

## 1.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL ARÁNDANO

El arándano es un arbusto perteneciente a la familia Ericaceae y al género *Vaccinium*, originario de Norte América, siendo E.E.U.U el principal productor e importador a nivel mundial. Este cultivo se introdujo en Chile en los años 80, destinado principalmente al abastecimiento en contra estación del mercado de fruta fresca de Estados Unidos. La alta demanda en el mercado norteamericano y la difusión de su consumo en otros mercados del hemisferio norte, unidas a la alta rentabilidad de su cultivo, han motivado a expandir la superficie plantada en nuestro país. Estimaciones preliminares cifran la superficie de arándanos en unas 10.763 ha en la actualidad, según el censo frutícola del 2007, y se distribuyen entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Esta gran expansión ha permitido que Chile se convierta en el principal exportador de arándanos en el hemisferio sur (Bañados, 2006 citado por Toro, 2009).

Los arándanos azules son originarios de la parte Este de Norte América; su cultivo como un producto hortícola empezó en Estados Unidos, país que se mantiene como el principal productor y consumidor. Antes que los colonizadores llegaran al Nuevo Mundo, los nativos de Norteamérica utilizaban estos frutos silvestres en su dieta y actualmente, la cosecha de éstos se mantiene como una importante industria en el Noreste de Estados Unidos y Este de Canadá (Coville, *et al.*, 1900 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

El arándano pertenece a un grupo de especies nativas del hemisferio Norte, al género *Vaccinium* de la familia Ericáceas que representan una de las especies frutales de más reciente domesticación. De las más de 30 especies que constituyen el género *Vaccinium*, sólo un pequeño grupo de ellas tienen importancia comercial (Buseta *et al.*, 1996 citado por Castañeda, 2006).

A esta familia de plantas, se ha estimado una edad de más de 13000 años (Agexpront, 2002 citado por Castañeda, 2006).

El fruto del arándano, también conocido como “blueberry”, conforma el grupo de las frutas denominadas comercialmente en el ámbito internacional como bayas, entre las que además se encuentran la frutilla, frambuesa, mora, kiwi, entre otras. El fruto del arándano es una baya casi esférica de 7 a 15 mm, de color azul claro a oscuro; ésta

contiene pequeñas semillas y presenta un sabor agrisulce (León, 2000 citado por Castañeda, 2006).

Entre las especies cultivadas del género *Vaccinium*, las de mayor importancia son el arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* R) y el arándano alto o “highbush” (*Vaccinium corymbosum* L.) Este último representa más del 80% del total de las especies cultivadas (Odepa, 2007 citada por Toro, 2009).

## **1.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

Estados Unidos de América es el principal productor, consumidor, exportador e importador de arándano en el mundo y constituye un mercado de más de 275 millones de compradores con un consumo anual per cápita de unos 260 gramos de arándano fresco. Junto con Canadá, poseen el 88% de la producción mundial de arándano. En cuanto a rendimientos, México produce 8.78 toneladas por hectárea, posicionándose como el país con mejor rendimiento, seguido por Italia con 7.5 t/h, Rumania 6.66 t/h y Estados Unidos con 6.46 t/h (Hernández, et al., 2013 citado por Yescas, *et al.*, 2017).

El arándano es una de las variedades norteamericanas (Northern highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum*). Es nativo del Este de Estados Unidos de América y en Europa (Norte de Alemania) fue domesticado en el siglo XX, para luego ser difundido a otras regiones que tienen climas templados e incluso en climas subtropicales; primero en el hemisferio norte y después en el hemisferio sur (Voth, 2008 citado por Yescas, *et al.*, 2017).

América del norte (Estados Unidos y Canadá) es la mayor productora mundial de arándanos cultivados, con 223 millones de kg sobre una superficie de casi 44.000 ha. Luego está Chile, donde a pesar de ser un cultivo de reciente introducción, a principios de los 80, se ha situado en poco tiempo como segundo productor mundial, con algo más de 13.000 ha y una producción aproximada a los 50 millones de kg, que representa el 90% de la producción de América del sur; también se cultiva, aunque en menor grado, en Argentina 3846 ha, Uruguay 749 y Perú (García, s.f. citado por Díaz de la Quintana, 2016).

Otras zonas productoras en el hemisferio sur son África del Sur, Australia 619 ha y Nueva Zelanda 587 ha. En Europa los principales países productores son, por este

orden, Polonia 3,158 ha, Alemania 2,146 ha, España 1,053 ha, Francia 360, Italia, Reino Unido, Países Bajos y Portugal. También se cultiva en Ucrania, Rumania, Austria, Suiza, Suecia, Dinamarca e Irlanda. Además, están apareciendo nuevas zonas productoras como Marruecos en África, o Japón y China en Asia. Su distribución abarca a todos los continentes del mundo especialmente en las zonas templadas; entre los países vecinos, productores de este cultivo, están Chile, siendo el mayor productor de Sud América, seguido de Argentina (García, s.f. citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.3 IMPORTANCIA DEL ARÁNDANO EN BOLIVIA**

En nuestro país este cultivo está tomando mucha importancia y los departamentos productores son Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca. En el departamento de Tarija, las zonas de mayor producción son el valle central y la provincia O'Connor. El principal objetivo de los mayores productores del territorio nacional es realizar la exportación de este producto, especialmente al continente Europeo y al continente Asiático, ya que en estos lugares son más valorados económicamente pues son los mayores consumidores de la baya. Es por eso que para cumplir con los estándares mínimos de los países importadores de esta fruta, el manejo de la producción debe ser bien ejecutado y cumplir con las normas internacionales de calidad (SEDAG, 2016 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.4 APORTES NUTRICIONALES Y BENEFICIOS PARA LA SALUD**

- a) Son bajos en calorías, debido a que su contenido en azúcares es reducido.
- b) Son especialmente ricos en vitamina C. Dicha vitamina interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos; favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones.
- c) Son buena fuente de fibra; pues además, mejora el tránsito intestinal, entre otros beneficios
- d) Contienen minerales como el potasio, hierro y calcio: el potasio es necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso, para la actividad muscular normal e interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

- e) Aportan taninos, de acción astringente, cuando todavía no están maduros. Una vez madurado el fruto ya ejerce un efecto laxante, es decir, lo contrario a la propiedad astringente.
- f) Lo que en realidad caracteriza a estas frutas es su abundancia de pigmentos naturales (antocianinos y carotenoides) de acción antioxidante, ya que neutralizan la acción de los radicales libres que son nocivos para el organismo. Estas propiedades pueden dar lugar a efectos fisiológicos muy diversos; efectos antiinflamatorios y acción antibacteriana, entre otros. La ingesta dietética de estas sustancias potencia nuestro sistema inmunológico o de defensas del organismo y contribuye a reducir el riesgo de enfermedades degenerativas, cardiovasculares e incluso cáncer (Krause, 2017).
- g) **Medicinales:** Como su contenido en calorías es muy bajo tienen gran importancia en las dietas; además, reducen el contenido de azúcar en la sangre y tienen propiedades antiinflamatorias. Curan inflamaciones bucales (dejándolos macerar y preparando un gargarismo) debido a sus propiedades desinfectantes. Secos combaten las diarreas y frescos tienen propiedades laxantes. También se emplean para disminuir el efecto de la miopía (Cutz, 2004).

## 1.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ARÁNDANO

Reino:	Vegetal.
Phylum:	Telemophytae.
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.  
Variedad: Gulf Coast  
Nombre común: Arándano (Acosta, 2018).

## **1.6. MORFOLOGÍA DEL ARÁNDANO**

### **1.6.1 Planta**

Como se ha indicado, el nombre científico es *Vaccinium corymbosum* L, 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, s.f. citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.6.2 Sistema Radicular**

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, lo cual se traduce en un mayor desarrollo vegetativo. Así mismo, es sensible al encharcamiento en suelos pesados (Juan García, s.f. citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.6.3 Tallo**

Presenta un pequeño tallo subterráneo (corona), recto, cuadrangular y muy ramificado. Generalmente es de color marrón-anaranjado, según la especie (Infoagro.com, 2016 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.6.4 Hojas**

Presenta hojas simples, alternas, con formas elíptico-lanceoladas, márgenes dentados y peciolo corto. Son de color verde cuya intensidad varía dependiendo de la especie. En otoño adquieren un tono rojizo típico en la especie (Infoagro.com, 2016 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

Las hojas son simples, enteras o aserradas, y ubicadas alternamente a lo largo del tallo. Su forma varía ampliamente, desde elípticas, espatuladas, oblanceolada u oval. Además pueden tener pubescencia en el envés (Retamales *et al.*, 2012 citado por Maticorena, 2017).

### **1.6.5 Flores**

Son 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, s.f. citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.6.6 Fruto**

El tipo de fruto es 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 (Agexpront, 2002).

El fruto es, botánicamente, una baya, de color azul oscuro a negro. El tamaño es muy variable debido a las diferentes condiciones climáticas, varietales y de manejo que se presentan. Su pulpa es verde claro transparente, formada por el mesocarpio y endocarpio. El fruto contiene de una a varias semillas, de diez a 20, pero se ha reportado hasta 65. Madura en dos o tres meses, en función del ambiente y del cultivar (Gough, 1994 citado por Maticorena, 2017).

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 el pedúnculo, que debe ser pequeña y seca a fin de dificultar la acción de los patógenos, y la firmeza, que está muy relacionada con el grosor de la epidermis (Juan Garcia, s.f. citado por Diaz de la Quintana, 2016).

## **1.7 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD GULF COAST**

Gulf Coast fue puesta a la venta en 1987 por USDA. Tiene una estación de cosecha muy temprana (igual que 'Sharpblue'), requiere de 200 – 300 horas de frío, produce frutos de tamaño mediano, los pedicelos tienden a quedarse unidos a los frutos durante la recogida, por lo demás es un buen cultivar (Williamson, *et al.*, 1994).

### **Gulf Coast:**

Es un arbusto vigoroso y productivo (200-300 hrs.). La fruta es de tamaño mediano, firme y de buen sabor. Al cosechar el 'cabito' puede quedar adherido a la fruta (Anderson, 2006).

## **1.8 TIPOS DE PROPAGACIÓN.**

### **1.8.1 Propagación por semilla**

Esta propagación no es utilizada para la producción de fruto del Arándano con fines comerciales, ya que esta forma de propagación solo es utilizada para el mejoramiento de las variedades (Infoagro.com, 2016 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.8.2 Propagación Asexual**

En este método se utiliza un esqueje en verde o con madera del año. Se deben obtener esquejes de unos 8cm de longitud con 4-5 yemas vegetativas y ausentes de yemas florales. El corte debe ser en bisel y por debajo de una yema. Las hojas basales también se deben eliminar con el fin de disminuir la tasa de transpiración. Una vez obtenidos los esquejes de una plantación de plantas madres, se deben colocar en invernaderos, concretamente en camas calientes compuestas de turba y perlita. Con el propósito de facilitar el enraizamiento, se pueden aplicar las siguientes hormonas AIA (ácido indol acético), ANA (ácido naftilacético) o AIB (ácido indol butírico). La temperatura óptima de enraizamiento debe oscilar entre 18 y 23°C. Finalizado el

enraizamiento, dichos esquejes se deben trasplantar en bolsas de 20-25cm de diámetro, para su posterior traslado al vivero. Las plantas que pasan al vivero se deben mantener en las condiciones favorables para el cultivo. Sin embargo, la propagación de arándano más utilizada es mediante la técnica de cultivo *in vitro* (Infoagro.com, 2016 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.8.3 Micropropagación (Cultivo *in vitro*)**

La micropropagación consiste en generar una planta completa a partir de un pequeño brote o esqueje con una yema axilar, el cual es cultivado bajo condiciones asépticas en un medio nutritivo específico. El uso de esta técnica permite la propagación rápida de materiales escasos que se deseen incrementar en un corto período de tiempo. En arándanos, la técnica ha sido utilizada con éxito para la propagación clonal (Poirot, 1991 citado por Toro, 2009).

