

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Origen del arándano**

Desarrollada originalmente en Florida, Estados Unidos. Esta variedad destaca por su resistencia, productividad y sabor, resultado de un cuidadoso proceso de hibridación entre varias especies de *Vaccinium*: *V. corymbosum*, *V. angustifolium*, *V. ashei* y *V. darrowii*. Gracias a esta combinación genética, la Biloxi se adapta especialmente bien a climas cálidos o templado-cálidos con baja acumulación de horas frío, lo que la convierte en una excelente opción para quienes viven en zonas con inviernos suaves. (Hydro Environment, s.f.)

### **1.2. Producción mundial**

La superficie y la producción mundial de arándanos han mantenido una notable trayectoria de crecimiento. Para 2023, la superficie mundial de cultivo de arándanos alcanzó las 267.000 hectáreas (un 7,2 % más que en 2022). La producción mundial de arándanos aumenta a pesar de una caída del 12 % en las exportaciones, continuando un ascenso constante desde las aproximadamente 201.000 hectáreas de 2019. América Latina representa ahora la mayor parte (42 % de la superficie mundial), lo que refleja las grandes inversiones en países como Perú, México y Chile.

La región Asia-Pacífico no se queda atrás, con el auge de la siembra en China, que la convierte en el mayor productor individual en términos de volumen (la producción mundial de arándanos aumenta a pesar de una caída del 12% en las exportaciones). La producción mundial en 2023 alcanzó los 1,78 millones de toneladas, con China, Estados Unidos y Perú contribuyendo en conjunto con el 88% de la producción. Cabe destacar que China por sí sola produce actualmente alrededor del 32% de los arándanos del mundo, tras haber superado a Estados Unidos como principal productor en 2021. (Blue Berries, 2025)

### **1.3. Producción nacional**

La producción de arándano en Bolivia no es mucha, siendo Tarija la única ciudad de Bolivia que produce arándano y distribuye a las demás ciudades del país, pero sus principales mercados son Santa Cruz y La Paz.

La producción del arándano en el Valle Central de Tarija se introdujo en el año 2006 donde se adaptó muy bien debido a su buen clima y actualmente existe varios productores de arándanos, los cuales tienen unas diez hectáreas en total, mientras que en Entre Ríos superan las quince, Tarija es uno de los productores de arándano para el país, pero su producción no alcanza para satisfacer la demanda y debido a su baja disponibilidad de plantas es que se importa de otros países como EEUU Chile y Argentina que son los principales países exportadores de arándano para Bolivia. (Gareca Auza, 2018)

### **1.4. Producción en Tarija**

Tarija es el mayor productor de arándanos en Bolivia ya que presenta las características ideales para este cultivo por su clima y suelo que permite obtener un producto de alta calidad.

La localidad de Entre Ríos, en Tarija, se ha convertido en el lugar donde se produce el primer arándano "made in Bolivia" con calidad de exportación.

Andean Blueberries es el nombre de la primera marca de arándanos producidos en Bolivia, a cargo de la empresa Agro Náyade.

La idea era hacer algo que no se había hecho en Bolivia surgió del ingeniero agrónomo Julio Barragán, que actualmente es profesor en el exterior. Él es de Tarija y, por supuesto, como buen tarijeño ideó en el lugar el proyecto de cultivo de arándano, explica el gerente comercial de Agro Náyade, Larry Serrate. (Herrera Tarraga, 2020)

### 1.5. Descripción de la taxonomía del arándano

- Reino: Vegetal.
- Phylum: Teleomorphytae.
- División: Tracheophytae.
- Sub división: Anthophyta.
- Clase: Angiospermae.
- Sub clase: Dicotyledoneae.
- Grado Evolutivo: Metachlamydeae.
- Grupo de Órdenes: Pentacíclicos.
- Orden: Ericales.
- Familia: Ericaceae.
- Nombre científico: *Vaccinium corymbosum* L.
- Nombre común: Arándano.

Fuente: (Herbario Universitario T.B, s.f, 2023)

### 1.6 Morfología

Planta con tallos erectos, vigorosos, productivos. La fruta madura tempranamente, tamaño de baya mediano, buen color, firmeza y sabor.

Es un cultivar que requiere pocas horas de frío. Fue liberado en las costas del sur de USA y debería ser plantado junto a otras variedades “Highbush” para facilitar su polinización. De hecho esta variedad fue desarrollada como polinizadora de la variedad Misty.

Requiere del orden de 200 horas frío.

Tiene frutas de tamaño mediano de color azul claro, muy firme y de muy

buen sabor. La planta es de hábito de crecimiento erecto, muy vigorosa y productiva. (Carhuaricra Montes, 2012)

### **1.7. Descripción botánica**

Perteneciente a la familia Ericaceae. Se trata de arbustos erectos o rastreros, con altura variable según la especie (0,3 a 7,0 m), de hojas alternas, caducas o perennes, y de una gran longevidad, pudiendo superar los 50 años en muchos casos. (García Rubio, WordPress.com, s.f.)

#### **1.7.1. Tallo:**

- Tallo: Presenta un pequeño tallo subterráneo (corona), recto, cuadrangular y muy ramificado. Generalmente son de color marrón-anaranjado, según la especie. **(El cultivo del arandano, s.f.)**

#### **1.7.2. Raíz:**

El sistema radical es superficial, situándose el 80% de éste en los primeros 40 cm, tiene raíces finas y fibrosas que se caracterizan por la ausencia de pelos absorbentes. Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, que tiene la capacidad de emitir brotes. En la mayoría de los casos se asocia de forma natural con una micorriza formando una simbiosis, traduciéndose ésta en un mayor desarrollo vegetativo. Es sensible al encharcamiento en suelos pesados. (García Rubio, s.f.)

#### **1.7.3. Hojas:**

Simples, alternas, cortamente pediceladas, forma elíptico-lanceoladas de unos 5 cm de longitud, caducas, de un color verde pálido a muy intenso según cultivares, ligeramente dentadas y finamente nerviadas por el envés. Es típica la coloración rojiza que adquieren en el otoño. (García Rubio, s.f.)

#### **1.7.4. Flores:**

Axilares o terminales, en racimos de 6 a 10 en cada yema, sépalos persistentes, corola acampanada blanca con tonos rosas en algunos cultivares, formada por 4-5 pétalos fusionados, 8 a 10 estambres con anteras aristadas o no, prolongadas en tubos

terminales con una abertura en el ápice, un pistilo simple, ovario ínfero, de 4 a 10 lóculos. El número de yemas de flor que puede desarrollarse en una rama de un arbusto del grupo “highbush” parece estar relacionado con el grosor de la rama, con el cultivar, así como por la influencia de varios reguladores de crecimiento. (García Rubio, s.f.)

#### **1.7.5. Floración:**

Florece generalmente en racimos axilares pero también se pueden dar en forma terminal. Gil (2000) indica que las flores son perfectas y epígenas, están dispuestas en racimos que emergen de yemas simples laterales de ramillas hacia la parte lateral del brote, se diferencian en verano al mismo tiempo que se agrandan, en dirección basipetala. La diferenciación se manifiesta por un abultamiento notorio de las yemas, las que se recubren de escamas color café, fácilmente distinguibles de las yemas axilares vegetativas. En otoño ya son distinguibles las partes florales. La diferenciación del polen y óvulos ocurre al reiniciarse el crecimiento en primavera, lo que toma entre ocho a nueve meses. Muñoz (2005) menciona que la floración ocurre sobre yemas que se diferencian al inicio del otoño, generalmente cuando se detiene el crecimiento vegetativo, probablemente en respuesta al fotoperiodo. Normalmente, se forma una inflorescencia por nudo, pero en brotes medianamente gruesos pueden formarse dos. El número de nudos florales en un brote, como el número de flores por inflorescencia, son características de cada variedad. (Acedo Curo, s.f.)

#### **1.7.6. Fruto:**

Es una falsa baya esférica de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso de 0,5 a 4,0 g y varias semillas en su interior, 20 a 100, cuyo número está relacionado de forma positiva con el tamaño del fruto. Los frutos, a medida que maduran, pasan por distintos grados de color, adquiriendo el tono azul característico al finalizar la maduración. A su vez, la epidermis del fruto está cubierta por secreciones cerosas, que le dan una terminación muy atractiva. Los frutos más cercanos a las ramas son más grandes que los distales, y su tamaño se ha relacionado también con el vigor de la rama, es decir, ramas más vigorosas generalmente producen frutos mayores. Además, los primeros frutos

maduros de un cultivar a menudo son mayores que los que se recogen más tarde. Dos características comercialmente relevantes del fruto son: la cicatriz que queda al desprenderse. (García Rubio, s.f.)

#### **1.7.7. Semilla:**

García (2010) indica que la semilla, es de color amarillo cremoso, de forma aperada u ovoide achatado en uno de sus lados y pequeña midiendo entre 2 milímetros a 5 milímetros de largo. (Carhuaricra Montes, 2012)

### **1.8. Etapas fenológicas del cultivo del arándano**

#### **1.8.1. Crecimiento vegetativo**

Es una planta con tallos erectos, vigorosos, productivos. La fruta madura tempranamente, la baya es de tamaño mediano, buen color, firmeza y sabor. Tiende a florecer y fructificar 2 veces al año, Según José Unzueta, de Blueberries Perú, la variedad más sembrada en el Perú es la Biloxi, su rendimiento aproximadamente 1.5 kg por planta y funciona bien tanto en la sierra como en la costa. (Libro Arandanos, 2020)

#### **1.8.2. Formación de botones florales**

Son redondeadas, más grandes que las yemas vegetativas y se ubican en la porción apical de ramillas. El número de yemas florales va a depender del fotoperíodo, época de detención de los brotes y temperatura. El número puede variar entre 1 y 14 yemas por ramilla.

El período de floración del arándano dura aproximadamente una semana.

La inducción y diferenciación de las yemas florales ocurre desde el verano después de la detención de crecimiento de brotes bajo condiciones de acortamiento del fotoperíodo. (Agronotips, 2022)

### **1.8.3. Floración**

Presentan inflorescencias en racimos de 6-10 flores por yema. Las flores individuales son pequeñas, axilares, con el cáliz compuesto de 4-5 sépalos obtusos y la corola blanca formada por 4-5 pétalos fusionados dando lugar a una forma acampanada. El pistilo es simple, de ovario ínfero y estambres en grupos de 8-10. (InfoAgro, s.f.)

