m^2}{8 l/h} \times \frac{1}{1,6} \times 60min$$

$$T = 15 minutos$$

El tiempo de riego en la eta fenológica reproductivo R2 yema abierta inicio de floración., con el kc de 0,8 es 15 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano en la fase fenológica reproductivo R3 botones florales cola cerrada.

Evapotranspiración ETo: 3,82mm/día

Kc :0,8

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 3.82\text{mm}/\text{dia} \times 0,8$$

$$ET = 3,056 \text{ mm}/\text{dia}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{3.056\text{mm}/\text{día}}{95} \times 100$$

$$Nb = 3,21 \text{ mm}/\text{día} = 3,21 \text{ litros}/\text{m}^2$$

Se va a regara 3,21 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/\text{m}^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/\text{m}^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{3,21 \text{ l}/\text{m}^2}{8 \text{ l}/\text{h}} \times \frac{1}{1,6} \times 60\text{min}$$

$$T = 15 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la eta fenológica reproductivo R3 botones florales cola cerrada, con el kc de 0,8 es 15 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano en la fase fenológica reproductivo R4 plena floración corola abierta

Evapotranspiración ETo: 3,67mm/día

Kc :0,9

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 3.67\text{mm}/\text{dia} \times 0,9$$

$$ET = 3,303\text{mm}/\text{dia}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{3.303\text{mm}/\text{día}}{95} \times 100$$

$$Nb = 3,47 \text{ mm}/\text{día} = 3,47 \text{ litros}/\text{m}^2$$

Se va a regara 3,47 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/\text{m}^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores}/\text{m}^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{3,47 \text{ l}/\text{m}^2}{8 \text{ l}/\text{h}} \times \frac{1}{1,6} \times 60\text{min}$$

$$T = 16 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la eta fenológica reproductivo R4 plena floración corola abierta, con el kc de 0,9 es 16 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano en la fase fenológica reproductivo R5 cuaje caída de la corola

Evapotranspiración ETo: 3,85mm/día

Kc : 0,9

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 3.85mm/ dia \times 0,9$$

$$ET = 3,46mm/dia$$

$$Lámina de riego = Nb = \frac{3.46mm/día}{95} \times 100$$

$$Nb = 3,64 mm/día = 3,64 litros/ m^2$$

Se va a regara 3,64 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} de emisores/m^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} de emisores/m^2 = 1,6$$

$$Tiempo de riego = \frac{3,64 l/m^2}{8 l/h} \times \frac{1}{1,6} \times 60min$$

$$T = 17 minutos$$

El tiempo de riego en la eta fenológica reproductivo R5 cuaje caída de la corola, con el kc de 0,9 es 17 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

Cálculo de la lámina de riego en cultivo de arándano en la fase fenológica reproductivo R6 fruto verde.

Evapotranspiración ETo: 3,57mm/día

Kc :1,1

Eficiencia de sistema de riego 95%

$$ET = ETR \times KC$$

$$ET = 3.57 \text{ mm/día} \times 1,1$$

$$ET = 3,92 \text{ mm/día}$$

$$\text{Lámina de riego} = Nb = \frac{3.92 \text{ mm/día}}{95} \times 100$$

$$Nb = 4,12 \text{ mm/día} = 4,12 \text{ litros/ m}^2$$

Se va a regar 4,12 mm/día en el 100% de tratamiento

Cálculo de tiempo de riego:

Marco de plantación

Entre hileras 1.20m

Entre planta y separación del lateral de riego 0,50 m

Caudal de cada gotero 8 l/h

$$N^{\circ} \text{ de emisores/m}^2 = \frac{1}{1.20 \times 0,50}$$

$$N^{\circ} \text{ de emisores/m}^2 = 1,6$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{4,12 \text{ l/m}^2}{8 \text{ l/h}} \times \frac{1}{1,6} \times 60 \text{ min}$$

$$T = 19 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego en la eta fenológica reproductivo R6 cuaje caída de la corola, con el kc de 1,1 es 19 minutos en el tratamiento del 100% del riego.

#### **Anexo 4**

*Actividades de preparación y delimitación del área de cultivo*



#### **Anexo 5**

*Preparación y riego de sustrato*



## **Anexo 6**

### *Instalación de líneas de riego*





**Anexo 7**

*Plantas variedad Biloxi*



**Anexo 8**

*Mediciones Conductividad eléctrica de la lixiviación del sustrato antes de la siembra*



**Anexo 9**

*Trasplante de plantas de arándano*



**Anexo 10**

*Instalación y programación del sistema de riego*



**Anexo 11**

*Visita de campo y control de plagas y enfermedades del cultivo*



**Anexo 12**

*Toma de datos etapa reproductiva R4 plena floración tratamiento 1*



**Anexo 13**

*Observación de campo etapa reproductiva R5 caída de corola y R6 fruto verde*



## Anexo14

*Maduración del cultivo inicio de la cosecha*