Por otro lado, producir plantas libres de enfermedades y plagas en cualquier época del año involucra una técnica que requiere de mucho conocimiento.

El cultivo *in vitro* es una técnica para el mejoramiento, ya que se producen plantas de calidad uniforme a escala comercial, a partir de un genotipo selecto y con una tasa de multiplicación ilimitada. Esto es posible gracias a la propiedad de totipotencia que tienen las células vegetales; es decir, la capacidad de regenerar una planta completa cuando están sujetas a estímulos adecuados (Ovando, 2004 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

De esta forma, las células somáticas de cualquier tejido podrían formar tallos, raíces o embriones somáticos de acuerdo con la competencia que posean y al estímulo que reciban. El cultivo de tejidos vegetales es una herramienta de la Biotecnología Vegetal que aísla partes de una planta y las hace crecer en medios de cultivo artificial *in vitro* en condiciones de asepsia para obtener metabolitos, tejidos, órganos o plantas completas. (*In vitro* se refiere a plantas o partes de una planta cultivada dentro de un contenedor de vidrio) (del latín *in*: Adentro; *vitro*: vidrio) (Ovando, 2004 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

Para el desarrollo de la presente investigación es necesario definir:

**Totipotencia:** Capacidad de regeneración de una planta entera a partir de una célula o un grupo de células.

**Ex plante:** Porción de tejido de planta con el que, a través de técnicas *in vitro*, se puede regenerar la planta entera.

**Des diferenciación:** consiste en la transformación y pérdida de las características de especialización de un tipo celular para dar lugar a las células de tipo meristemático. El siguiente paso involucrado en la regeneración de una planta es la re diferenciación de las células previamente des diferenciadas (Litz, *et al.*, 1991 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.9 LAS FASES DE MICROPROPAGACIÓN (CULTIVO IN-VITRO)**

Las fases para la micropropagación son:

- ) **Fase 0:** Preparación de la planta madre: Para el establecimiento del cultivo *in vitro* en condiciones de asepsia, se deben obtener explantes con un nivel nutricional y un grado de desarrollo adecuado. En esta fase se mantiene a las plantas madre por un período de tiempo en un invernadero, en el que se controla las condiciones sanitarias y la nutrición (Rosell, *et al.*, 1990 citado por Calisaya, 2014).
- ) **Fase I:** Establecimiento del cultivo en condiciones de asepsia: Una vez seleccionada la planta madre, se extraen los fragmentos a partir de los cuales se obtendrán los explantes. Antes de ser introducidos en el medio de cultivo los explantes deben ser desinfectados para eliminar los contaminantes externos. Luego de la desinfección de los explantes, se debe mantener las condiciones de asepsia y realizar el establecimiento *in vitro* en una cámara de flujo laminar (Rosell, *et al.*, 1990 citado por Calisaya, 2014).
- ) **Fase II:** Multiplicación: Durante esta fase se espera que los explantes originen brotes de procedencia axilar o adventicia con varios entrenudos. Periódicamente estos nuevos brotes se deben subcultivar en un nuevo medio de cultivo.

- J) **Fase III:** Enraizamiento: El proceso de enraizamiento en los brotes propagados in vitro requiere generalmente del trasplante a un medio de cultivo con menor concentración de sales. Asimismo, se necesita cambiar el balance hormonal, disminuir las citocininas y aumentar las auxinas exógenas (Villalobos, *et al.*, 1993 citado por Calisaya, 2014).
- J) **Fase IV:** Aclimatación: Cuando el sistema radical es diferenciado in vitro, las plantas no se pueden trasplantar directamente a las condiciones de invernadero sin pasar por un período de aclimatación o endurecimiento. En este período, las plantas son trasplantadas a recipientes con suelo estéril y se cubren con bolsas de polietileno, que se van perforando gradualmente hasta que queden eliminadas las bolsas completamente en un período de 15 a 20 días (Villalobos, *et al.*, 1993 citado por Calisaya, 2014).

#### **1.10 PROCEDIMIENTO DE ACLIMATACIÓN EN INVERNADERO**

La aclimatación es la etapa final que es necesaria en todos los esquemas de micro propagación. Las plantas deben adaptarse a nuevas condiciones ambientales tales como: baja humedad relativa, alta intensidad de luz, fluctuaciones de temperatura y constante estrés de resistencia a enfermedades. La calidad intrínseca de las plántulas in vitro es uno de los más importantes factores que gobierna estos sucesos durante la transición a ex vitro. Entre ellos se tiene la excesiva pérdida de agua por transpiración y un debilitado aparato fotosintético que son los mayores problemas a superar (Luya, 1999 citado por Anstrong, 2013).

El mayor porcentaje de pérdidas de plantas producidas In Vitro ocurren en su fase de transferencia al suelo cuando deben adaptarse a las nuevas condiciones del ambiente edáfico (Roca, 1991 citado por Anstrong, 2013).

Todo el esfuerzo investigativo del cultivo de tejidos se perderá si las plantas que se regeneran murieran, cuando se intenta desarrollarlas en un ambiente desfavorable. El éxito de la propagación in vitro radica en lograr la aclimatación de las vitroplantas a las condiciones ambientales. En esta etapa se produce un retorno gradual al funcionamiento autotrófico de las vitroplantas, como la recuperación de las características morfológicas y fisiológicas; asimismo, en esta etapa las plántulas sufren

estrés provocado por el cambio de las condiciones de humedad y temperatura, por lo que la transferencia debe de realizarse de forma gradual (Sotolongo, 2000 citado por Anstrong, 2013).

Estas plantas muestran un rápido marchitamiento cuando se transfieren a condiciones de invernadero, por lo tanto, debe mantenerse una humedad relativa alta en el nuevo ambiente, para no dañar los mecanismos que mantienen el volumen de agua en la planta (Fila, *et al.*, 1998 citado por Anstrong, 2013).

La aclimatación de las vitro plantas, en condiciones naturales (*ex vitro*), es un proceso lento, que debe hacerse gradualmente para llevar un material vegetal de una condición de 100% de humedad relativa a valores muy inferiores, como 40 - 50%. Inicialmente a la plántula se la mantiene cubierta con un plástico en forma hermética, para luego permitir poco a poco la entrada de aire externo (Mejía, 1994 citado por Anstrong, 2013).

La aclimatación es uno de los factores importantes en la posterior supervivencia de la planta, ya que es una etapa crítica dentro del proceso, en la que se produce la mayor pérdida. En ella se debe comenzar reduciendo gradualmente la humedad relativa, para permitir con esto además del cierre estomático, una mejor formación de cutícula y disminuir la pérdida de agua. Por otra parte, para tener mejores resultados en la técnica *in vivo*, es necesario el desarrollo radicular *in vitro* (Pierik, 1990 citado por Anstrong, 2013).

Dependiendo de las especies, los brotes propagados deben enraizarse *in vitro* antes de aclimatarse en invernadero; sin embargo, algunas especies de fácil enraizamiento permiten el uso del enraizamiento *ex Vitro*. Esta técnica presenta ventajas especialmente en las plantas leñosas, en las cuales el engrosamiento secundario es importante para el correcto desarrollo de las raíces. Asimismo, se reducen los costos de las plantas micropropagadas al eliminar costos de mano de obra y reactivos principalmente. El género *Vaccinium* se encuentra entre los que permiten el enraizamiento *ex vitro* (George, 1996; citado por Castañeda, 2006).

Los explantes se deben transferir a un sustrato limpio, aunque no necesariamente esté estéril. Con este método es necesario que el medio de enraizamiento esté libre de

organismos patógenos y que los brotes tengan las hojas bien desarrolladas, además deben realizar fotosíntesis para que la planta tenga una fuente de energía para enraizar y desarrollarse (Cutz, 2004).

Por lo general, la fase de aclimatación es crítica para la mayoría de las especies, por dos razones fundamentales:

- ) Pasa de condiciones foto heterótrofas (consumo de Carbono del azúcar del medio de cultivo) a condiciones foto autotróficas.
- ) Atraviesa por condiciones de alta humedad dentro del frasco *in vitro* a condiciones normales de humedad del sustrato y la protección de una jaula antiáfidos.

Debido a estas razones, en el traspaso de *in vitro* a *in tierra* o *in vivo*, se debe tener especial atención en evitar el desecamiento de la planta hasta que las células estomáticas vuelvan a ser funcionales y se recupere la capa de cera de la epidermis. En tal sentido, se debe cubrir inicialmente la planta con túneles de plástico y/o someterlos a sistemas de niebla artificiales, sistemas que deben ser retirados paulatinamente (SEDAG ,2012).

En el trasplante es imprescindible quitar todo el medio de cultivo adosado a las raíces, debido a que éste, por el azúcar que contiene, es fuente de desarrollo de agentes saprófitos y patógenos; por lo que es necesario el lavado de las raíces. Luego estas plántulas deben ser plantadas en un sustrato esterilizado, por medios físicos (esterilización con vapor de agua), puesto que, el sustrato se compone de una mezcla de materia orgánica con arena y turba con perlita (SEDAG ,2012).

El sustrato debe ser colocado en macetas o cajas (camas) con buen sistema de drenaje, y ubicados dentro de un invernadero o jaula antiáfidos para evitar la re contaminación del material saneado. A las plántulas trasplantadas se debe dar abundante riego, mantenimiento y todas las labores culturales y cuidados fitosanitarios (SEDAG, 2012).

## **1.11 FITOHORMONAS USADAS EN LA ACLIMATACIÓN DE VITROPLANTAS DE ARÁNDANO**

### **1.11.1 Las auxinas**

El ácido indol acético (AIA) y ácido indol butírico (AIB), generalmente, promueven el crecimiento vegetal por alargamiento celular, induciendo a la formación del callo y estimula la iniciación radicular y el crecimiento de las raíces. El AIA es la auxina natural más difundida en las plantas, es ampliamente utilizado en los medios de cultivo pero es sensible a la degradación enzimática (AIA-oxidasa) y a la fotooxidación, a veces en asociación con el AIB (George, 1993 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.12 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS FITOHORMONAS**

La auxina se encuentra en toda la planta, la más alta concentración se localiza en regiones meristemáticas en crecimiento activo. Su función es aumentar el crecimiento de los tallos y promover la división celular. Se la encuentra como molécula libre o en formas conjugadas inactivas. La concentración de auxina libre en plantas varía de 1 a 100mg/kg peso fresco. Son transportadas por medio de un mecanismo dependiente de energía, alejándose desde el punto apical de la planta hacia su base (Monografias.com, 2019).

### **1.13 EFECTO DE LAS FITOHORMONAS**

- ) **Crecimiento:** Estimulan la elongación celular en tallos y tallos jóvenes, incrementan la extensibilidad de la pared celular y estimulan la diferenciación del xilema y el floema.
- ) **Dominancia apical:** La yema apical del tallo inhibe el crecimiento de yemas axilares cercanas.
- ) **Corte de órganos (hojas, flores y frutos):** Posee un control genético y las auxinas retrasan su caída.
- ) **Rizo génesis:** Estimulan la formación de raíces laterales o adventicias, además impiden la elongación de la raíz principal; las concentraciones óptimas de auxinas varían de 0,1 a 10mg/l (George ,1993 citado por Díaz de la Quintana, 2016).

### **1.14 PROCEDIMIENTO DEL MANEJO DE LAS VITROPLANTAS DE ARÁNDANO EN LA ACLIMATACIÓN EN EL INVERNADERO.**

### **1.14.1 SUSTRATOS**

Por sustratos se entiende una mezcla no homogénea de productos como: compost, turba, perlita, arena de río de grano fino, cortezas y varios otros. Los industriales los mezclan para su utilización inmediata o para combinarlos con otras tierras, como la de jardín (Casasnovas, 2012).

El uso de sustrato en la fase de aclimatación tiene gran importancia en el desarrollo inicial del cultivo, ya que el sistema radicular se desarrolla en esta fase. Como la planta proviene de cultivo *in vitro* tiene una gran exigencia nutricional que no será suplida por el sustrato, pero éste debe presentar características estructurales y químicas que facilite el desarrollo de la plántula. Si se tiene un buen sustrato, la planta tendrá un buen desarrollo radical y aproximadamente 6 semanas después estarán listas para la siembra (Ballesteros, 1992 citado por Ferreyra, 2015).