### **1.8.4. Fructificación**

Tras la floración, el arándano entra en la etapa de fructificación. Aquí es donde las bayas comienzan a formarse y crecer. El riego constante y la fertilización equilibrada son esenciales para apoyar el desarrollo de las frutas. La fructificación es un periodo crítico para el control de plagas y enfermedades, ya que las bayas en crecimiento son vulnerables a daños. Se realizan podas selectivas para permitir una mejor circulación de aire y luz, reduciendo el riesgo de enfermedades fúngicas. (Intagri, s.f.)

### **1.8.5. Maduración y cosecha**

Los arándanos alcanzan su punto de madurez cuando presentan un color azul oscuro uniforme. La maduración completa suele tardar entre tres y siete días desde que el fruto adquiere este color, por lo que lo ideal es esperar a que se oscurezcan por completo antes de recolectarlos.

Los arándanos maduros no solo tienen un color intenso, sino también una textura suave al tacto y un sabor dulce. Si la fruta todavía se siente firme, es posible que necesite uno o dos días más en la planta.

La cosecha de arándanos se puede realizar varias veces en una temporada, ya que las frutas maduran en diferentes momentos. Revisar las plantas cada dos o tres días durante la temporada de cosecha garantiza que recolectes cada fruta en su punto óptimo. (hydroponicsystems, 2024)

### **1.8.6. Valor nutricional del arándano**

Si hubiera que destacar una propiedad entre las múltiples que tienen los arándanos, las pequeñas bayas de color azul oscuro o rojo que han conquistado el mundo, es su alto contenido en antioxidantes, unas sustancias que previenen el envejecimiento celular y aportan múltiples beneficios para la salud, puesto que neutralizan los radicales libres. (La Vanguardia, 2023)

#### **Valor nutricional por 100g de arándanos**

- Valor energético: 33 kca.
- Grasa (lípidos totales): 0,6 g.
- Proteína: 0,625 g.
- Agua: 87,8 g.
- Fibra dietética total: 4,9 g.
- Carbohidratos: 6,05 g.
- Colesterol: 0 mg.
- Vitamina C 9,7 mg.
- Calcio 6 mg.
- Hierro 0,3 mg.
- Vitamina D 0 IU.
- Vitamina B6 0,1 mg.
- Vitamina B12 0 µg.
- Magnesio 6 mgicales libres. (La Vanguardia, 2023)

## **1.9. Requerimientos Climáticos**

### **1.9.1. Clima**

En cuanto a los requerimientos de temperatura, el arándano soporta bien heladas durante el receso invernal, siendo  $-0,6^{\circ}\text{C}$  un valor crítico previo a registros de daños. Una vez terminada la latencia se torna sensible a las bajas temperaturas, sobre todo en floración. Por tanto, se recomienda considerar los datos históricos de heladas en la zona donde se inicia el cultivo, y la cantidad de horas frío, cuyo rango va desde 400 a 1.200 horas frío con un umbral de  $7^{\circ}\text{C}$ , para realizar una correcta elección de la variedad. La temperatura óptima de crecimiento de raíces va el rango de  $18^{\circ}$  -  $22^{\circ}\text{C}$ , de brotes, hojas y frutos entre  $20^{\circ}$  -  $26^{\circ}\text{C}$ . (Morales, s.f.)

### **1.9.2. Temperatura**

El arándano es un cultivo que requiere un determinado número de horas-frío (temperatura inferior a  $7^{\circ}\text{C}$ ) para salir de la latencia, que depende de la especie.

Para el desarrollo del cultivo del arándano, el rango óptimo de temperatura oscila entre  $16$ - $25^{\circ}\text{C}$ . No obstante, puede llegar a tolerar temperaturas de hasta  $-30^{\circ}\text{C}$ , aunque temperaturas de  $28$ - $30^{\circ}\text{C}$  acompañadas de vientos secos, pueden provocar daños en el fruto como arrugamientos y quemaduras.

Durante la floración, temperaturas inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$  pueden provocar daños en los frutos. Por esta razón, la ocurrencia de heladas durante la floración resulta muy perjudicial. (InfoAgro, s.f.)

### **1.9.3. Humedad**

En general los arándanos son muy susceptibles a la pérdida de agua, lo que afecta de manera negativa la apariencia de la fruta ya que se observan “arrugamientos”. Por este motivo es crítico mantener la fruta a la temperatura y humedad recomendadas para disminuir así el déficit de presión de vapor y la deshidratación. Junto con el uso de baja temperatura, los arándanos deben almacenarse con una alta humedad

relativa (95% a 0 °C), condición que contribuirá a reducir la pérdida de agua de la fruta. Con un buen manejo de cosecha, rápido enfriamiento y almacenaje a 0 °C, en condiciones de humedad relativa de entre 90 y 95%, los arándanos tienen una duración mínima de 14 días. (Defilippi y otros, s.f.)

#### **1.9.4. Luminosidad**

Para asegurar la salud y productividad óptimas, Arándano requiere un mínimo de 6 a 8 horas de luz solar directa diaria. Esta duración permite que la planta acumule suficiente energía para los procesos de crecimiento y producción de frutas. La exposición prolongada a la luz solar es especialmente beneficiosa durante la temporada de crecimiento, desde principios de primavera hasta el verano. (PictureThis, 2024)

#### **1.9.5. Sustrato**

En el cultivo en sustrato, se emplean medios como la fibra de coco, la turba, la perlita o la vermiculita. Los sustratos especiales para cultivos hidropónicos permiten optimizar el control tanto de la nutrición como del riego, asegurando condiciones ideales para el crecimiento del cultivo. (Islas, 2025)

### **1.10. Plagas y enfermedades del arándano**

#### **1.10.1. Araña roja (*tetranychus urticae*)**

La araña roja es un ácaro que se alimenta de la savia de las plantas de arándano. Sus ataques debilitan la planta y reducen la capacidad de fotosíntesis, lo que afecta el crecimiento y desarrollo adecuado de los arbustos. Además, estas plagas pueden generar una decoloración en las hojas y telarañas, afectando la apariencia estética del cultivo. (Torres, 2015)

#### **1.10.2. Pulgón del arándano (*aphis pomi*)**

El pulgón del arándano es una plaga que se alimenta de la savia de los brotes, hojas y frutos de los arándanos. Su alimentación debilita la planta y reduce su crecimiento, además de transmitir enfermedades virales. La presencia de pulgones en el cultivo de

arándanos puede causar deformaciones en los brotes y hojas, afectando negativamente la calidad y el rendimiento de la cosecha. (Koppert, s.f.)

#### **1.10.3. Antracnosis (*colletotrichum spp.*)**

La antracnosis es una enfermedad fúngica causada por especies del género *Colletotrichum*, como *Colletotrichum acutatum* y *Colletotrichum gloeosporioides*. Esta enfermedad afecta los frutos de los arándanos, generando manchas necróticas de forma circular o irregular en la superficie. Estas manchas pueden expandirse y provocar la descomposición y pudrición de los frutos. La antracnosis puede causar pérdidas significativas en la producción y afectar la calidad de los arándanos, especialmente en condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas. (Blueberries, 2022)

#### **1.10.4. Mancha de la hoja (*septoria spp.*)**

La mancha de la hoja es una enfermedad causada por especies del género *Septoria*, como *Septoria albopunctata* y *Septoria azaleae*. Esta enfermedad afecta principalmente las hojas de los arbustos de arándanos, generando manchas de color marrón claro a oscuro con un halo amarillento. Estas manchas pueden expandirse y fusionarse, causando la defoliación prematura de los arbustos. La mancha de la hoja reduce la capacidad fotosintética de la planta, debilita los arbustos y disminuye la producción de frutos. (Pictures This, s.f.)

#### **1.10.5. Mildiu (*peronospora spp.*)**

El mildiu es una enfermedad fúngica causada por especies del género *Peronospora*, como *Peronospora sparsa* y *Peronospora symphyti*. Esta enfermedad afecta los brotes, hojas y frutos de los arándanos, generando manchas de color pálido o amarillento en la parte superior de las hojas, y un moho de color violeta oscuro en la parte inferior. El mildiu puede provocar la defoliación de los arbustos, reducir la calidad de los frutos y disminuir la producción. (PennState Extension, 2023)

#### **1.10.6 Virus del mosaico del arándano (*blueberry mosaic virus*)**

El Virus del Mosaico del Arándano es una enfermedad viral que afecta a los arándanos. Se transmite principalmente por áfidos y se caracteriza por la aparición de patrones de

mosaico en las hojas, con manchas de color verde claro y oscuro. Esta enfermedad puede debilitar los arbustos, afectar su crecimiento y desarrollo, y reducir la calidad de los frutos. El control de esta enfermedad se basa en la prevención y manejo adecuado de insectos vectores y la utilización de material vegetal certificado y libre de virus. (Wikipedia, s.f.)

### **1.11. Generalidades del cultivo**

El arándano (*Vaccinium* sp.) es un frutal arbustivo perteneciente al género *Vaccinium*, de la familia de las Ericáceas, originario del sotobosque del hemisferio norte, básicamente en Norteamérica, y constituyen un grupo de especies ampliamente grande, distribuyéndose también por Europa Central y Eurasia, América del Sur, y unas pocas especies en África y Madagascar. (García & Gonzales, 2011)

Las especies de *Vaccinium* se caracterizan por ser arbustos de baja altura, con hojas simples caducifolias, de forma lanceolada a ovada, su fruto es una baya esférica (0,7-1,5cm de diámetro), con coloraciones que van desde azul claro hasta negro azulado. (Ormazábal, 2020)

### **1.12. Variedad Biloxi**

Es una planta perteneciente al grupo de los Southern highbush, híbridos obtenidos del cruzamiento de 4 diferentes tipos variedades (*corymbosum*, *V. angustifolium*, *V. ashei* y *V. darrowii*.), la cual es la variedad más cultivada en México, ya que se adapta y es más tolerante a las altas temperaturas y requiere de menos horas de frío para crecer y desarrollarse adecuadamente, en comparación con otras variedades. Además, esta variedad es conocida por su resistencia a enfermedades y plagas comunes. (Islas, 2025)

### **1.13. Labores culturales**

#### **1.13.1. Preparación del sustrato del arándano**

Los métodos de cultivos de arándanos sin suelo involucran muchos componentes, siendo el sustrato y el manejo del agua dos de los elementos más importantes a tener en cuenta. Tras hacer pruebas con distintos sustratos —como pajilla de arroz, fibra de coco y bagazo de caña de azúcar—, identificaron que el mejor sustrato para este berry

era una mezcla de fibra de coco, turba (materia orgánica vegetal) y perlita, que busca mantener aireado el sustrato y que, pese al tiempo, no se compacte. (RedAgricola, 2021)

#### **1.13.2. Armado de camellones**

Tenemos que planificar el tamaño de camellón con la distancia óptima para el cultivo. Con el camellón, debido a la elevación de la tierra, se extiende el área del suelo que recibe la luz del sol.