#### **1.14.1.1 La arena**

Es una de las sustancias más utilizadas en la mezcla de sustratos, aunque se emplea en pequeñas cantidades. La arena mejora la estructura del sustrato, pero aporta peso al mismo. Las arenas utilizadas no deben contener elementos nocivos tales como sales, arcillas o plagas. El grano no debe ser grueso. La arena de río, que es la mejor, debe estar limpia para ser utilizada en sustratos. Su granulometría más adecuada oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro (Infoagro.com, 2007).

Su densidad aparente es similar a la grava. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula. Es relativamente frecuente que su contenido en caliza alcance el 8-10 %. Algunos tipos de arena deben lavarse previamente (Infoagro.com, 2007).

#### **1.14.1.2 La materia orgánica**

La materia orgánica (o material orgánico, material orgánico natural o MON) es elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía. Las estructuras básicas están formadas de celulosa, tanino, cutina, y lignina, junto con

varias otras proteínas, lípidos, y azúcares. Es muy importante en el movimiento de nutrientes en el medio ambiente y juega un rol en la retención del agua en la superficie del planeta Tierra (wikipedia.org, 2018).

#### **1.14.1.3 La turba**

La turba está formada por restos de vegetación acuática. Existen 2 tipos de turba: rubias y negras. Las turbas rubias poseen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas; las turbas negras están más mineralizadas, teniendo un menor contenido en materia orgánica. Para preparar la mezcla se humedece antes de incorporarla, ya sea a un contenedor o a un hoyo, para que hidrate correctamente. La turba es un sustrato orgánico de tipo fibroso.

Principales características de la turba son:

- ) Posee bajo pH.
- ) Permeabilidad alta.
- ) Aireación alta
- ) Retención hídrica variable
- ) Muy alta si proviene del musgo
- ) Rica en materia orgánica (Infoagro.com, 2007).

#### **1.14.1.4 La perlita**

Material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1.000-1.200 °C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1.5 y 6 mm, con una densidad baja, en general, inferior a los 100 kg/m<sup>3</sup> (Infoagro.com, 2007).

Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su C.I.C. es prácticamente nula (1.5-2.5 meq/100 g); su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7.5) y se utiliza, a veces, mezclada con otros sustratos como turba, arena, etc. (Infoagro.com, 2007).

### **1.15 MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN**

Generalmente se considera que los tejidos de las plantas intactas y sanas son asépticos internamente y que la principal tarea de limpieza del material para explantes está limitada a la esterilización superficial (Roca, *et al.*, 1993 citado por Calisaya, 2014).

#### a) **Agentes físicos**

El calor se puede aplicar como agente esterilizante de dos formas: el calor húmedo, el cual destruye a los microorganismos por desnaturalización de las proteínas y el calor seco que destruye a los microorganismos por oxidación de sus componentes celulares. El material a esterilizar debe soportar altas temperaturas sin sufrir ningún tipo de daño.

La radiación, puede ser utilizada como agente para la eliminación de microorganismos. La filtración permite la remoción de todos los microorganismos presentes en un líquido o un gas reteniéndolos sobre la superficie de un material.

#### c) **Agentes químicos**

Algunas sustancias químicas pueden ser usada como agentes esterilizantes ya que tienen la capacidad de promover una o más reacciones capaces de dañar los componentes celulares de los microorganismos (Clavell, *et al.*, 1992 citado por Calisaya, 2014).

### **1.16 PH DEL SUSTRATO**

El pH del sustrato debe ser tal que no interfiera la función de las membranas celulares de la planta o el pH balanceado del citoplasma; además el pH del sustrato influye en que las sales nutrientes permanezcan solubles, contribuyendo a su asimilación y la de los reguladores del crecimiento. Las plantas de la familia Ericaceae como los rododendros y los arándanos solamente crecen bien en suelos ácidos con un pH alrededor de 4,5- 5,5 (George, 1996 citado por Castañeda, 2006).

### **1.17 HUMEDAD**

Las vitroplantas recién trasplantadas deben mantenerse en un ambiente de alta humedad. Esto puede lograrse cubriéndolas con algún plástico transparente. Para

mantener la humedad, las vitroplantas probablemente necesiten ser regadas de 2-3 veces al día, comenzando inmediatamente después del trasplante. De acuerdo con el desarrollo radicular, la frecuencia de riego puede reducirse en días alternos (George, 1996 citado por Castañeda, 2006).

## **1.18 TEMPERATURA**

Respecto a la temperatura las plantas se desarrollan mejor entre los 20 y 29°C por lo que es importante manejar estos rangos durante la aclimatación (Ruiz, 2003 citado por Anstrong, 2013).

## **1.19 IMPLEMENTOS PARA LA ACLIMATIZACIÓN**

### **1.19.1 Invernadero (o invernáculo)**

El invernadero o vivero constituye el ambiente en el cual se termina el proceso de aclimatación del material vegetal para su pase definitivo a condiciones de campo. En este ambiente debe existir un estricto control fitosanitario, particularmente en aquellos casos donde el objetivo fundamental es la obtención de plantas libres de patógenos, para que su desarrollo sea completamente estable (Girgebv, 1994 citado por Anstrong, 2013).

Estas instalaciones son necesarias tanto para la fase anterior como posterior al cultivo *in vitro*. En el primer caso, muchos materiales vegetales necesitan ser preparados para que alcancen una mejor condición fisiológica y fitosanitaria antes de su utilización en el laboratorio. Un invernadero es un ambiente que casi siempre tiene un armazón de fierro o de madera, con base de concreto y ladrillo, paredes y techo de vidrio o materiales plásticos tipo calamina. Las plantas producidas *in vitro* rigurosamente necesitan una fase de endurecimiento o aclimatación antes de ser liberados a condiciones de campo (Delgado, *et al.*, 1999 citado por Anstrong, 2013).

### **1.19.2 Microtuneles**

Para los arcos se deben utilizar materiales flexibles, sin rugosidades o aristas que puedan dañar el polietileno de cobertura como la madera, el metal, el plástico o la combinación de alguno de estos. Entre estos contamos con fierro de construcción (los que se cubren con caños plásticos, cintas de goteo o manguera), caños plásticos de

polipropileno y cañas. El polietileno de cobertura debe permitir el mayor ingreso de luz posible (radiación), retener el calor, de fácil manejo, como el polietileno larga duración térmico se puede utilizar también el polietileno cristal o la Manta térmica aunque tienen la desventaja de no cumplir con todos los requisitos mencionados ( Miserendino, 2011).

## **1.20 PRODUCCIÓN DEL CULTIVO EN PARCELAS**

### **1.20.1 Ciclo del cultivo de arándano**

El ciclo del cultivo, tanto del arándano alto (“Highbush”) como el arándano de porte pequeño (“Rabbiteye”), oscila entre: 1 a 2 años de edad, período de crecimiento y desarrollo de planta, de 3 a 4 años de edad las primeras cosechas, de 7 años de edad período de estabilización de la cosecha, de 8 a 30 años adulto productivo. La variedad tipo Highbush tiene un período de floración de 90 días; asimismo, la variedad tipo “ojo de conejo” tiene un período de floración de 90 a 120 días (Agexpront ,2001 citado por Cutz, 2004).

## **1.21 MANEJO DEL CULTIVO DE ARÁNDANO**

### **1.21.1 Distancia de siembra**

La distancia es de tres metros entre surcos, de uno veinte a uno cincuenta metros entre las plantas. La densidad de plantación es de 2.000 a 2.500 plantas por hectárea. Se aplica una cobertura plástica para los primeros años de desarrollo y después se cubre con corteza de pino para mantener la humedad del suelo (Cutz, 2004).

### **1.21.2 Suelo**

En cuanto a los suelos, estos deben ser de textura ligera, buen drenaje y abundante materia orgánica, superior al 3%, que permite mantener la retención de humedad necesaria para el óptimo desarrollo del sistema radical. El pH del suelo es un limitante para su cultivo, ya que exige valores ácidos inferiores a 5,5, situándose el intervalo óptimo entre 4,5 y 5,5 (García, s.f. citado por Díaz de la Quintana, 2016).

Las condiciones de acidez, textura y contenido de materia orgánica de los suelos en que se cultiva comercialmente los arándanos, influyen fuertemente en los

requerimientos nutricionales de estas especies y alteran el suministro de nutrientes por parte del suelo (Buseta, *et al.*, 1996 citado por Castañeda, 2006).

Requiere suelos profundos, sueltos, ricos en materia orgánica y bien drenado. Por otro lado, el encharcamiento es un enemigo mortal del arándano con mucha aireación y pH ácidos con valores de 4 a 6, que permiten un buen desarrollo radicular de tipo superficial, por lo que la elección del lote a implantar es una decisión fundamental (Paganini, 2002 citado por Castañeda, 2006).

El pH de los suelos influye sobre la disponibilidad de nutrientes que están en los terrenos, 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. No obstante, el elevado pH en los suelos donde se cultiva arándano puede provocar que las hojas se tornen amarillentas, ya sea con venas verdes o no, dichas hojas pueden ser más pequeñas de lo normal y pueden tornarse color café y caer antes de que termine su ciclo, llegando incluso a provocar reducidos crecimientos de la planta o su muerte (Intagri, 2017).

### **1.21.3 Riego**

Se emplea un sistema de riego localizado. Es importante mantener el terreno húmedo, evitando en todo momento el encharcamiento. Además, el agua de riego debe ser de buena calidad sin presentar salinidad ni exceso de calcio, boro o cloro (Infoagro. com, 2016 citado por Diaz de la Quintana, 2016).

### **1.21.4 Fertilizacion**

El nitrógeno en dosis adecuadas mejora el crecimiento y vigor de la parte aérea y radicular de la planta, aumenta la producción floral y crecimiento frutal; pero en dosis muy altas produce exceso de vigor, induce mayores problemas sanitarios, fruta blanda y mayor presencia de malezas. Este elemento se absorbe principalmente en su forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), lo cual debe considerarse en los planes de fertilización. El ion Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es lixiviado y poco aprovechado por la planta (Hirzel, 2013 citado por Maticorena, 2017).

El fósforo es un elemento de suma importancia para el crecimiento radicular, acumulación de reservas y mejoramiento de la floración. El potasio es vital para,

aumentar el rendimiento, mejorar la calidad del fruto (calibre, firmeza, sabor y aroma de las bayas). Además le permite mayor resistencia al estrés hídrico y por frío, y a problemas sanitarios. Su exceso produce partición de frutas. El calcio tiene como función mejorar el calibre y cuaja de frutas, aumentar resistencia a problemas sanitarios y mejorar calidad postcosecha (Hart, *et al.*, 2006 citado por Maticorena, 2017).

El arándano no es muy exigente en los requerimientos de fertilizantes y puede ser dañado si estos productos se aplican en exceso por lo que su aportación dependerá del análisis del suelo y del agua. El cultivo absorbe y utiliza más eficientemente el nitrógeno en la forma de amonio (sulfato de amonio, sulfato de magnesio, urea, triple 18), por lo tanto se recomienda la utilización de fertilizantes que contengan nitrógeno amoniacal, porque actúa como reductor del pH (Gordó, 2011 citado por Yescas, *et al.*, 2017).

### **1.21.5 Poda**

Si las plantas de arándanos no se podan eventualmente, se harán improductivas y muy densas con numerosas ramitas. La poda de las plantas adultas de arándanos consiste básicamente en la eliminación o entresaque de las ramas. El objetivo de la poda de los arbustos adultos es fomentar un balance apropiado de crecimiento vegetativo y reproductivo y limitar el tamaño de las plantas. La poda estimula el desarrollo de nuevas ramas que son más productivas que las viejas. Esto resultará en un renovamiento continuo de las ramas de manera que ninguna tenga más de tres o cuatro años. La mayor parte de la poda se realiza generalmente inmediatamente después de la cosecha a principios del verano (Williamson, *et al.*, 1994).

## **1.22 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **1.22.1 Hábitat**

Se distribuye en la mayor parte de Europa (Alpes, Apeninos Centrales, Pirineos), Asia, América Central, EE.UU. y Canadá, entre los bosques de coníferas. Es una planta importante, desde el punto de vista ecológico, no sólo por sus frutos y, además, protege el suelo de los bosques de la erosión y contribuye a la formación de humus (Cutz, 2004).

### **1.22.2 Temperatura**

Un aspecto importante a tomar en cuenta es que el momento de las heladas no coincida justo con la época de floración. El arándano es un cultivo que requiere un determinado número de horas-frío (temperatura inferior a 7°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°C. No obstante, puede llegar a tolerar temperaturas de hasta -30°C, aunque temperaturas de 28-30°C acompañadas de vientos secos, pueden provocar daños en el fruto como arrugamientos y quemaduras. Durante la floración, temperaturas inferiores a -5°C pueden provocar daños en los frutos. Por esta razón, la ocurrencia de heladas durante la floración resulta muy dañino (Agroinformación, 2002).

### **1.22.3 Precipitación pluvial**

Los rangos de precipitación pluvial pueden oscilar de los 1.000 a los 3.000 mm anuales bien distribuidas durante el periodo vegetativo, es necesario que durante la etapa de crecimiento del fruto exista un adecuado suministro de agua (Agexpront, 2002 citado por Castañeda, 2006).

### **1.22.4 Vientos**

Los vientos moderados favorecen el desarrollo del fruto, pero fuertes vientos causan problemas como quebraduras de ramas, mala formación de los arbustos, caída de hojas, flores y frutos; en zonas donde el viento sea muy fuerte deben sembrarse árboles como cortinas rompe vientos (Agexpront, 2002 citado por Castañeda, 2006).

Se ha de tener en cuenta que el viento es un gran limitante de los cultivos, en especial en los primeros años; por lo que en áreas con alta incidencia de vientos habrá que disponer de una buena cortina forestal perimetral o en su efecto, colocar hileras de especies perennes que puedan resguardar el cultivo. Cabe aclarar que una cortina forestal protege eficazmente hasta 10 veces su altura en sentido horizontal (León, 2000; citado por Castañeda, 2006).

### **1.22.5 Heladas**

El arándano de arbusto alto puede llegar a soportar temperaturas muy bajas durante el invierno (-30 °C), no presentando grandes riesgos frente a heladas; por otro lado, temperaturas altas, superiores a 28-30°C, pueden afectar negativamente al fruto al ocasionar arrugamientos y quemaduras. Los vientos fuertes, sobre todo en los primeros años de vida de la planta, perjudican el crecimiento de ésta, provocando daños en el follaje, afectando a la floración y a la polinización por insectos. También ocasiona la caída de frutos y lesiones en éstos (García, *et al.*, 2005 citado por Calisaya, 2014).

## **1.23 PLAGAS Y ENFERMEDADES**

### **1.23.1 Plagas**

Todas las plagas del arándano causadas por insectos producen síntomas y daños característicos que son fácilmente identificables en el campo.

- a. Cochinillas (*Aspidiotus* sp., *Pulvinaria* sp., *Lepidosaphesulmi* L.), tienen una escasa movilidad sobre el cultivo, sólo algunos estadios juveniles poseen patas y se trasladan hacia otras partes de las plantas donde se establecen formando nuevas colonias. Los adultos poseen un caparazón de protección llamado escudo. Cuando aumenta la temperatura se debe tratar de localizar los estadios juveniles para detectar los primeros nacimientos y realizar el control adecuado.
- b. Cheimatobia (*Cheimatobia brumata* L.), ataca a flores y a frutos, esta oruga alcanza 3 cm. de largo, es de color verde, con una banda dorsal más oscura y dos laterales blancas y, como es característico en este género, camina encorvando sobre su abdomen en forma de asa. Suele alimentarse de yemas, para pasar a flores y frutos posteriormente.
- c. Pulgones o áfidos (*Myzus persicae sulzer*, *Aphis gossypii glover*, *Aphis spiraeicola patch.*), al ser insectos chupadores extraen nutrientes de la planta y alteran el balance de las hormonas del crecimiento. Esto origina un debilitamiento de la planta, que puede traducirse en una reducción de la producción final.
- d. Los pájaros constituyen la plaga de vertebrados más seria de los arándanos, sobre todo en parcelas pequeñas o en aquellas situadas en zonas donde abunden grandes bandadas. Actualmente se están probando repelentes, algunos

productos de origen vegetal como el antranilato metílico, un compuesto que se encuentra en las uvas y en algunos cítricos.

- a. Nemátodos. Existen algunas especies pertenecientes a los géneros, *aratrighodorus sp.* y *Hemicycliophora sp.*, que producen daños en viveros. *Xiphinemas sp.* es un vector de virus. Sin embargo, el arándano es resistente a dos parásitos muy dañinos en diferentes cultivos, como son *Meloidogynehapla* y *Pratylenchuspenetrans* (García, *et al.*, 2011 citado por Calisaya, 2014).

### 1.23.2 Enfermedades

Enfermedades producidas por hongos:

- a. Antracnosis (*Colletotrichumsp.*). El hongo puede afectar a ramas, hojas y flores, pero los daños más graves los provoca en los frutos. En este caso, se requiere un análisis y tratamiento particular de la enfermedad, ya que los frutos pueden ser asintomáticos en la planta y producir grandes pérdidas en post-cosecha. La infección tiene lugar durante la floración, manifestándose el daño en el momento de la recolección. Se reconoce por un hundimiento sobre el fruto y la formación de esporas color salmón sobre éste. Los cultivares “rabbiteye” son, en general, menos susceptibles que los “highbush”.
- b. Botritis o Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*). La mayor incidencia de esta enfermedad coincide con primaveras muy lluviosas y temperaturas en torno a los 20°C. Los síntomas se manifiestan con el marchitamiento de las terminaciones de los brotes jóvenes, que al principio toman un color marrón o negro, para blanquear más tarde a tostado o gris, pudiendo alcanzar toda la rama. Las flores marchitas permanecen en la planta mucho más tiempo que las no afectadas. Las partes viejas de la planta rara vez son atacadas, aunque en ellas el hongo puede vivir como saprófito durante el invierno, propagándose en primavera en forma de esporas que afectan principalmente a los racimos florales e incluso a los frutos, presentando un aspecto momificado.
- c. *Monilia*(*Monilia sp.*). Es una de las enfermedades más comunes en el arándano, tanto en los grupos “highbush” como “rabbiteye”. Este hongo afecta a brotes, hojas, flores y frutos, pudiendo llegar a reducir considerablemente la cosecha.

Las ramas y flores afectadas se marchitan y se vuelven de un color marrón, como si estuvieran quemadas. Las hojas y brotes desarrollados en la primavera se caen. En los frutos no se aprecia el daño hasta casi la madurez, adquiriendo un color crema o rosa salmón, y volviéndose eventualmente rojizos o marrón claro.

- d. Phomopsis(Phomopsisvaccinii). Esta enfermedad fue una de las primeras observadas en las plantaciones americanas, y ha ido adquiriendo importancia económica, ya que puede llegar a matar por completo a plantas jóvenes. El hongo penetra en las yemas florales y en el tallo. Los síntomas comienzan a notarse en brotes jóvenes de primavera, secándose el extremo apical que queda doblado en forma característica de bastón. Los daños severos en plantaciones adultas se observan durante el verano, cuando es común ver plantas con parte de las ramas principales totalmente secas y el resto sanas. Los frutos dañados son blandos, a menudo se agrietan y pierden jugo.
- e. Bacteriosis. *Agrobacteriumtumefaciens* es la bacteria que principalmente afecta a este cultivo. Ataca al sistema radical debilitando la planta y produciendo, incluso, su muerte. En la base de las cañas o en las raíces principales de plantas afectadas pueden apreciarse unas agallas o tumores. Éstas, cuando son jóvenes, son de color crema o marrón claro, y a medida que crecen adquieren un color marrón oscuro o negro, volviéndose ásperas, duras y de tamaño variable.

Enfermedades producidas por virus:

- b. Virosis y micoplasmosis. En cuanto a los virus que pueden afectar al arándano, uno de los más importantes es la mancha anularo Red ringspot. Esta enfermedad a menudo aparece sobre tallos, aunque los síntomas más aparentes se aprecian en agosto o en septiembre en las hojas, especialmente en la mitad basal de los tallos. Estas hojas viejas muestran, en su haz, manchas anulares rojizas pero verdes en su zona central. Es necesario realizar el test correspondiente (ELISA) para la detección de este virus (García, *et al.*, 2011 citado por Calisaya, 2014).

## **1.24 RECOLECCIÓN DEL FRUTO**

Es necesario el empleo de mano de obra especializada, ya que se realiza de forma manual para el posterior envasado y embalaje. Esta práctica se ejecuta de forma selectiva según los índices de madurez del fruto, que son el color y el tamaño, e implica que se realicen hasta ocho recolecciones por planta. La recolección mecanizada se emplea cuando el fruto se destina a la industria (Cutz, 2004).

### **1.25 ALMACENAMIENTO**

Se recomienda almacenar el arándano fresco en cámaras frigoríficas, con una temperatura entre -0.6 y 0°C y una humedad relativa del 95%, para que pueda llegar a alcanzar una vida útil entre 14 y 28 días (Cutz, 2004).

## **2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El trabajo de tesis se realizó en la Estación Experimental de “Coimata”, perteneciente al Servicio Departamental Agropecuario – SEDAG, dependiente de la Gobernación Autónoma Departamental de Tarija. La E.E. de Coimata cuenta con una superficie de 8 has, se ubica a una distancia aproximada de 8 km al noroeste de la ciudad de Tarija, entre el camino intercomunal Tomatitas - Coimata, geográficamente a 21<sup>0</sup>29’27” latitud sud, 64<sup>0</sup>46’25” longitud oeste. Corresponde a la Provincia Méndez - Primera Sección del Municipio San Lorenzo (Anexo 1).

## **2.2 MATERIALES**

### **2.2.1 El material empleado para este trabajo**

- ) Bolígrafo
- ) Libreta de apuntes
- ) Cámara fotográfica
- ) Planilla de registro

### **2.2.2 Materiales para la preparación de fitohormonas**

#### **a) Reactivos**

- ) Fitohormona (AIA) ácido indol acético
- ) Fitohormona (AIB) ácido indol butírico

#### **b) Materiales de laboratorio para el preparado de las fitohormonas**

- ) Balanza analítica
- ) Vaso de precipitado
- ) Probeta graduada
- ) Cajas de Petri
- ) Frasco lavador
- ) Agitador magnético
- ) Agua destilada

) Alcohol

### **2.2.3 MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATO**

#### **a) Insumos**

) Materia orgánica

) Arena

) Turba

) Perlita

) Gas

) Agua

#### **b) Equipos**

) Caldero de vapor

#### **c) Herramientas**

) Carretillas

) Palas

### **2.2.4 MATERIALES PARA LA ACLIMATACIÓN**

#### **a) Material vegetal**

) Vitroplantas de arándano

#### **b) Insumos**

) Reactivos fitohormonas AIB y AIA

) Agua de grifo

#### **c) Materiales**

) Alvéolos

) Bandejas

) Guantes

- ) Pinzas
- ) Malla media sombra
- ) Nailon
- ) Lienzo
- ) Tanque
- ) Manguera
- ) Nebulizadores
- ) Termómetro de ambiente
- ) Hidrotermógrafo