Es una técnica agrícola para la producción de cultivos en la que se amontona la tierra en línea, para brindarle mejores condiciones a la planta, en este caso colocamos nailon sobre el camellón para evitar las malezas y controlar mejor las plagas del cultivo. (AgonoTips, 2017)

#### **1.13.3. Colocado de malla antigranizo**

Las mallas son implementos de protección que rodean el área de cultivo con la finalidad de brindarles un mejor cuidado y evitar así imperfectos que podrían llegar a afectar la calidad del producto.

Ubicar de manera espacial la estructura del cultivo: largo y ancho del área a cubrir.

Instalar adecuadamente la tela / malla antigranizo para garantizar el menor número de empalmes posibles.

Identificar la topografía para realizar las pendientes adecuadas, buscando un correcto ajuste al terreno y caída del granizo.

Trabajar con una inclinación igual o superior al 30% para evitar la acumulación de granizo, pues esto puede ocasionar la caída de la estructura (Eyouagro, 2022)

#### **1.13.4. Trasplante del arándano**

Conviene realizar el trasplante con plantas con cepellón de 1 año de edad, comercializada en macetas de 1 a 2 litros. Plantas de más edad deberían estar en macetas de mayor capacidad para evitar que las raíces se enrosquen dentro del contenedor. Si esto ocurriera, es muy importante deshacer estas vueltas recortando las

raíces enroscadas, justo antes de plantar. No es muy aconsejable usar plantas a raíz desnuda, y aún menos si no existe la posibilidad de riego tras la plantación, ya que el sistema radical del arándano es bastante sensible a la desecación. Se debe plantar dejando el cepellón ligeramente enterrado y apretando la tierra de su alrededor para evitar la formación de bolsas de aire. Si la plantación se realiza coincidiendo con un periodo de sequía, se deberá dar un riego inmediatamente después de la plantación para mantener la humedad de las raíces y mejorar el contacto de éstas con la tierra. Siempre que sea posible es preferible hacer la plantación temprana, a final de otoño, puesto que la actividad del sistema radical comienza mucho antes que la de la parte aérea. De esta manera, podemos tener la planta bien arraigada cuando comience la brotación en primavera. No obstante, con plantas con cepellón y teniendo el riego instalado, se puede plantar prácticamente en cualquier época del año. (García Rubio, WordPress.com, s.f.)

#### **1.13.5. Control de malezas**

El crecimiento de hierbas no deseadas (Malas Hierbas) en una parcela cultivable puede resultar perjudicial al cultivo. Esto se debe por una parte a la competencia que puede ejercer en relación al espacio, agua, nutrientes, luz, etc. y por otra a la posibilidad de actuar como plantas hospedantes de insectos, causantes de plagas y transmisores de virosis o de microorganismos fitopatógenos (Inia, 2017)

#### **1.13.6. Riego tecnificado**

El arándano al tener raíces superficiales, tiene una buena respuesta al riego por goteo, sin embargo, existe un nivel óptimo de riego en el cual el rendimiento es mayor y a medida que nos alejemos de ese nivel, la producción se puede ver afectada. El arándano concentra mayor volumen radicular a profundidades de 25 a 30, es así que coberturar esa profundidad sería el objetivo del riego. (Undurraga & Vargas, 2013).

Los sistemas de riego tecnificado permiten regar con frecuencias altas y ofrecen la posibilidad de realizar fertirrigación, el riego por goteo es el más adecuado. (García, 2018)

#### **1.14. Riego por goteo**

El riego por goteo es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas que permite la utilización óptima de agua y abonos. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros). (Ceam, s.f.)

##### **1.14.1. Característica**

- Utilización de pequeños caudales a baja presión.
- Localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión (emisores o goteros).
- Al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a caudales pequeños.

##### **1.14.2. Ventajas**

- El riego por goteo es un medio eficaz y pertinente de aportar agua a la planta, ya sea en cultivos en línea o en plantas aisladas.
- Este sistema de riego presenta diversas ventajas desde los puntos de vista agronómicos, técnicos y económicos, derivados de un uso más eficiente del agua y de la mano de obra.
- Además, permite utilizar caudales pequeños de agua.
- El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes.
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas.
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo (fertirriego).

- Permite el uso de aguas residuales ya que evita que se dispersen gotas con posibles patógenos en el aire.

### **1.14.3. Componentes de un sistema de riego por goteo**

Un sistema de riego por goteo contiene seis componentes principales:

- Sistema de entrega o de distribución: contiene, a su vez, cuatro componentes que son el distribuidor de la línea principal del campo, los cabezales, las líneas de goteo y los conectores de las líneas de goteo a los cabezales.
- Filtros: es el componente que sirve para la limpieza del agua de riego por goteo. Se utilizan separadores de arena, filtros de malla y filtros de disco.
- Reguladores de presión: reducen la presión del colector del agua a la presión de funcionamiento de las líneas de goteo.
- Válvulas y medidores: es el componente que sirve para abrir y cerrar zonas de cultivo. El medidor sirve para medir la cantidad de agua en uso y el flujo del agua en el sistema de riego.
- Inyectores químicos: donde se produce la quimigación o la inyección de fertilizantes, pesticidas y agentes para evitar la obstrucción del sistema.
- Controladores del sistema de riego por goteo (Penn State College of Agricultural Sciences, 2016).

### **1.15. Cabezal de riego**

El cabezal de riego es un conjunto de equipos que tiene la finalidad de filtrar, tratar, medir y suministrar agua a la red de distribución del sistema de riego.

El cabezal de riego es el recinto donde se instalan los sistemas que permiten hacer llegar el agua a los emisores de riego en las condiciones que se requieren para ello. (PortalFruticola, 2016)

### **1.16. Mangueras de riego**

Las mangueras de riego por goteo son tuberías porta goteros que suelen estar hechas de polietileno y con un diámetro de 16 mm aproximadamente.

Pero las medidas de mangueras para riego por goteo pueden variar según las necesidades del suelo del que se trate. (Hydro Environmen, 2020)

### **1.17. Válvula Venturi**

Una válvula Venturi es una válvula de paso reducido en la que el diámetro del paso es más pequeño que la entrada o la salida. Por ejemplo, una válvula esférica de 8 pulgadas x 6 pulgadas x 8 pulgadas posee conexiones de entrada y salida de 8 pulgadas, en tanto que la esfera y los asientos son de 6 pulgadas.

El sistema venturi, es un dispositivo muy utilizado en los sistemas de riego para inyectar fertilizantes y/o químicos para el control de plagas y enfermedades en el agua de riego. El diseño de este dispositivo se basa en el principio de Bernoulli, una reducción en el área de la tubería, aumenta la velocidad del flujo de agua y genera una disminución en la presión en esa zona. La caída en la presión genera un vacío que permite la succión del agua, desde un dispositivo externo hacia el sistema de riego. (hydroenv, s.f.)

### **1.18. Métodos De Fertirriego**

Los métodos más usados con el fertirriego cuantitativo y el proporcional.

- El cuantitativo es comúnmente usado para aplicar los fertilizantes a los suelos donde las cantidades se calculan por demanda del cultivo por hectárea sin importar la lámina de riego aplicada ni el momento de aplicación. Mientras que el proporcional, es el más usado en medios sin suelo y en suelos arenosos donde en este caso se inyecta una cantidad de solución de fertilizantes por cada unidad de agua que ingresa por el sistema de riego, por ejemplo, litros/m<sup>3</sup>, libras/galón.
- En el tipo de riego proporcional se utilizan inyectoras tales como venturi y bombas de desplazamiento positivo. La cantidad total de un nutriente aplicado

por una unidad de área puede ser evaluada multiplicando la concentración del nutriente por el volumen total de agua aplicado. (Vidal, 2019)

### **1.19. Necesidades nutricionales**

El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son los nutrientes más requeridos por este cultivo, mientras que los elementos secundarios como el calcio, magnesio y azufre son requeridos en menores cantidades, pero aun así requieren periódicas reposiciones. Los micro elementos como el manganeso, hierro, boro, cobre y zinc son requeridos en cantidades muy pequeñas, y los arándanos responden bien a las aplicaciones foliares de estos nutrientes.

Por lo general, el plan de nutrición del cultivo de arándano dependerá de la fertilidad de nuestro suelo, pero entre la mayor demanda de nutrientes, destacan estos:

- Nitrógeno (N): El nitrógeno es esencial en los procesos de entrada en producción de la planta y obtención de nuevos brotes y su deficiencia en la planta provoca palidez y amarillamiento de las hojas.
- Fósforo (P): El fósforo es un elemento fundamental en el desarrollo radicular, jugando un papel importante en el proceso de floración. Su deficiencia puede provocar disminución de flores y tamaños de hojas con colores morados en las puntas de las mismas.
- Potasio (K): El potasio junto con el Calcio y el boro incide directamente en el desarrollo de los frutos, así como su textura y calidad organoléptica. Además, el potasio ayuda a combatir situaciones de estrés, que junto con la aplicación de aminoácidos puede ser una buena estrategia de fertilización en años complicados.
- Y, en menor medida, calcio (Ca) y magnesio (Mg), que son muy importantes, como señalábamos anteriormente. (Sanchez de ibarguen, 2023)

### **1.20. Ph en el arándano**

El pH de los suelos influye sobre la disponibilidad de nutrientes, los cuales serán absorbidos por las plantas. Mucha de la literatura considera que para el adecuado desarrollo del cultivo de arándano el suelo debe contar con un pH de entre 4.5 a 5.5. tener elevado pH en los suelos donde se cultiva arándano puede provocar que las hojas se tornen amarillentas, ya sea con venas verdes o no. Además, añade que dichas hojas pueden ser más pequeñas de lo normal y pueden tornarse color café y caer. (Hart, 2006)

### **1.21. Conductividad eléctrica en el arándano**

El arándano azul es sensible a la salinidad del medio y se ha reportado que una conductividad eléctrica (CE) mayor de 1,5 dS/m daña el sistema radicular, hojas y la producción de frutos, Sin embargo, no hay evidencia suficiente del manejo de la concentración de la solución nutritiva en sistemas hidropónicos, mediante los iones presentes. (Rivulis, s.f.)