### **2.2.5 MATERIALES DE GABINETE**

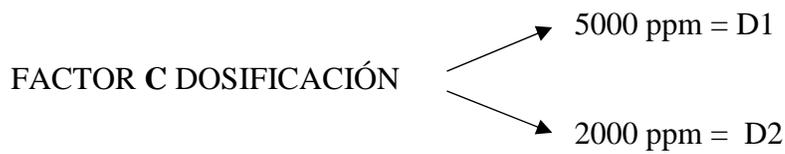
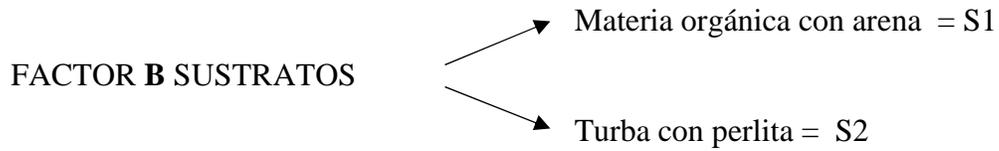
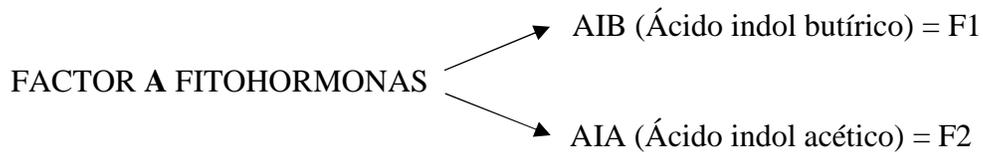
- ) Planilla de registro de datos
- ) Calculadora
- ) Lápiz
- ) Borrador
- ) Computadora
- ) Resmas de papel bom
- ) Regla

## **2.3 METODOLOGÍA**

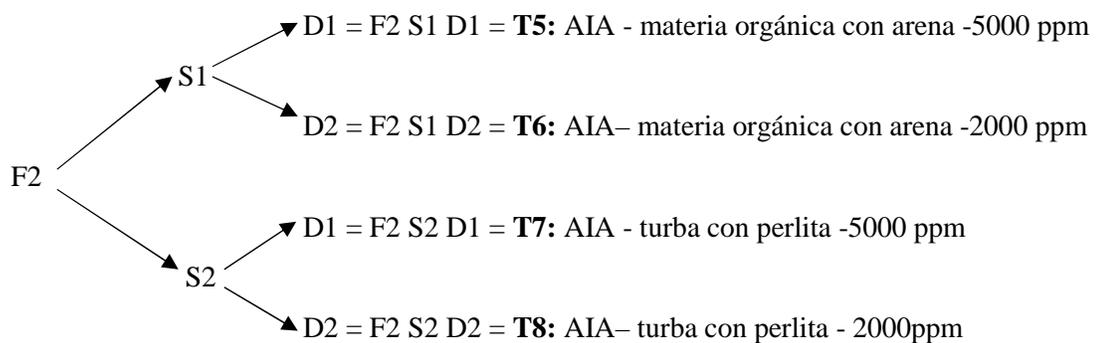
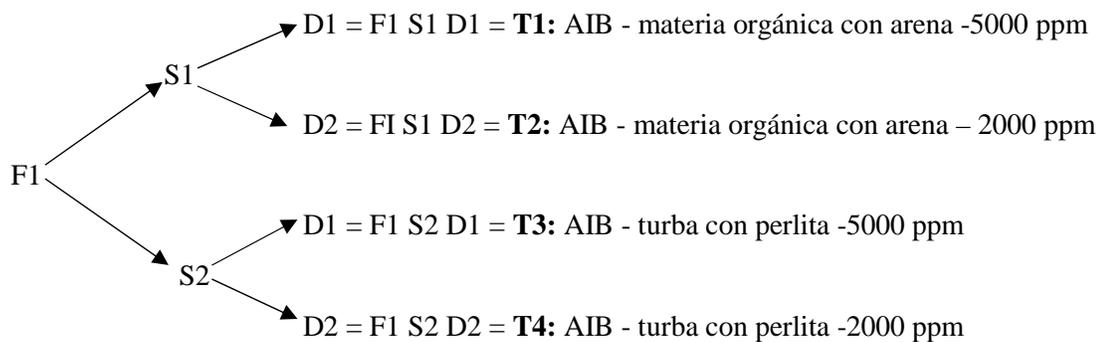
### **2.3.1 Diseño Experimental**

El diseño empleado en el presente trabajo de investigación consistió en bloques al azar, con arreglo tri factorial (2x2x2), con 8 tratamientos y 3 repeticiones, obteniendo 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta de 16 vitroplantas, con un total de 384 vitroplantas de arándano en la investigación.

### **2.3.2 Codificación de los factores evaluados**



### 2.3.3 Combinaciones de factores



Fuente: (Elaboración propia)

### 2.3.4 Diseño en alvéolos (en campo)

<b>T 1</b> <b>F1S1D1</b>	<b>T 3</b> <b>F1S2D1</b>	<b>T 7</b> <b>F2S2D1</b>
<b>T 2</b> <b>F1S1D2</b>	<b>T 4</b> <b>F1S2D2</b>	<b>T 8</b> <b>F2S2D2</b>
<b>T 5</b> <b>F2S1D1</b>	<b>T 7</b> <b>F2S2D1</b>	<b>T 3</b> <b>F1S2D1</b>
<b>T 6</b> <b>F2S1D2</b>	<b>T 8</b> <b>F2S2D2</b>	<b>T 4</b> <b>F1S2D2</b>
<b>T 7</b> <b>F2S2D1</b>	<b>T 5</b> <b>F2S1D1</b>	<b>T 1</b> <b>F1S1D1</b>
<b>T 8</b> <b>F2S2D2</b>	<b>T 6</b> <b>F2S1D2</b>	<b>T 2</b> <b>F1S1D2</b>
<b>T 3</b> <b>F1S2D1</b>	<b>T 1</b> <b>F1S1D1</b>	<b>T 5</b> <b>F2S1D1</b>
<b>T 4</b> <b>F1S2D2</b>	<b>T 2</b> <b>F1S1D2</b>	<b>T 6</b> <b>F2S1D2</b>

Fuente: (Elaboración propia)

## 2.4 METODOLOGÍA DE LA FASE DE ACLIMATACIÓN

### a) Preparación de las fitohormonas AIB y AIA

De acuerdo a los protocolos del pesaje para la preparación de fitohormonas AIB y AIA, que se disponen en el laboratorio de Biotecnología, se ejecutaron los siguientes pasos:

- ) Se realiza los cálculos de las fitohormonas para cada una de acuerdo a las dosis a utilizar (2000ppm – 5000ppm), por separado, para esto se empleó cuatro cajas Petri, anotando con un marcador en cada una de ellas las dosis correspondientes.
- ) Luego se procede al encendido de la balanza de precisión para que se estabilice.
- ) Después se realiza la calibración a 0,9995 gr.
- ) A continuación se efectúa el pesaje del reactivo en cajas Petri de acuerdo a la dosificación a utilizar, una vez colocada las medidas se cierra la puerta de la balanza para realizar la lectura final de pesaje del reactivo.
- ) Las fitohormonas una vez pesadas se deben cubrir de la luz porque son sensibles y pierden su efectividad.
- ) Luego del pesado se traslada a la sala de preparación de medios.

A continuación se detalla el cálculo de la preparación de las fitohormonas llevado a cabo en el laboratorio:

Para 5000ppm

$$1 \text{ gr} \rightarrow 1000 \text{ mg}$$

$$X \rightarrow 5000 \text{ mg}$$

$$X = 5 \text{ gr}$$

Para 2000ppm

$$1 \text{ gr} \rightarrow 1000 \text{ mg}$$

$$X \rightarrow 2000 \text{ mg}$$

$$X = 2 \text{ gr}$$

***Preparación de la fitohormona AIB con la dosis de 5000 y 2000 ppm***, se realizó con los siguientes cálculos que a continuación se detalla:

Para 5000 ppm

5 gr AIB → 1000 ml H<sub>2</sub>O destilada

X → 100 ml H<sub>2</sub>O destilada + 25ml de alcohol

X = 0,625 gr.

Para 2000 ppm

2 gr AIB → 1000 ml H<sub>2</sub>O destilada

X → 100 ml H<sub>2</sub>O destilada + 25 ml de alcohol

X = 0,25 gr.

Obteniendo una solución de 125 ml. de la preparación de la fitohormona AIB para cada una de las dosis.

***Preparación de la fitohormona AIA con la dosis de 5000 y 2000 ppm***, se realizó con los siguientes cálculos que a continuación se detalla:

Para 5000 ppm

5 gr AIA → 1000 ml H<sub>2</sub>O destilada

X → 100 ml H<sub>2</sub>O destilada + 25ml de alcohol

X = 0,625 gr.

Para 2000 ppm

2 gr AIA → 1000 ml H<sub>2</sub>O destilada

X → 100 ml H<sub>2</sub>O destilada + 25 ml de alcohol

X = 0,25 gr.

Obteniendo una solución de 125 ml. de la preparación de la fitohormona AIB para cada una de las dosis (Anexo 2).

## **b) Armado de caja de aclimatación**

Se armó la caja con tablas de madera con medidas de cuatro metros de largo y un metro de ancho (4x1). Posteriormente, se procedió a asegurarla con pernos y tuercas en las cuatro esquinas, luego se puso a la base de la caja una capa de grava gruesa, cubriendo con malla milimétrica toda la caja para dar buen drenaje a los alvéolos, para luego fumigar con fungicida (metaman), para evitar algún agente causal.

Se usó un armado de hierro tipo microtúnel para sostener el nailon, el lienzo y la malla media sombra con la cual se cubrió la cama para obtener un microclima en el micro túnel y así acondicionar la aclimatación de las vitroplantas de arándanos (Anexo 3).

### **c) Esterilización de sustratos**

La esterilización de los sustratos se realizó en un caldero de vapor de agua, para lo cual, una vez encendido este equipo, debe calentar por un tiempo de 40 a 50 minutos; posteriormente, se llenó el sustrato al caldero y aseguró la tapa del caldero. Se controló el tiempo de esterilización del sustrato de 45 minutos a una temperatura de 90 a 95 °C.

Una vez transcurrido el tiempo se descargó el sustrato esterilizado en carretilla para luego ser introducido de inmediato dentro la jaula antiáfidos; posteriormente, se realizó la preparación de los diferentes sustratos a utilizar en el ensayo, para luego ser llenado en los alvéolos (Anexo 4).

### **d) Preparación del sustrato**

Para la preparación del primer de sustrato se efectuó una relación de 60% de materia orgánica con 40 % de arena, mezclándose ambos materiales.

Para la segunda preparación del sustrato se realizó una relación del 80% de turba con el 20% de perlita y se procedió a su respectiva mezcla.

Seguidamente, se humedeció ambos sustratos y se obtuvo la humedad apropiada para cada uno, utilizando 6 alvéolos con el sustrato 1: materia orgánica con arena y 6 alvéolos con el sustrato 2: turba con perlita (Anexo 5).

#### **e) Armado del sistema de riego**

Cada invernadero cuenta con un tanque de 1000 litros para la utilización del sistema de riego a utilizar, cada uno es independiente a las camas o microtúneles; el sistema de riego empleado en la aclimatación del arándano fue el sistema de nebulizadores que se distribuyeron dentro de los microtúneles; esto con el fin de crear un microclima manteniendo la humedad relativa controlada de 80 a 95% y con una temperatura de 19 a 25°C en la fase de aclimatación que son requisitos para el desarrollo de las vitroplantas.

Por otro lado, el riego para la aclimatación de vitroplantas fue de tres veces por semana con una duración de 5 minutos.

El control de la humedad relativa y temperatura se realizó tres veces al día durante los primeros 20 días con una frecuencia de 10 segundos, dependiendo del calor de la temperatura que se registraba en el microtúnel (Anexo 6).

#### **f) Trasplante de las vitroplantas de arándano**

Posteriormente, las magentas con las vitroplantas de arándano fueron trasladadas del laboratorio del SEDAG a la estación experimental de Coimita.

El primer paso fue la extracción de las vitroplantas de arándano sumergidas en agar en la magenta para su lavado con abundante agua corriente del grifo, con el fin de eliminar todo residuo de la base.