# **CAPÍTULO II**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el distrito 4, en la comunidad de Chaguaya del Municipio de Padcaya, Provincia Arce del departamento de Tarija, el que está ubicado en la región de los valles interandinos, está situada a 75 km al suroeste de la ciudad de Tarija.

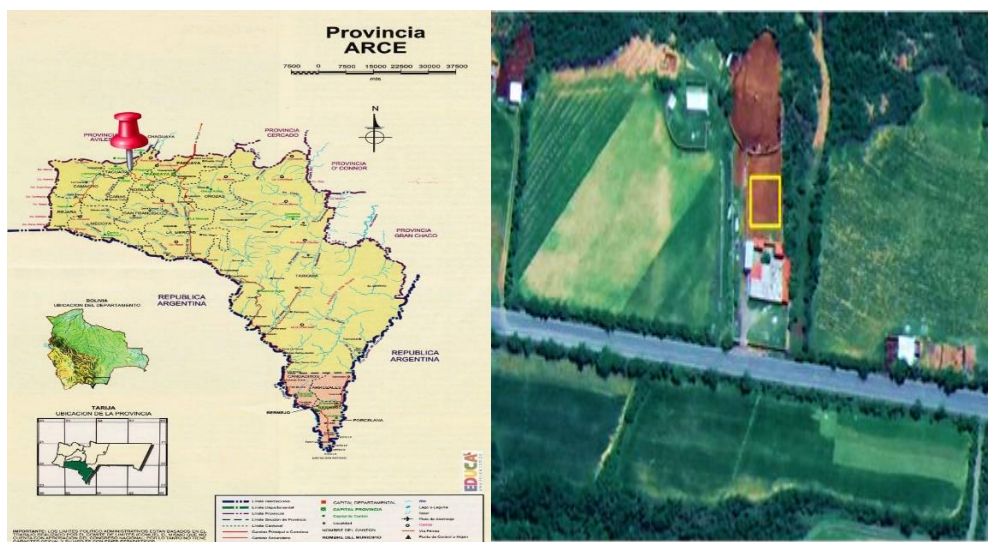
### 2.2 Ubicación

Desde el punto de vista geográfico la comunidad de chaguaya se ubica a una latitud  $21^{\circ}89'68.10''$  y longitud  $64^{\circ}81'21.67''$  a 2050 metros sobre el nivel del mar (google. maps, 2023).

**Tabla1: Ubicación geográfica de la comunidad de Chaguaya**

| UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA COMUNIDAD DE CHAGUAYA |                              |              |
|--------------------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Lat: $21^{\circ}89'68.10''$                      | Long: $64^{\circ}81'21.67''$ | Altura:2.050 |

**Grafica 1: Ubicación de Chaguaya**



**Imagen 1. Fuente propia**

### **2.3. Características generales del área de estudio (comunidad de Chaguaya)**

#### **2.3.1. Clima**

El clima en Chaguaya es generalmente cálido y seco durante la mayor parte del año, con una temperatura promedio anual de 16.9°C y una estación lluviosa de octubre a marzo, siendo el mes de noviembre el más húmedo.

Chaguaya tiene un clima que tiene muchas precipitaciones en verano y en invierno el clima es bastante seco.

La precipitación media anual en la región de Padcaya y Chaguaya, cerca de Tarija, es de 619 mm. (Construcción atajados y reservorios comunidad de rosillas)

#### **2.3.2. Vientos**

Los vientos promedio en números de la escala de Beaufort son igual a 2, lo cual nos indica que son vientos leves y variables. (Universidad Católica Boliviana San Pablo, s.f.)

#### **2.3.3. Horas de frío**

Las horas frío acumuladas desde mayo hasta agosto es de 485 horas frío. (Sihita, s.f.)

#### **2.3.4. Fisiografía**

Está situada a 60 km al suroeste de la ciudad de Tarija, capital del departamento homónimo. El pueblo es muy famoso pues allí se encuentra un santuario, donde se venera a la Virgen de Chaguaya. El núcleo poblacional se encuentra entre el pie de una loma (pequeña colina) y las orillas del río Camacho que en ese punto se reúne con otros dos cursos de agua dulce que fluyen el uno desde la Quebrada de Rosillas y el otro desde la Quebrada del Panteón. (Wikipedia, 2025)

### 2.3.5. Suelos

Son suelos no salinos con pH ácido de 6.72 y una textura franca, con un contenido muy alto de potasio, un alto contenido de fosforo y un contenido bajo de nitrógeno. (Laboratorios de suelos UAJMS, 2023)

### 2.3.6. Uso actual

#### ❖ Frutales

- Duraznero (*Prunus pérsica*).
- Manzana (*Malus sylvestris* Miller).
- Higuera (*Ficus carica* L).

#### ❖ Cultivos anuales

- Avena (*Avena sativa*).
- Trigo (*Triticum aestivum*).
- Papa (*Solanum tuberosum*).
- Arveja (*Pisum sativum*).
- Maíz (*Zea mays*).

### 2.3.7. Vegetación natural

#### ❖ Árboles

- Tipa (*Tipuana tipu*).
- Molle (*Schinus molle*).
- Vilca (*Anadenanthera colubrina*).
- Jarca (*Acacia visco*).
- Ceibo (*Erythrina falcata* Benth).
- Sauco (*Zanthoxylum coco*).

#### ❖ Arbustos

- Churqui (*Acacia caven* (Mol.).
- Th'ola (*Parastrephia quadrangularis*).
- Ají ulupica (*Capsicum cardenasii*).

❖ **Hierbas y gramíneas**

- Grama (*Cynodon dactylon*).
- Malva (*Malvastrum* sp.).
- Pasto rosa (*Rhynchelytrum roseum*).
- Paja (*Stipa* sp.).
- Cortadera (*Cortaderia selloana*).
- Yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*).
- Cebollin (*Cyperus rotundus* L.).
- Verdolaga (*Portulaca oleracea*).
- Saitilla (*Bidens pilosa*).

**2.3.8. Producción pecuaria**

❖ **Entre los más importantes se tiene:**

- Ganado caprino.
- Ganado ovino.
- Ganado porcino.
- Ganado bovino.
- Aves.

**2.3.9. Características socioeconómicas**

La comunidad de Chaguaya tiene un aproximado de más de 370 habitantes entre niños y adultos, la mayoría de los habitantes son personas de 40 – 60 años de edad esto debido a la migración de las personas jóvenes que migran a la ciudad de Tarija y en su mayoría al vecino país de Argentina.

Las principales actividades económicas en esta comunidad son la agricultura y la ganadería (Bovinos, porcinos, caprinos y ovinos).

### **2.3.10. Vías de comunicación**

Se sabe que Padcaya está bien conectada mediante la Ruta Nacional 1 (RN1), una carretera asfaltada que la vincula con Tarija (aproximadamente 49–50 km), Bermejo y, eventualmente, la frontera con Argentina.

## **2.4. MATERIALES**

### **2.4.1. Material vegetal**

- Plantas de arándano Var. Biloxi.

### **2.4.2. Materiales de oficina**

- Laptop.
- Libros artículos físicos y digitales.
- Libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica.
- Planilla de registro de datos.
- Impresora.
- Calculadora.

### **2.4.3. Materiales de campo**

- Estacas y letreros.
- Tacho de 200 Lts.
- Guantes.
- Barbijo.
- Pinzas.
- Malla media sombra.
- Nailon.

- Tanque.
- Manguera.
- Baldes.

#### **2.4.4. Equipos**

- Sistema de riego por goteo.
- Balanza digital.
- Bomba de agua.
- Flexómetro.

#### **2.4.5. Materiales para la preparación de fertirriego**

- Fosfato monoamónico.
- Ácido nítrico.
- Nitrato de potasio.
- Nitrato de calcio.
- Sulfato de amonio.
- Nitrato de magnesio.
- Micromix quelatos.

#### **2.4.6. Selección de plantas**

Se adquirieron en total 150 platas de arándano de la variedad Biloxi para la investigación.

### 2.4.7. Riego

El cultivo de arándano requiere un buen grado de humedad y sus riegos deben ser regulares por lo tanto se instaló un sistema de riego por goteo localizado, utilizamos una bomba (periférica Hidropump 0.5Hp), para que tanto el riego como la fertilización lleguen directamente a la raíz de la planta y tenga una buena nutrición.

## 2.5. METODOLOGÍA

Se trabajará con el arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) Var. Biloxi con la aplicación de tres formulaciones distintas de fertirriego.

### 2.5.1. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se empleará diseño experimental completamente al azar, con experimento mono factorial con 3 tratamientos y 8 repeticiones, obteniendo 24 unidades experimentales.

Los factores de estudio correspondieron a tres niveles de fertilización aplicados mediante fertirriego: T1 (dosis intermedia), T2 (dosis alta) y T3 (dosis baja con énfasis en nitrógeno). Cada tratamiento se definió según la dosis de nutrientes por hectárea (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn y Mn), permitiendo evaluar su efecto en el crecimiento y rendimiento del arándano variedad Biloxi en macetas.

**Tabla 2: Diseño de campo**

|    | R1        | R2        | R3        | R4        | R5        | R6        | R7        | R8        |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | $T_{1^1}$ | $T_{1^2}$ | $T_{1^3}$ | $T_{1^4}$ | $T_{1^5}$ | $T_{1^6}$ | $T_{1^7}$ | $T_{1^8}$ |
| T2 | $T_{2^1}$ | $T_{2^2}$ | $T_{2^3}$ | $T_{2^4}$ | $T_{2^5}$ | $T_{2^6}$ | $T_{2^7}$ | $T_{2^8}$ |
| T3 | $T_{3^1}$ | $T_{3^2}$ | $T_{3^3}$ | $T_{3^4}$ | $T_{3^5}$ | $T_{3^6}$ | $T_{3^7}$ | $T_{3^8}$ |

### 2.5.2. Características del diseño

Nº de tratamientos = 3

Nº de repeticiones = 8

Nº total de unidades experimentales = 24

Nº Plantas por unidad experimental= 5

#### Concentración de nutrientes en los fertilizantes a aplicar

**Tabla 3: Concentración de nutrientes**

| FERTILIZANTES       | CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES                      |
|---------------------|--------------------------------------------------|
| Ácido nítrico       | 15.5 % N                                         |
| Fosfato monoamónico | 12 % N – 61 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      |
| Nitrato de potasio  | 13.5 % N – 46 % K <sub>2</sub> O                 |
| Nitrato de calcio   | 15.5 %N – 26 %CaO                                |
| Sulfato de amonio   | 21 % N – 22 % S                                  |
| Nitrato de magnesio | 16 % MgO – 13 % S                                |
| Ácido fosfórico     | 61 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>               |
| Urea                | 46 % N                                           |
| Micromix quelatado  | Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo (todos en forma quelatada) |

### 2.5.3. Descripción de los tratamientos

Dosis de aplicación de nutrientes por fertirriego para cada tratamiento, donde se realizarán diferentes niveles nutricionales para cada tratamiento.