Teniendo listos los alvéolos preparados con los sustratos respectivos para cada ensayo, se procedió al riego de los mismos para luego realizar el hoyado en cada alvéolo. Seguidamente, se fumigó con fungicida gasar y cada vitroplanta fue sumergida a las fitohormonas correspondientes para cada ensayo durante ocho segundos; transcurrido ese tiempo, se procede al trasplante en los alvéolos cubriendo con el sustrato las vitroplantas; y luego se efectuó el riego manual. Asimismo, se puso dentro del microtúnel dos termómetros de ambiente para controlar la temperatura.

Después de concluir con todo el trasplante de vitroplantas, se cubrió con el nailon, el lienzo y la malla media sombra para generar alta humedad relativa y temperatura al interior del microtúnel, evitando la deshidratación de las vitroplantas (Anexo 7).

### **Factores de aclimatación:**

- ) **Humedad Relativa:** La humedad que se registró dentro del microtúnel fue una mínima de 80 % y una máxima de 95%.
- ) **Temperatura:** La temperatura registrada dentro del microtúnel fue una mínima de 10°C y una máxima de 35°C.
- ) **pH:** El pH del sustrato identificado fue de 4,5 llegando a tener un pH 7.

### **2.5 Toma de datos**

El presente trabajo de investigación se inició el 13 de agosto del 2018 con la aclimatación de vitroplantas de arándano variedad Gulf Coast. A partir de esa fecha se registraron los datos durante 90 días (3 meses), tomando en cuenta las variables a evaluar: 1) La variable del % de sobrevivencia se registró cada quince (15) días durante 3 meses, obteniendo un total de 6 registros de los datos; 2) La altura de la planta se registró cada 45 días durante tres meses, teniendo un total de 2 registros de los datos; 3) La longitud del crecimiento radicular se registró cada 45 días durante los tres meses, obteniendo dos registros de los datos. Tales datos fueron empleados para alcanzar las respuestas a las variables evaluadas (Anexo 8).

### **2.6 Variables respuestas**

- ) Porcentaje de sobrevivencia a los 90 días
- ) Altura de la planta a los 90 días
- ) Longitud de crecimiento de raíz a los 90 días

### 3.1. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA A LOS 90 DÍAS

**Cuadro 1. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE PLANTAS**

Tratamientos	Réplicas			Total	Media
	I	II	III		
<b>T1 = F1S1D1</b>	31,25	12,50	6,25	<b>50,00</b>	<b>16,67</b>
<b>T2 = F1S1D2</b>	18,75	0,00	37,50	<b>56,25</b>	<b>18,75</b>
<b>T3 = F1S2D1</b>	75,00	75,00	62,50	<b>212,50</b>	<b>70,83</b>
<b>T4 = F1S2D2</b>	75,00	81,25	75,00	<b>231,25</b>	<b>77,08</b>
<b>T5 = F2S1D1</b>	31,25	6,25	18,75	<b>56,25</b>	<b>18,75</b>
<b>T6 = F2S1D2</b>	50,00	25,00	12,50	<b>87,50</b>	<b>29,17</b>
<b>T7 = F2S2D1</b>	81,25	75,00	87,50	<b>243,75</b>	<b>81,25</b>
<b>T8 = F2S2D2</b>	68,75	87,50	75,00	<b>231,25</b>	<b>77,08</b>
<b>Total</b>	<b>431,25</b>	<b>362,50</b>	<b>375,00</b>	<b>1168,75</b>	

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en el cuadro 1, el tratamiento T7 = F2S2D1 presenta mayor % sobrevivencia, está constituido por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm, éste presenta una media de 81,25 %. Seguidamente, se encuentra el tratamiento T8 = F2S2D2 constituido por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm con una media de 77,08 %. Finalmente, se ubica el T4 = F1S2D2 constituido por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm con una media de 77,08%.

**Cuadro 2. TABLA DE DOBLE ENTRADA FITOHORMONA/SUSTRATO**

<b>Factor</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>F1</b>	106,25	443,75	<b>550,00</b>	<b>45,83</b>
<b>F2</b>	143,75	475,00	<b>618,75</b>	<b>51,56</b>
<b>Total</b>	<b>250,00</b>	<b>918,75</b>	<b>1168,75</b>	
<b>Media</b>	<b>20,83</b>	<b>76,56</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 3. TABLA DE DOBLE ENTRADA FITOHORMONA/DOSIS**

<b>Factor</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>F1</b>	262,50	287,50	<b>550,00</b>	<b>45,83</b>
<b>F2</b>	300,00	318,75	<b>618,75</b>	<b>51,56</b>
<b>Total</b>	<b>562,50</b>	<b>606,25</b>	<b>1168,75</b>	
<b>Media</b>	<b>46,88</b>	<b>50,52</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 4. TABLA DE DOBLE ENTRADA DOSIS/SUSTRATO**

<b>Factor</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>D1</b>	106,25	456,25	<b>562,50</b>	<b>46,88</b>
<b>D2</b>	143,75	462,50	<b>606,25</b>	<b>50,52</b>
<b>Total</b>	<b>250,00</b>	<b>918,75</b>	<b>1168,75</b>	
<b>Media</b>	<b>20,83</b>	<b>76,56</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE PLANTAS**

FV	GL	SC	CM	F C	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	23	21560,87				
<b>Tratamientos</b>	7	19086,91	2726,70	17,85**	2,77	4,28
<b>Bloques</b>	2	335,29	167,64	1,10NS	3,74	6,51
<b>Error</b>	14	2138,67	152,76			
<b>Factor F</b>	1	196,94	196,94	1,29NS	4,60	8,86
<b>Factor S</b>	1	18634,44	18634,44	121,98**	4,60	8,86
<b>Factor D</b>	1	79,75	79,75	0,52NS	4,60	8,86
<b>Interacción F/S</b>	1	1,63	1,63	0,01NS	4,60	8,86
<b>Interacción F/D</b>	1	1,63	1,63	0,01NS	4,60	8,86
<b>Interacción S/D</b>	1	40,69	40,69	0,27NS	4,60	8,86
<b>Interacción F/S/D</b>	1	131,84	131,84	0,86NS	4,60	8,86

Fuente: (Elaboración propia)

NS = no es significativo

\* = Significativamente diferente

\*\* = Diferencia altamente significativa

De acuerdo al análisis de varianza, se evidencia que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos tanto al 5% como al 1%. También existen diferencias altamente significativas en el factor sustrato al 5% y al 1%.

Por lo tanto, se procedió a realizar la prueba de Duncan para recomendar cuál fue el mejor tratamiento y sustrato que provocaron en la planta un mayor desarrollo en cuanto al porcentaje de sobrevivencia de plantas.

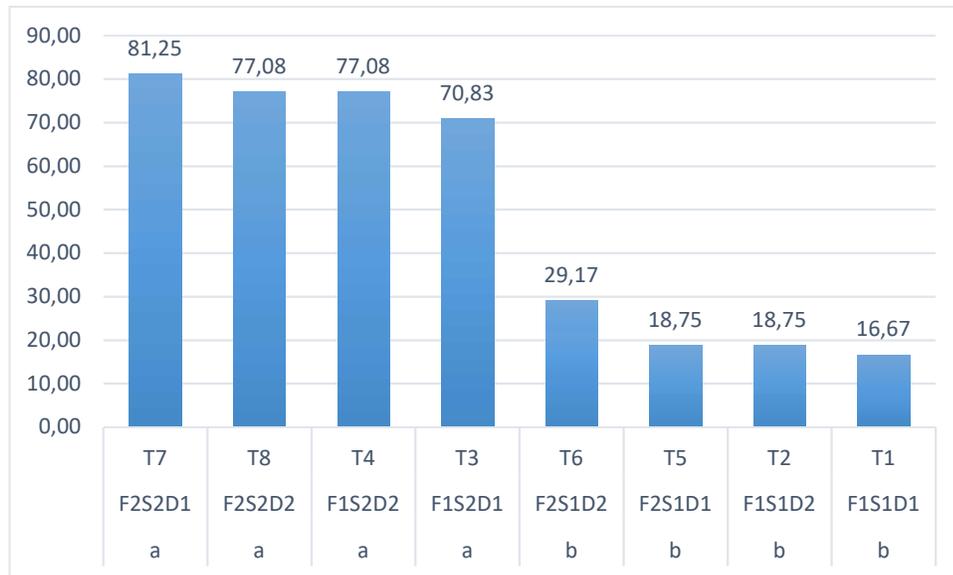
**Cuadro 6. PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS TRATAMIENTOS**

<b>N° de X</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>q</b>	3,03	3,18	3,27	3,33	3,37	3,40	3,43
<b>SX</b>	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14
<b>Ls</b>	<b>21,63</b>	<b>22,71</b>	<b>23,35</b>	<b>23,78</b>	<b>24,06</b>	<b>24,28</b>	<b>24,49</b>

		<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T4</b>	<b>T3</b>	<b>T6</b>	<b>T5</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>
		<b>81,25</b>	<b>77,08</b>	<b>77,08</b>	<b>70,83</b>	<b>29,17</b>	<b>18,75</b>	<b>18,75</b>	<b>16,67</b>
<b>T1</b>	<b>16,67</b>	64,58*	60,41*	60,41*	54,16*	12,5ns	2,08ns	2,08ns	0
<b>T2</b>	<b>18,75</b>	62,5*	58,33*	58,33*	52,08*	10,42ns	0ns	0	
<b>T5</b>	<b>18,75</b>	62,5*	58,33*	58,33*	52,08*	10,42ns	0		
<b>T6</b>	<b>29,17</b>	52,08*	47,91*	47,91*	41,66*	0			
<b>T3</b>	<b>70,83</b>	10,42ns	6,25ns	6,25ns	0				
<b>T4</b>	<b>77,08</b>	4,17ns	0ns	0					
<b>T8</b>	<b>77,08</b>	4,17ns	0						
<b>T7</b>	<b>81,25</b>	0							

Fuente: (Elaboración propia)

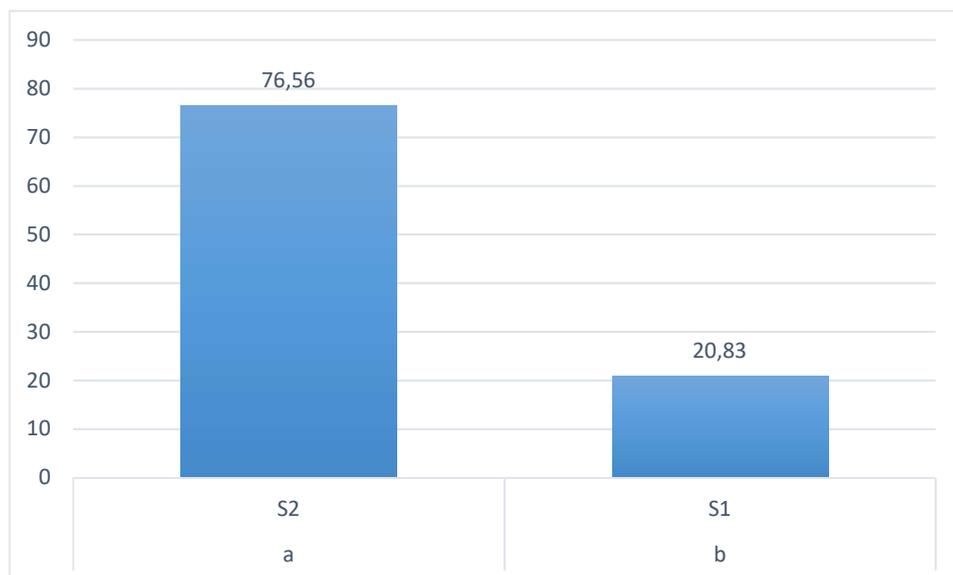
**Figura 1. PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS TRATAMIENTOS**



Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Duncan y como se demuestra en la figura 1, los tratamientos 7, 8, 4 y 3 no presentan diferencia entre ellos, constituyéndose en los tratamientos que presentaron los mejores resultados en cuanto se refiere al porcentaje de sobrevivencia de plantas.