Realizando mezclas de productos que aportan macro y micronutrientes de acuerdo a las necesidades del cultivo.

Los fertilizantes a utilizar son urea, fosfato monoamónico (MAP), nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de amonio ácidos y micro nutrientes.

Cantidad de aplicación de nutrientes por fertirriego de cada formulación.

**Tabla 4: Descripción de los tratamientos 1**

| Tratamiento | Dosis de nutrientes en kg /ha |    |     |    |    |    |   |    |    |
|-------------|-------------------------------|----|-----|----|----|----|---|----|----|
|             | N                             | P  | K   | Ca | Mg | S  | B | Zn | Mn |
| <b>T1</b>   | 110                           | 60 | 130 | 70 | 30 | 20 | 6 | 7  | 4  |
| <b>T2</b>   | 120                           | 80 | 140 | 90 | 40 | 30 | 8 | 10 | 8  |
| <b>T3</b>   | 130                           | 50 | 110 | 50 | 20 | 10 | 4 | 6  | 3  |

T1 → Dosis intermedia (equilibrada en todos los nutrientes).

T2 → Dosis alta (mayor cantidad total de nutrientes).

T3 → Dosis baja, pero con alta concentración de nitrógeno (N).

Cantidad de aplicación de nutrientes por fertirriego para las unidades experimentales

**Tabla 5: Descripción de los tratamientos 2**

| <b>Tratamiento</b>       | <b>Dosis de nutrientes en kg /para 150 plantas</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |
|--------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                          | <b>N</b>                                           | <b>P</b>    | <b>K</b>    | <b>Ca</b>   | <b>Mg</b>   | <b>S</b>    | <b>B</b>    | <b>Zn</b>   | <b>Mn</b>   |
| <b>T1</b>                | 1,82                                               | 0,99        | 2,15        | 1,16        | 0,66        | 0,33        | 0,10        | 0,17        | 0,13        |
| <b>T2</b>                | 1,98                                               | 1,32        | 2,31        | 1,49        | 0,50        | 0,50        | 0,13        | 0,17        | 0,07        |
| <b>T3</b>                | 2,14                                               | 0,83        | 1,82        | 0,83        | 0,33        | 0,17        | 0,07        | 0,13        | 0,05        |
| <b>Total, Nutrientes</b> | <b>5,94</b>                                        | <b>3,14</b> | <b>6,28</b> | <b>3,48</b> | <b>1,49</b> | <b>1,00</b> | <b>0,30</b> | <b>0,47</b> | <b>0,25</b> |

**2.5.4. Marco de plantación del arándano**

Ancho de camellón: 60cm.

Distancia de camellón a camellón: 2 m.

Distancia de planta a planta: 50 cm.

Plantas por unidad experimental: 5.

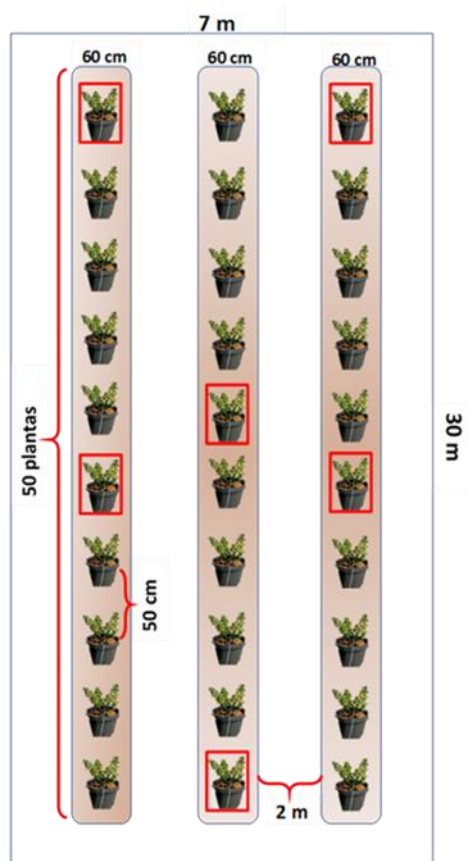
Plantas por camellón: 50 plantas.

Total, de plantas: 150 plantas.

Largo: 30 m.

Ancho: 7 m.

Área total 210 m<sup>2</sup>.



**Imagen 2.** Fuente propia

## 2.6 Procedimiento experimental

El presente trabajo se realizó en un cultivo establecido de un año en lo cual se realizó las siguientes labores culturales.

### Desarrollo del cultivo

#### 2.6.1. Preparado del terreno

Se realizó la preparación del terreno comenzando por el arado del terreno, posteriormente se realizó el trazo con una distancia de 2 m entre camellones, se conectó el riego a goteo y posteriormente se procede al forrado de camellones con nylon mulching.

### **2.6.2. Preparado del sustrato**

Para el óptimo desarrollo del sistema radicular de nuestras plantas se debe optar por preparar un sustrato que no se compacte, que permita buena aireación y oxigenación y que genere un equilibrio óptimo entre capacidad de drenaje y retención de humedad.

Por lo que utilizamos tierra vegetal (tierra de monte), cascarilla de arroz, abono de cabra y abono de pollo.

Estos cuatro sustratos los mezclamos homogéneamente en la siguiente proporción.

- Tierra vegetal 45 %
- Cascarilla de arroz 45 %
- Abono de cabra 5 %
- Abono de pollo 5 %

### **2.6.3. Armado de camellones**

Tenemos que planificar el tamaño de camellón con la distancia óptima para el cultivo. Con el camellón, debido a la elevación de la tierra, se extiende el área del suelo que recibe la luz del sol.

Es una técnica agrícola para la producción de cultivos en la que se amontona la tierra en línea, para brindarle mejores condiciones a la planta, en este caso colocamos nailon sobre el camellón para evitar las malezas y controlar mejor las plagas del cultivo.

### **2.6.4. Colocado de malla antigranizo**

Las mallas son implementos de protección que rodean el área de cultivo con la finalidad de brindarles un mejor cuidado y evitar así imperfectos que podrían llegar a afectar la calidad del producto.

Ubicar de manera espacial la estructura del cultivo: largo y ancho del área a cubrir.

Instalar adecuadamente la tela / malla antigranizo para garantizar el menor número de empalmes posibles.

Identificar la topografía para realizar las pendientes adecuadas, buscando un correcto ajuste al terreno y caída del granizo.

Trabajar con una inclinación igual o superior al 30% para evitar la acumulación de granizo, pues esto puede ocasionar la caída de la estructura.

#### **2.6.5. Riegos**

Los riegos se realizaron todos los días por un lapso de tiempo de 3 minutos y 3 veces al día.

Donde se utilizó un riego tecnificado por goteo presurizado o impulsado por una bomba eléctrica.

#### **2.6.6. Tratamientos fitosanitarios**

Se realizó los tratamientos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades de acuerdo a la necesidad del cultivo.

Donde hubo presencia de ácaros, trips y gusano frutero para los cuales se realizó tratamientos con insecticida y acaricida en un intervalo de aplicación de entre 7 a 10 días.

También se realizó el control de hongos como ser antracnosis y Botrytis en el cual se realizó el tratamiento con fungicidas con aplicaciones en un intervalo de 7 a 14 días. Las dosis de aplicación varían de acuerdo al producto que se aplica.

#### **2.6.7. Poda de hojas**

Se realizó la poda de hojas en plena etapa vegetativa, donde se elimina todas las hojas viejas, para dar paso a un mejor desarrollo de las hojas nuevas, también incita a la floración.

#### **2.6.8. Fertilización**

Se realizó la fertilización foliar cada mes durante todo el periodo de estudio desde septiembre hasta finales de abril.

### **2.6.9. Cosecha**

Las cosechas se realizaron una vez por semana durante el periodo de tiempo de marzo a finales de mayo. Por lo general en la zona el inicio de cosecha varía desde finales de febrero a inicios de marzo, depende de las condiciones climáticas y la época de plantación, el intervalo de cosecha varía dependiendo de las condiciones climáticas.

### **2.6.10. Toma de datos**

Los datos de la altura de la planta se tomaron al momento del trasplante y al final de cosecha.

Se tomó los datos del número de flores al momento de floración, luego se realizó los cálculos para obtener el número de frutos por planta.

Posteriormente se realizaron los cálculos para el rendimiento en gr/planta, kg/parcela y en toneladas por hectárea.

Se tomó los datos del número de brotes en una parcela para luego obtener un promedio del número de brotes por planta.

### **2.6.11. Variables de estudio o respuesta**

➤ **Evaluación de altura de plantas**

La altura de plantas se determinó a las plantas muestreadas de cada tratamiento, para ello se requirió el uso de un flexo. La medición se realizó desde la corona de la planta hasta el último ápice foliar de toda la planta.

➤ **Evaluación de numero de brotes**

Se cuantifico el número de brotes a través de un muestreo al azar en cada parcela.

➤ **Evaluación de numero de flores**

Se cuantifico el número total de flores por parcela y posteriormente se obtuvo un número de flores promedio por plantas.

➤ **Evaluación de rendimiento**

Se avaluó el rendimiento cuantificando el peso obtenido en kg/planta en cada cosecha.

➤ **Relación beneficio/ costo**

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADO**  
**Y DISCUSIONES**

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Altura de planta (cm) del arándano al primer mes de trasplante

**Tabla 6. Altura de planta (cm) al primer mes de trasplante**

| Tratamientos | Repeticiones |    |     |    |    |    |     |      | $\Sigma$   | Media |
|--------------|--------------|----|-----|----|----|----|-----|------|------------|-------|
|              | I            | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII |            |       |
| <b>T1</b>    | 17           | 14 | 19  | 21 | 12 | 18 | 20  | 16   | <b>137</b> | 17,13 |
| <b>T2</b>    | 14           | 18 | 22  | 20 | 17 | 13 | 16  | 19   | <b>139</b> | 17,38 |
| <b>T3</b>    | 17           | 19 | 21  | 20 | 14 | 16 | 19  | 20   | <b>146</b> | 18,25 |

En la tabla 6 se presentan los resultados de la altura de planta, siendo el de mayor altura el tratamiento T3 con 18,25 cm, le sigue el tratamiento T2 con 17,38 cm y por último el tratamiento T1 con 17,13 cm.

Con los datos de la tabla 6 se elaboró el análisis de varianza que se muestra a continuación.

**Tabla 7. Análisis de varianza de altura de planta (cm) al primer mes de trasplante**

| Fuente De Variación | GL | SC     | CM   | FC                 | FT   |      |
|---------------------|----|--------|------|--------------------|------|------|
|                     |    |        |      |                    | 5%   | 1%   |
| <b>Tratamientos</b> | 2  | 5,58   | 2,79 | 0,35 <sup>ns</sup> | 3,47 | 5,78 |
| <b>Error</b>        | 21 | 168,25 | 8,01 |                    |      |      |
| <b>Total</b>        | 23 | 173,83 |      |                    |      |      |

**C.V = 16,10 %**

**N.S** = No significativo

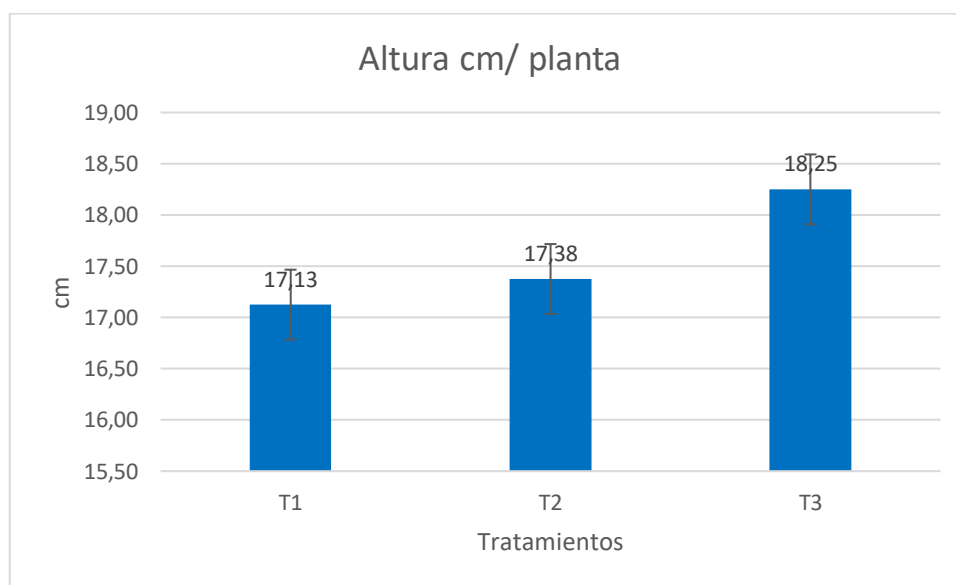
**\*** = Significativamente diferente

**\*\*** = Altamente significativo

De acuerdo al ANOVA. No existe diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto, el comportamiento con relación a la altura es similar.

Por lo tanto, no es necesario realizar la prueba de comparación de medias.

**Figura 1. Altura de planta al primer mes de trasplante en cm/ planta**



### 3.2. Altura de planta (cm) del arándano en la cosecha

**Tabla 8. Altura de planta (cm) en la cosecha**

| Tratamientos | Repeticiones |     |     |     |    |     |     |      | $\Sigma$   | Media |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|------|------------|-------|
|              | I            | II  | III | IV  | V  | VI  | VII | VIII |            |       |
| <b>T1</b>    | 92           | 87  | 96  | 112 | 84 | 90  | 89  | 114  | <b>764</b> | 95,50 |
| <b>T2</b>    | 98           | 102 | 109 | 93  | 89 | 87  | 90  | 96   | <b>764</b> | 95,50 |
| <b>T3</b>    | 88           | 94  | 104 | 91  | 99 | 107 | 113 | 92   | <b>788</b> | 98,50 |

En relación a la altura de planta al momento de la cosecha, se tiene: la mayor altura promedio alcanzada se tiene en el tratamiento T3 con una media de 98,50 cm de altura, siguiendo en importancia el tratamiento T1 y T2, ambos tratamientos con una media de 95,50 cm de altura.

**Tabla 9. Análisis de varianza de la altura de planta en cm. En la cosecha**

| Fuente De Variación | GL | SC      | CM    | FC                 | FT   |      |
|---------------------|----|---------|-------|--------------------|------|------|
|                     |    |         |       |                    | 5%   | 1%   |
| Tratamientos        | 2  | 48,00   | 24,00 | 0,28 <sup>ns</sup> | 3,47 | 5,78 |
| Error               | 21 | 1828,00 | 87,05 |                    |      |      |
| total               | 23 | 1876,00 |       |                    |      |      |

**CV = 9,67 %**

NS= No significativo

\* = Existe significancia

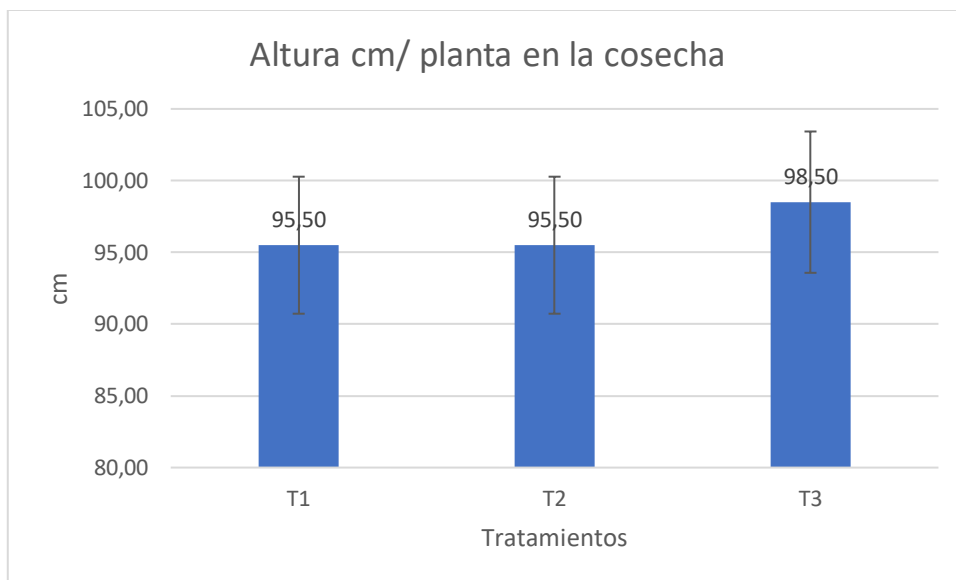
\*\* = Altamente significativo

De acuerdo al análisis de varianza realizado se pudo establecer que estadísticamente al momento de la cosecha no existen diferencias significativas entre

tratamientos, respecto a la altura de plantas, contando con un

promedio de 96,50 cm de altura, debido a que el valor de la F calculada es menor que

la tabulada, no es necesario llevar a cabo la prueba de comparación de medias.

**Figura 2. Altura de planta en cm/ planta en la cosecha**

### 3.3. Numero de brotes por planta

**Tabla 10. número de brotes/planta**

| Tratamientos | Repeticiones |    |     |    |    |    |     |      | $\Sigma$   | Media |
|--------------|--------------|----|-----|----|----|----|-----|------|------------|-------|
|              | I            | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII |            |       |
| <b>T1</b>    | 14           | 12 | 16  | 17 | 10 | 12 | 14  | 16   | <b>111</b> | 13,88 |
| <b>T2</b>    | 11           | 17 | 16  | 18 | 16 | 12 | 14  | 18   | <b>122</b> | 15,25 |
| <b>T3</b>    | 17           | 12 | 16  | 14 | 12 | 14 | 10  | 12   | <b>107</b> | 13,38 |

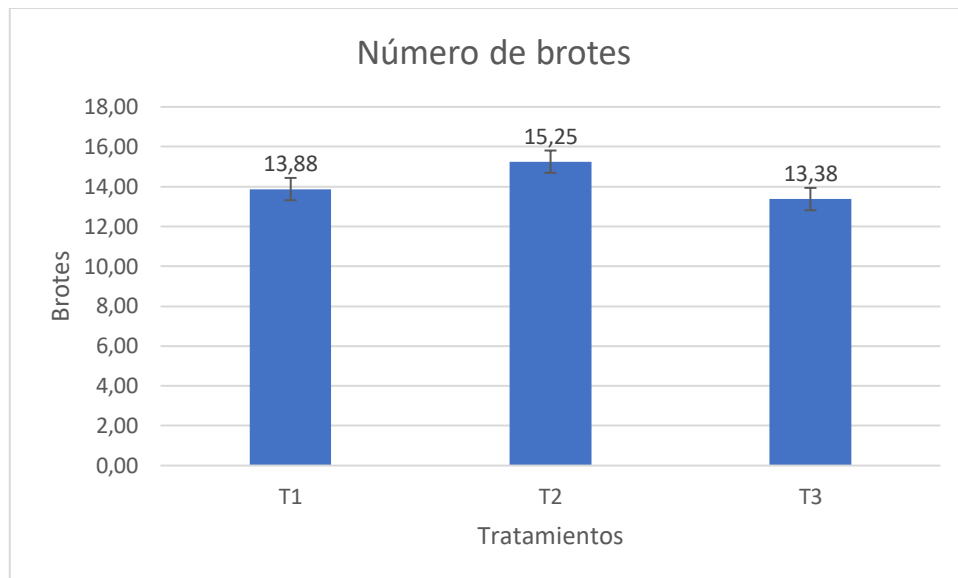
En relación al número de brotes, se tiene: El mayor número de brotes se tiene en el tratamiento T2 con 15,25 brotes por planta, siguiendo en importancia el tratamiento T1 con 13,88 brotes por planta y en el de menor número de brote tenemos al tratamiento T3 con 13,38 brotes por planta.

**Tabla 11. Análisis de varianza de numero de brotes por planta**

| Fuente De Variación | GL | SC     | CM   | FC                 | FT   |      |
|---------------------|----|--------|------|--------------------|------|------|
|                     |    |        |      |                    | 5%   | 1%   |
| Tratamientos        | 2  | 15,08  | 7,54 | 1,23 <sup>ns</sup> | 3,47 | 5,78 |
| Error               | 21 | 128,25 | 6,11 |                    |      |      |
| Total               | 23 | 143,33 |      |                    |      |      |

**CV = 17,44 %**

De acuerdo al presente análisis de varianza se pudo establecer que estadísticamente no existen diferencias significativas entre tratamientos respecto al número de brotes por planta contando con un promedio total, de 14,17, debido a que el valor de la F calculada es menor que la tabulada, por lo cual no es necesario llevar a cabo la prueba de comparación de medias.