**Figura 2. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL FACTOR SUSTRATOS**



De acuerdo a la prueba de Duncan para el factor sustrato, se establece que la aclimatación en el sustrato 2 es el más adecuado, ya que estadísticamente existen diferencias significativas en comparación al Sustrato 1.

### 3.2. ALTURA DE PLANTA EN CM. A LOS 90 DÍAS

**Cuadro 7. ALTURA EN CM DE PLANTAS**

Tratamientos	Bloques			Total	Media
	I	II	III		
<b>T1 = F1S1D1</b>	4,86	2,92	2,54	<b>10,32</b>	<b>3,44</b>
<b>T2 = F1S1D2</b>	2,96	1,80	4,24	<b>9,00</b>	<b>3,00</b>
<b>T3 = F1S2D1</b>	6,22	5,90	6,42	<b>18,54</b>	<b>6,18</b>
<b>T4 = F1S2D2</b>	6,38	5,44	6,32	<b>18,14</b>	<b>6,05</b>
<b>T5 = F2S1D1</b>	4,76	3,18	4,80	<b>12,74</b>	<b>4,25</b>
<b>T6 = F2S1D2</b>	5,80	4,96	2,24	<b>13,00</b>	<b>4,33</b>
<b>T7 = F2S2D1</b>	7,08	6,12	5,42	<b>18,62</b>	<b>6,21</b>
<b>T8 = F2S2D2</b>	6,42	6,98	6,84	<b>20,24</b>	<b>6,75</b>
<b>Total</b>	<b>44,48</b>	<b>37,30</b>	<b>38,82</b>	<b>120,60</b>	

Fuente: (Elaboración propia)

El tratamiento que estimula una mayor altura de la planta es el tratamiento T8 = F2S2D2 constituido por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm, éste presentó una media de 6,75 cm; seguido del tratamiento T7 = F2S2D1 constituido por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm con una media de 6,21 cm. Y finalmente, el tratamiento T3 = F1S2D1 constituido por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm con una media de 6,18 cm.

**Cuadro 8. TABLA DE DOBLE ENTRADA FITOHORMONA/SUSTRATO**

<b>Factor</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>F1</b>	19,32	36,68	<b>56,00</b>	<b>4,67</b>
<b>F2</b>	25,74	38,86	<b>64,60</b>	<b>5,38</b>
<b>Total</b>	<b>45,06</b>	<b>75,54</b>	<b>120,60</b>	
<b>Media</b>	<b>3,76</b>	<b>6,30</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 9. TABLA DE DOBLE ENTRADA FITOHORMONA/DOSIS**

<b>Factor</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>F1</b>	28,86	27,14	<b>56,00</b>	<b>4,67</b>
<b>F2</b>	31,36	33,24	<b>64,60</b>	<b>5,38</b>
<b>Total</b>	<b>60,22</b>	<b>60,38</b>	<b>120,60</b>	
<b>Media</b>	<b>5,02</b>	<b>5,03</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 10. TABLA DE DOBLE ENTRADA DOSIS/SUSTRATO**

<b>Factor</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>D1</b>	23,06	37,16	<b>60,22</b>	<b>5,02</b>
<b>D2</b>	22,00	38,38	<b>60,38</b>	<b>5,03</b>
<b>Total</b>	<b>45,06</b>	<b>75,54</b>	<b>120,60</b>	
<b>Media</b>	<b>3,76</b>	<b>6,30</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA EN CM**

FV	GL	SC	CM	F C	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	23	60,27				
<b>Tratamientos</b>	7	43,31	6,19	6,47**	2,77	4,28
<b>Bloques</b>	2	3,58	1,79	1,87NS	3,74	6,51
<b>Error</b>	14	13,38	0,96			
<b>Factor F</b>	1	3,08	3,08	3,22NS	4,60	8,86
<b>Factor S</b>	1	38,71	38,71	40,50**	4,60	8,86
<b>Factor D</b>	1	0,00	0,00	0,00NS	4,60	8,86
<b>Interacción F/S</b>	1	0,75	0,75	0,78NS	4,60	8,86
<b>Interacción F/D</b>	1	0,54	0,54	0,56NS	4,60	8,86
<b>Interacción S/D</b>	1	0,22	0,22	0,23NS	4,60	8,86
<b>Interacción F/S/D</b>	1	0,01	0,01	0,01NS	4,60	8,86

Fuente: (Elaboración propia)

NS= no es significativo

\* = Significativamente diferente

\*\* =Diferencia altamente significativa

De acuerdo al análisis de varianza, se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos al 5%, al 1%. Además, se puede establecer que existen diferencias altamente significativas en el factor sustrato.

Por lo tanto, se procedió a realizar la prueba de Duncan para recomendar cuál fue el mejor tratamiento y sustrato que provocaron en la planta un mayor desarrollo en cuanto a la altura.

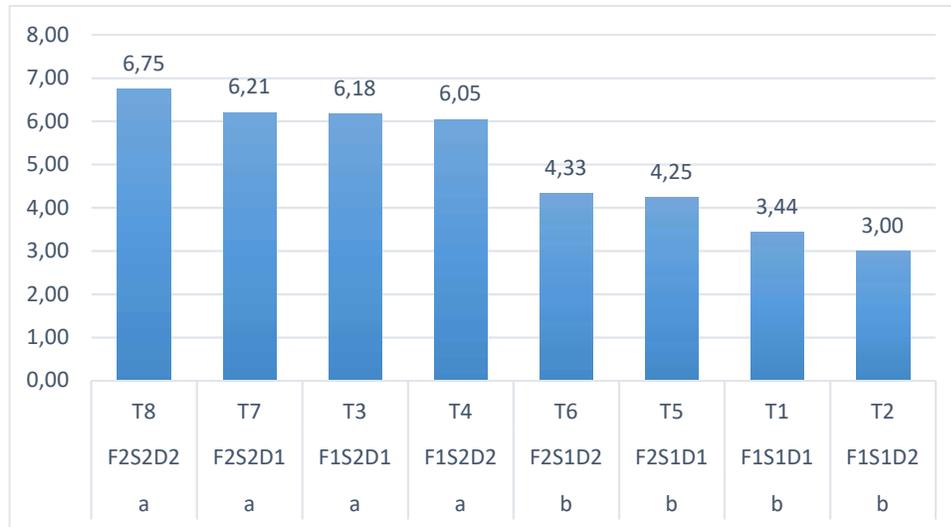
**Cuadro 12. PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS TRATAMIENTOS**

<b>Nº de X</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>q</b>	3,03	3,18	3,27	3,33	3,37	3,40	3,43
<b>SX</b>	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
<b>Ls</b>	<b>1,73</b>	<b>1,81</b>	<b>1,86</b>	<b>1,90</b>	<b>1,92</b>	<b>1,94</b>	<b>1,96</b>

		<b>T8</b>	<b>T7</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T6</b>	<b>T5</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
		<b>6,75</b>	<b>6,21</b>	<b>6,18</b>	<b>6,05</b>	<b>4,33</b>	<b>4,25</b>	<b>3,44</b>	<b>3,00</b>
<b>T2</b>	<b>3,00</b>	3,75*	3,21*	3,18*	3,05*	1,33ns	1,25ns	0,44ns	0
<b>T1</b>	<b>3,44</b>	3,31*	2,77*	2,74*	2,61*	0,89ns	0,81ns	0	
<b>T5</b>	<b>4,25</b>	2,50*	1,96*	1,93*	1,80ns	0,08ns	0		
<b>T6</b>	<b>4,33</b>	2,42*	1,88*	1,85ns	1,72ns	0			
<b>T4</b>	<b>6,05</b>	0,70ns	0,16ns	0,13ns	0				
<b>T3</b>	<b>6,18</b>	0,57ns	0,03ns	0					
<b>T7</b>	<b>6,21</b>	0,54ns	0						
<b>T8</b>	<b>6,75</b>	0							

Fuente: (Elaboración propia)

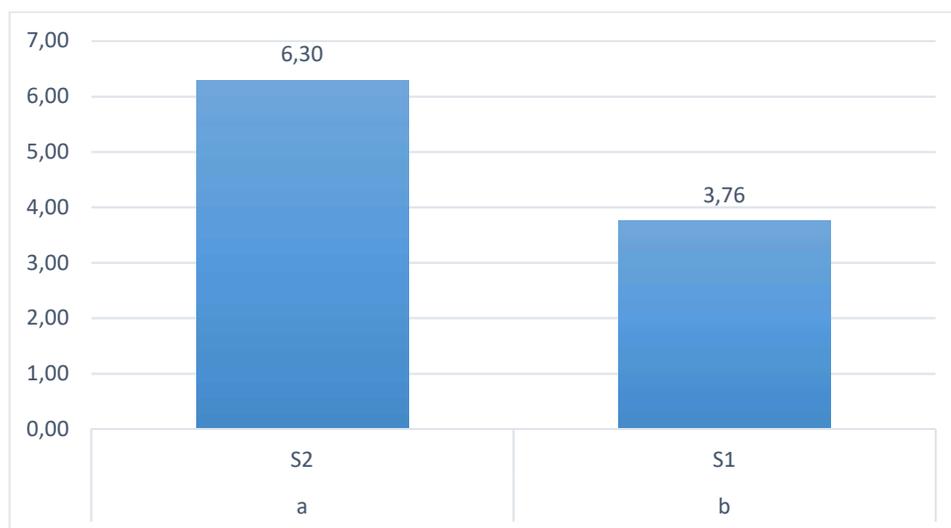
**Figura 3. PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS TRATAMIENTOS**



Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Duncan, se demuestra en la figura 3 que los tratamientos 8, 7, 3 y 4 no presentan diferencia significativa entre ellos, constituyéndose en los tratamientos que presentaron los mejores resultados en cuanto se refiere a la altura de la planta. En primer lugar se sitúa el tratamiento 8 compuesto por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm, seguido del tratamiento 7 compuesto por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm.

**Figura 4. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL FACTOR SUSTRATO**



De acuerdo a la prueba de Duncan, se puede observar que sí existen diferencias significativas en el factor sustrato, por lo cual el sustrato S1 es estadísticamente diferente al sustrato S2

### 3.3. LONGITUD DE CRECIMIENTO DE RAÍZ EN CM. A LOS 90 DÍAS

**Cuadro 13. LONGITUD DE CRECIMIENTO DE RAÍZ EN CM DE PLANTAS**

Tratamientos	Réplicas			Totales	Medias
	I	II	II		
<b>T1 = F1S1D1</b>	1,50	0,25	0,00	<b>1,75</b>	<b>0,58</b>
<b>T2 = F1S1D2</b>	0,50	0,00	0,75	<b>1,25</b>	<b>0,42</b>
<b>T3 = F1S2D1</b>	4,00	8,30	6,80	<b>19,10</b>	<b>6,37</b>
<b>T4 = F1S2D2</b>	8,35	7,30	6,05	<b>21,70</b>	<b>7,23</b>
<b>T5 = F2S1D1</b>	0,50	0,00	2,00	<b>2,50</b>	<b>0,83</b>
<b>T6 = F2S1D2</b>	2,35	0,00	0,75	<b>3,10</b>	<b>1,03</b>
<b>T7 = F2S2D1</b>	6,00	4,00	4,10	<b>14,10</b>	<b>4,70</b>
<b>T8 = F2S2D2</b>	3,75	4,60	3,00	<b>11,35</b>	<b>3,78</b>
<b>Total</b>	<b>26,95</b>	<b>24,45</b>	<b>23,45</b>	<b>74,85</b>	

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede evidenciar en el cuadro 13, el tratamiento que presenta mayor longitud de crecimiento de raíz es el tratamiento 4 constituido por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 2000ppm, éste presento una media de 7,23 cm; seguido del tratamiento 3 constituido por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm con una media de 6,37 cm; y finalmente, el tratamiento 7 constituido por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm con una media de 4,70 cm.