**Figura 3 Número de brotes/planta**

En la presente figura en relación al número de brotes por planta, se tiene:

El mayor número de brotes para el tratamiento T2 con 15,25 brotes por planta.

Posteriormente el tratamiento T1 con 13,88 brotes por planta y finalmente el tratamiento T3 con 13,38 brotes por planta.

### 3.4. Número de flores por planta

**Tabla 12. Número de flores por planta**

| Tratamientos | Repeticiones |     |     |     |     |     |     |      | $\Sigma$    | Media  |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------------|--------|
|              | I            | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII |             |        |
| <b>T1</b>    | 752          | 648 | 863 | 741 | 692 | 784 | 840 | 867  | <b>6187</b> | 773,38 |
| <b>T2</b>    | 744          | 852 | 709 | 803 | 695 | 841 | 790 | 858  | <b>6292</b> | 786,50 |
| <b>T3</b>    | 692          | 867 | 908 | 659 | 783 | 802 | 788 | 659  | <b>6158</b> | 769,75 |

En la siguiente tabla se puede ver los datos obtenidos de floración de cada tratamiento siendo el tratamiento T2 de mayor promedio con una media de 786,50 flores por planta, seguido del tratamiento T1 con una media de 773,38 flores por planta y finalmente el tratamiento T3 con una media de 769,75 flores por planta.

**Tabla 13. Análisis de varianza de número de flores por planta**

| Fuente De Variación | GL | SC        | CM      | FC                 | FT   |      |
|---------------------|----|-----------|---------|--------------------|------|------|
|                     |    |           |         |                    | 5%   | 1%   |
| <b>Tratamientos</b> | 2  | 1242,58   | 621,29  | 0,10 <sup>ns</sup> | 3,47 | 5,78 |
| <b>Error</b>        | 21 | 134733,38 | 6415,88 |                    |      |      |
| <b>Total</b>        | 23 | 135975,96 |         |                    |      |      |

**CV = 10,31 %**

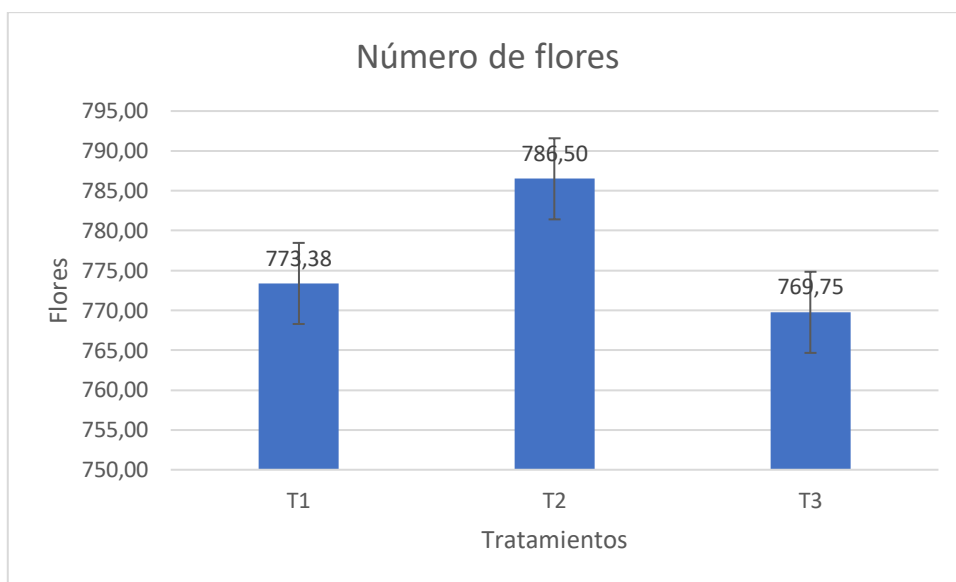
NS= No significativo

\* = Existe significancia

\*\* = Altamente significativo

Una vez tabulado los datos se procedió a aplicar los cálculos respectivos al análisis de varianza y respectivas pruebas de significancia en el cuadro se puede observar que la F Calculada dio un valor menor que la F tabulada tanto al 5% como al 1% lo cual nos indica que no hay diferencias significativas en cuanto a los tratamientos dándonos a entender que T2 presento mayor relevancia en cuanto a resultados de floración a diferencia de T1 y T3.

**Figura 4 Número de flores/planta**



En la siguiente figura podemos observar los valores obtenidos de las medias del número de floración de nuestro cultivo de arándano, donde la media con porcentaje más alto de floración fue el tratamiento T2 con una media de 786,50 flores por planta seguido del tratamiento T1 con 773,38 flores por planta, y finalmente el tratamiento T3 con una media de 769,75 flores por planta.

### 3.5. Rendimiento en gramos por planta

**Tabla 14. Rendimiento en gr/planta**

| Tratamientos | Repeticiones |      |      |      |      |      |      |      | $\Sigma$     | Media   |
|--------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|---------|
|              | I            | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII |              |         |
| <b>T1</b>    | 1300         | 1250 | 1500 | 1300 | 1350 | 1420 | 1490 | 1500 | <b>11110</b> | 1388,75 |
| <b>T2</b>    | 1280         | 1540 | 1350 | 1560 | 1320 | 1520 | 1490 | 1590 | <b>11650</b> | 1456,25 |
| <b>T3</b>    | 1190         | 1520 | 1690 | 1280 | 1420 | 1540 | 1380 | 1220 | <b>11240</b> | 1405,00 |

Los promedios del rendimiento en gramos por planta mostrados en el cuadro, evidencian que los tratamientos poseen medias que tienen un peso de 1456,25 gr en el T2, 1405 gr en el T3, y 1388,75 gr en el T1.

También se evidencia que el T2 tiene una media superior al resto de los tratamientos, lo cual nos da a entender que hubo incidencia en el rendimiento.

**Tabla 15. Análisis de varianza de rendimiento en gr/planta**

| Fuente De Variación | GL | SC        | CM       | FC                 | FT   |      |
|---------------------|----|-----------|----------|--------------------|------|------|
|                     |    |           |          |                    | 5%   | 1%   |
| <b>Tratamientos</b> | 2  | 19858,33  | 9929,17  | 0,54 <sup>ns</sup> | 3,47 | 5,78 |
| <b>Error</b>        | 21 | 383875,00 | 18279,76 |                    |      |      |
| <b>Total</b>        | 23 | 403733,33 |          |                    |      |      |

**CV = 9,54 %**

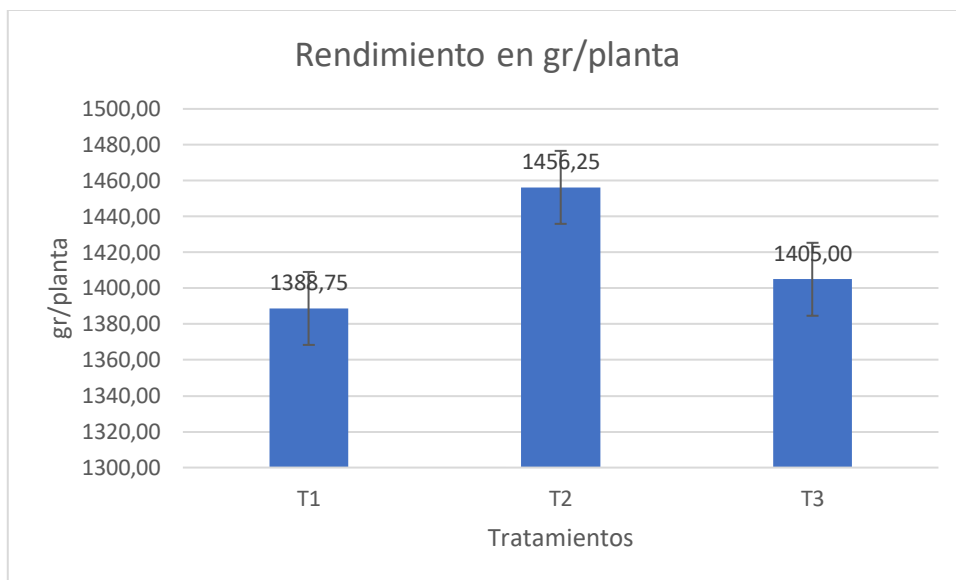
Ns = No significativo

\* = Existe significancia

\*\* = Altamente significativo

Demostrado por el cuadro de ANOVA del rendimiento por planta no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

El coeficiente de variación es de 9,54 %, lo cual nos indica que los datos respecto al rendimiento de gramos/planta son homogéneos.

**Figura 5 Rendimiento en gr/planta**

Como se presenta en la figura, nos muestra que estadísticamente el tratamiento 2 con 1456,25 gr es diferente a los demás, el tratamiento 3 con 1405 gr y el tratamiento 1 con 1388,75 gr estadísticamente nos indica que no difieren.

### 3.6. Rendimiento en toneladas por hectárea

**Tabla 16. Rendimiento kg/ha**

| Tratamiento | Kg/planta | Plantas/ha | Rendimiento Tn/ha |
|-------------|-----------|------------|-------------------|
| <b>T1</b>   | 1.389     | 9091       | 12.627 kg/ha      |
| <b>T2</b>   | 1.456     | 9091       | 13.240 kg/ha      |
| <b>T3</b>   | 1.393     | 9091       | 12.670 kg/ha      |

Los promedios del rendimiento en toneladas por hectárea mostrados en el cuadro, evidencian que los tratamientos poseen medias que tienen un peso de 13,24 tn en el tratamiento T2, 12,67 tn en el tratamiento T3, y 12,62 tn en el tratamiento T1.

También se evidencia que el T2 con 13,24 tn/hectárea tiene una media superior al resto de los tratamientos, lo cual nos indica que hubo incidencia en el rendimiento.

Según (RedAgricola, 2025) la producción mundial de arándanos en maceta puede alcanzar entre 14 y 20 toneladas por hectárea, e incluso más si el manejo es óptimo. Un piso productivo de referencia es de 14 t/ha, aunque con el primer año se puede obtener hasta 12 t/ha y con el segundo año llegar a 20 t/ha. Los cultivos en maceta permiten un mayor control del sustrato, lo que favorece la calidad de la fruta y puede aumentar los rendimientos.