**Cuadro 14. TABLA DE DOBLE ENTRADA FITOHORMONA/SUSTRATO**

<b>Factor</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>F1</b>	3,00	40,80	<b>43,80</b>	<b>3,65</b>
<b>F2</b>	5,60	25,45	<b>31,05</b>	<b>2,59</b>
<b>Total</b>	<b>8,60</b>	<b>66,25</b>	<b>74,85</b>	
<b>Media</b>	<b>0,72</b>	<b>5,52</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 15. TABLA DE DOBLE ENTRADA FITOHORMONA/DOSIS**

<b>Factor</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>F1</b>	20,85	22,95	<b>43,80</b>	<b>3,65</b>
<b>F2</b>	16,60	14,45	<b>31,05</b>	<b>2,59</b>
<b>Total</b>	<b>37,45</b>	<b>37,40</b>	<b>74,85</b>	
<b>Media</b>	<b>3,12</b>	<b>3,12</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 16. TABLA DE DOBLE ENTRADA DOSIS/SUSTRATO**

<b>Factor</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>D1</b>	4,25	33,20	<b>37,45</b>	<b>3,12</b>
<b>D2</b>	4,35	33,05	<b>37,40</b>	<b>3,12</b>
<b>Total</b>	<b>8,60</b>	<b>66,25</b>	<b>74,85</b>	
<b>Media</b>	<b>0,72</b>	<b>5,52</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Cuadro 17. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ EN CM**

FV	GL	SC	CM	F C	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	23	183,80				
<b>Tratamientos</b>	7	161,17	23,02	14,77**	2,77	4,28
<b>Bloques</b>	2	0,81	0,41	0,26NS	3,74	6,51
<b>Error</b>	14	21,82	1,56			
<b>Factor(F)</b>	1	6,77	6,77	4,35NS	4,60	8,86
<b>Factor (S)</b>	1	138,48	138,48	88,85**	4,60	8,86
<b>Factor (D)</b>	1	0,00	0,00	0,00NS	4,60	8,86
<b>Interacción(F/S)</b>	1	13,43	13,43	8,61*	4,60	8,86
<b>Interacción(F/D)</b>	1	0,75	0,75	0,48NS	4,60	8,86
<b>Interacción(S/D)</b>	1	0,00	0,00	0,00NS	4,60	8,86
<b>Interacción(F/S/D)</b>	1	1,73	1,73	1,11NS	4,60	8,86

Fuente: (Elaboración propia)

NS = no es significativo

\* = Significativamente diferente

\*\* = Diferencia altamente significativa

De acuerdo al análisis de varianza, se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos al 5% y al 1%. Como también existen diferencias altamente significativas en el Factor sustrato y en la interacción fitohormona/sustrato. Por lo tanto se procedió a realizar la prueba de Duncan para recomendar cuál fue el mejor tratamiento, sustrato y fitohormona que provocaron que la planta tenga una mayor longitud de raíz en las vitroplantas.

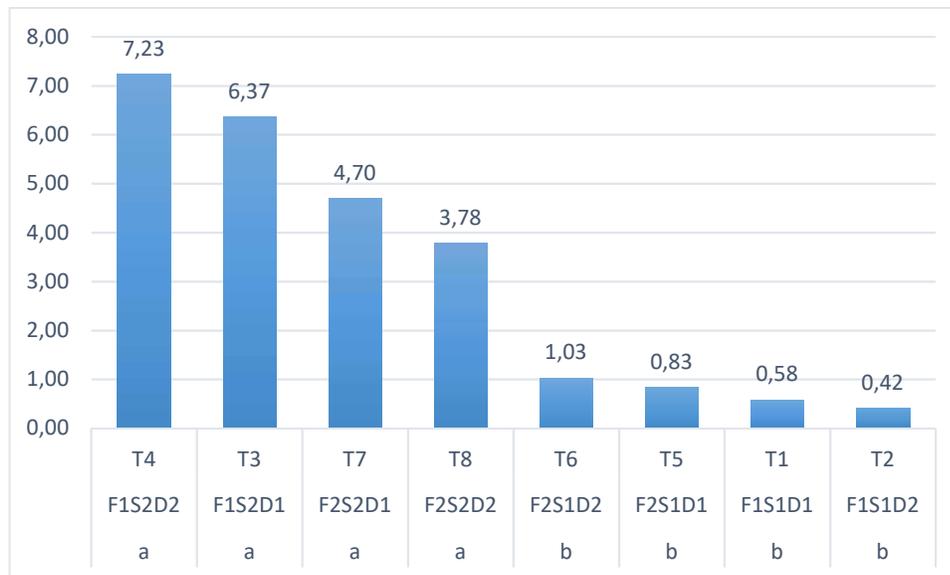
**Cuadro 18. PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS TRATAMIENTOS**

<b>N° de X</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Q</b>	3,03	3,18	3,27	3,33	3,37	3,40	3,43
<b>SX</b>	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
<b>Ls</b>	<b>2,18</b>	<b>2,29</b>	<b>2,35</b>	<b>2,40</b>	<b>2,43</b>	<b>2,45</b>	<b>2,47</b>

		<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T6</b>	<b>T5</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>
		<b>7,23</b>	<b>6,37</b>	<b>4,70</b>	<b>3,78</b>	<b>1,03</b>	<b>0,83</b>	<b>0,58</b>	<b>0,42</b>
<b>T4</b>	<b>0,42</b>	6,81*	5,95*	4,28*	3,36*	0,61ns	0,41ns	0,16ns	0
<b>T3</b>	<b>0,58</b>	6,65*	5,79*	4,12*	3,20*	0,45ns	0,25ns	0	
<b>T7</b>	<b>0,83</b>	6,40*	5,54*	3,87*	2,95*	0,20ns	0		
<b>T8</b>	<b>1,03</b>	6,20*	5,34*	3,67*	2,75*	0			
<b>T6</b>	<b>3,78</b>	3,45*	2,59*	0,92ns	0				
<b>T5</b>	<b>4,70</b>	2,53*	1,67ns	0					
<b>T1</b>	<b>6,37</b>	0,86ns	0						
<b>T2</b>	<b>7,23</b>	0							

Fuente: (Elaboración propia)

**Figura 5. PRUEBA DE DUNCAN PARA LOS TRATAMIENTOS**

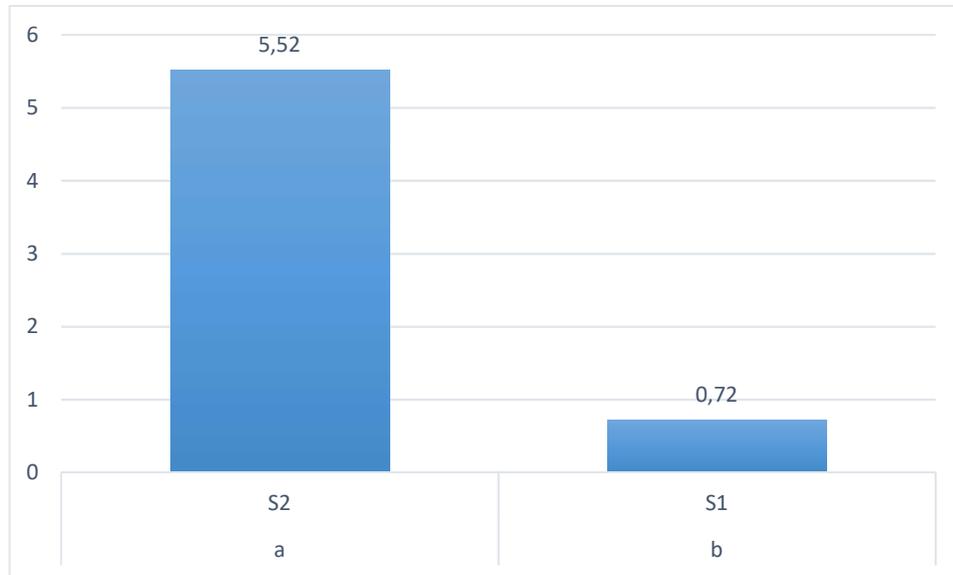


Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Duncan, y se demuestra que los tratamientos 4, 3 y 7 no presentan diferencia significativa entre ellos, constituyéndose en los tratamientos que presentaron los mejores resultados en cuanto se refiere a la longitud de crecimiento de raíz. En primer se sitúa lugar el tratamiento 4 compuesto por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm; seguidamente el tratamiento 3 compuesto por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 5000ppm.

Por otro lado, el sustrato para el enraizamiento emplea turba mezclada con perlita, este sustrato proporciona condiciones químicas y físicas adecuadas para el desarrollo de raíces. Así la aplicación de hormonas enraizantes facilita la formación de raíces, para ello se utiliza el ácido indol acético (AIA), ácido indol butírico (AIB) en concentraciones de 1000 a 4000 ppm (Rodriguez, 2012 citado por Calisaya, 2014).

**Figura 6. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL FACTOR SUSTRATO**



Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo a la prueba de Duncan, se evidencia que el sustrato S1 es estadísticamente diferente al sustrato S2.

## 4.1 CONCLUSIONES

De resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones:

El tratamiento que ofreció mejores condiciones al desarrollo y sobrevivencia en la fase de aclimatación de vitroplantas de arándano fue el tratamiento T7 = F2S2D1, constituido por la fitohormona ácido indol acético, sustrato turba con perlita y dosis 5000 ppm, el cual alcanzó un porcentaje mayor de 81,25%.

El sustrato que obtuvo mejores condiciones para el desarrollo y sobrevivencia de vitroplantas en la fase de aclimatación de arándano fue el S2 (Turba con perlita), el mismo que presenta un porcentaje mayor de 76,56 cm, en comparación al otro sustrato S1 (Materia orgánica con arena) con un porcentaje de 20,83 de sobrevivencia.

La mejor altura de planta se obtuvo con el tratamiento T8: F2S2D2, constituido por la fitohormona AIA (ácido indol acético), sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm, con una media mayor de 6,75 cm. Por tanto, provocó una mejor interacción entre los factores evaluados en la aclimatación de arándano variedad Gulf Coast, en comparación a los demás tratamientos; así, el tratamiento que obtuvo un menor rendimiento fue el T2: F1S1D2, constituido por la fitohormona AIB (ácido indol butírico), sustrato materia orgánica con arena y dosis 2000 ppm, con una media de 3,00 cm en la altura de la planta.

El tratamiento T4 = F1S2D2 tuvo un mejor efecto en la aplicación de las fitohormonas AIB y AIA para el desarrollo radicular en la fase de aclimatación de la variedad Gulf Coast, el cual está constituido por la fitohormona ácido indol butírico, sustrato turba con perlita y dosis 2000 ppm. Alcanzó una media mayor de 7,23 cm. de longitud de la raíz, en comparación a los demás tratamientos evaluados. El tratamiento que obtuvo menor rendimiento fue el T2: F1S1D2, constituido por la fitohormona ácido indol butírico, materia orgánica con arena y dosis 2000 ppm, con una media de 0,42 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la fitohormona AIB (ácido indol butírico) logró el mayor efecto en el crecimiento radicular en la fase de aclimatación de arándanos, con la aplicación de la dosis de 5000 ppm.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Con el fin de mejorar la producción de arándanos y en base a resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis, se realizan las siguientes recomendaciones:

Usar el Sustrato Turba con perlita para el desarrollo y crecimiento de las vitroplantas en la fase de aclimatación, tomando en cuenta los factores de Ph de 4.5 a 5.5. y con una conductividad eléctrica de 0,10 CE en el sustrato.

La fitohormona que se recomienda utilizar para el desarrollo radicular es la Fitohormona AIB (ácido indol butírico) con la aplicación de dosis de 5000 ppm, para obtener una mayor sostenibilidad de las plantas.

En la fase de aclimatación de las vitroplantas de arándano, se debe tomar en cuenta los factores: humedad relativa, temperatura y el riego en los primeros 15 días dentro de los microtúneles para no tener una mortandad de plantas.

Realizar previamente un análisis físico – químico del sustrato a utilizar para la aclimatación del arándano.

Utilizar el sistema de riego por nebulizadores con el objetivo de crear sus propias condiciones climáticas dentro de los microtúneles.