Según (Intagri, 2023) la producción de arándanos en maceta en Bolivia puede variar, pero las proyecciones sugieren rendimientos de entre 10 a 12 toneladas por hectárea (tn/ha) en el primer año, aumentando a 16-18 tn/ha en los años siguientes.

**Tabla 17. Análisis de varianza de rendimiento tn/ha**

| Fuente De Variación | GL | SC       | CM     | FC                 | FT   |      |
|---------------------|----|----------|--------|--------------------|------|------|
|                     |    |          |        |                    | 5%   | 1%   |
| <b>Tratamientos</b> | 2  | 1147682  | 573841 | 0,94 <sup>ns</sup> | 3,47 | 5,78 |
| <b>Error</b>        | 21 | 12769238 | 608059 |                    |      |      |
| <b>Total</b>        | 23 | 13916920 |        |                    |      |      |

**CV = 6,07 %**

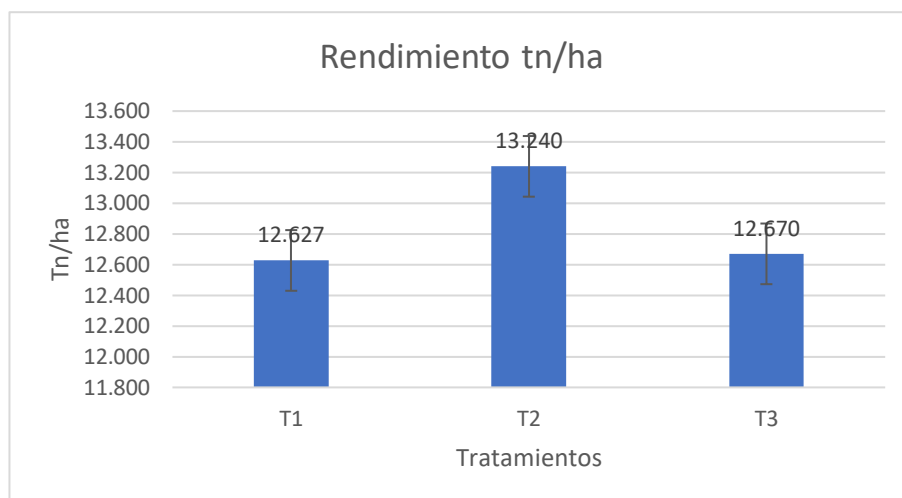
Ns = No significativo

\* = Existe significancia

\*\* = Altamente significativo

Demostrado por el cuadro de ANOVA del rendimiento por tonelada no existen diferencias estadísticamente significativas, lo cual nos indica que la variabilidad del sustrato es nula.

El coeficiente de variación es de 6,07 %, lo cual nos indica que los datos respecto al rendimiento de tn/ha son homogéneos.

**Figura 6 Rendimiento de tn/ha**

En la figura, nos muestra que estadísticamente el tratamiento T2 con 13,24 tn y el tratamiento T1 con 12,62 tn son iguales, el tratamiento T3 con 12,67 tn estadísticamente nos indica que no difieren.

El tratamiento T2 es el mejor tratamiento, estando por encima del T1 y T3.

### 3.7. Relación beneficio/costo. /ha

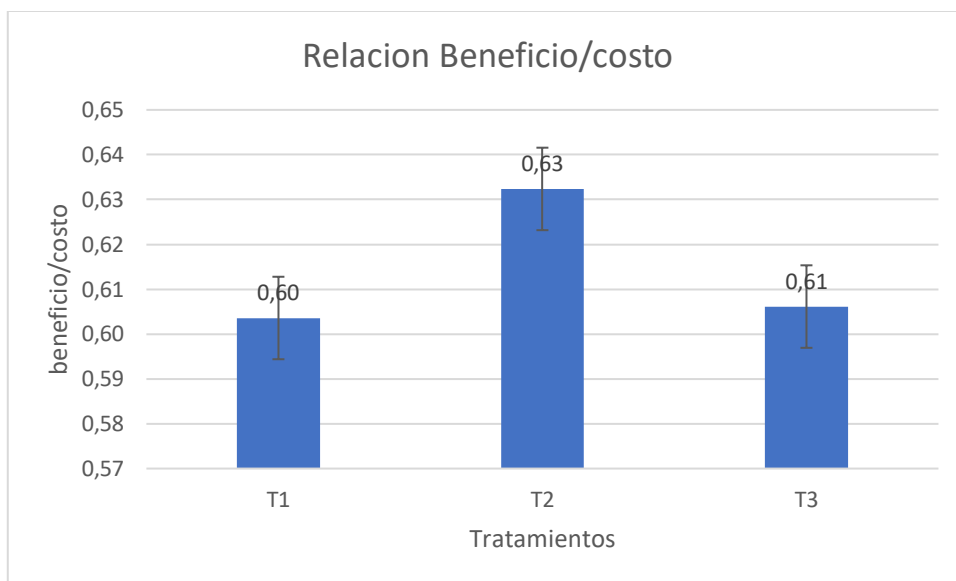
**Tabla 18. Beneficio/costo. /ha**

| Tratamientos | Costo Total/ha | Beneficio | B/C  |
|--------------|----------------|-----------|------|
| <b>T1</b>    | 1 464 409      | 883 890   | 0,60 |
| <b>T2</b>    | 1 465 603      | 926 800   | 0,63 |
| <b>T3</b>    | 1 463 215      | 886 900   | 0,61 |

Si la relación beneficio/costo es menor a 1, el cultivo de arándano no es rentable en ese período específico porque los costos superan a los beneficios. Aunque es un cultivo perenne, se espera que sí se recupere en los años siguientes si los costos de establecimiento ya se han cubierto y los costos operativos futuros son menores que los ingresos generados por la cosecha.

Relación beneficio/costo en base al precio promedio de venta al por mayor en el mercado local de Tarija se obtuvo el beneficio y se hizo la relación con el costo, lo cual en el tratamiento 1 nos da un monto de 0,60, en el tratamiento 2 con un monto de 0,63, en el tratamiento 3 con un monto de 0,61.

**Figura 7 Relación beneficio/costo**



Como se presenta en la figura, producir arándano replicando el tratamiento 2, nos da una relación de beneficio/costo de 0,63; y así también en el tratamiento 3 nos da una relación de beneficio/costo de 0,61; más abajo el tratamiento 1 nos da una relación beneficio/costo de 0,60.

De tal modo que la implementación de cualquiera de los tratamientos demuestra que no son viables económicamente el primer año de producción, ya que todos poseen una relación Beneficio/Costo menor a 1, siendo el tratamiento 2 el que nos da un mayor beneficio en comparación a lo demás.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Las diferentes formulaciones de fertilización (T1, T2 y T3) no generaron diferencias estadísticas significativas en la producción de arándano Biloxi, demostrando que los tres niveles de fertirriego producen respuestas similares en condiciones de maceta.
- El comportamiento vegetativo (altura, desarrollo foliar, vigor y brotación) mostró variaciones numéricas, pero sin diferencias significativas entre tratamientos. Esto indica que la planta mantiene un crecimiento parecido con cualquiera de las tres dosis aplicadas.
- El tratamiento T2, con niveles intermedios de nutrientes (N70, P30, K100), presentó el mayor número de brotes, flores y el rendimiento promedio más alto (1.456 g/planta  $\approx$  13,24 t/ha). Este equilibrio nutricional permitió una mejor relación entre crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo, lo que se tradujo en una mayor cantidad de flores viables y frutos cosechados.
- El análisis de varianza (ANOVA) mostró que las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguna de las variables evaluadas (altura, número de brotes, número de flores y rendimiento). Sin embargo, los coeficientes de variación ( $CV < 10\%$ ) indican que el experimento fue homogéneo y los resultados son confiables.
- Los costos de producción fueron: T1 = 1.464.409 Bs/ha, T2 = 1.465.603 Bs/ha y T3 = 1.463.215 Bs/ha, mostrando diferencias mínimas entre tratamientos.
- El beneficio del primer año fue mayor en T2 (926.800 Bs), seguido de T3 (886.900 Bs) y T1 (883.890 Bs).
- 6. La relación beneficio/costo (B/C) fue de 0,60 en T1, 0,63 en T2 y 0,61 en T3, por lo que, aunque ninguno supera la unidad (por ser el primer año), T2 presentó la mayor rentabilidad relativa.

- Si la relación beneficio/costo es menor a 1, el cultivo de arándano no es rentable en ese período específico porque los costos superan a los beneficios. Aunque es un cultivo perenne, se espera que sí se recupere en los años siguientes si los costos de establecimiento ya se han cubierto y los costos operativos futuros son menores que los ingresos generados por la cosecha:
- Por tanto, se concluye que el tratamiento T2 representa el mejor equilibrio técnico y económico, ofreciendo un rendimiento elevado con un costo razonable de fertilización. El T3 evidencia que un aumento excesivo de nitrógeno no necesariamente incrementa la producción, ya que puede promover un mayor crecimiento vegetativo en detrimento de la floración y fructificación.

## 4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Mantener el esquema de fertilización del Tratamiento T2 para futuras etapas comerciales, ya que mostró mayor eficiencia productiva y económica.
- Evitar el exceso de nitrógeno como en el T3, ya que incrementa el crecimiento vegetativo sin mejoras proporcionales en la producción y eleva el costo de los insumos.
- Extender la evaluación por más ciclos productivos (segundo y tercer año), dado que el arándano incrementa su rendimiento con la edad y podría mostrar diferencias más claras entre tratamientos.
- Realizar análisis foliar y de sustrato en cada etapa fenológica (brotación, floración, fructificación) para ajustar la fertilización de acuerdo con las necesidades reales del cultivo.
- Complementar con aplicaciones foliares de calcio, boro y magnesio, esenciales para firmeza de fruto, floración y fotosíntesis.
- Continuar con el monitoreo del pH del sustrato (4,5–5,5) y la conductividad eléctrica ( $CE < 1,5 \text{ dS/m}$ ) para evitar problemas de absorción o toxicidad.
- Incorporar en próximos ciclos el análisis de calidad de fruto (peso, firmeza, grados Brix), para correlacionar la nutrición con la calidad comercial.

En síntesis, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el tratamiento T2 demostró la mejor respuesta productiva y económica, mientras que el T3 promovió mayor crecimiento vegetativo por su mayor contenido de nitrógeno. Se recomienda continuar con T2 para producción comercial y seguir validando los resultados en nuevas temporadas.