

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

**EFFECTO DE CUATRO FACTORES DE MANEJO BAJO  
INVERNADERO EN LA ACLIMATACIÓN DE PLANTAS  
DE ARÁNDANO (*Vaccinium ashei*),  
PROVENIENTES DE CULTIVO DE TEJIDOS**

**TESIS**

**Presentada al Honorable Consejo de la  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
De la Universidad Rafael Landívar**

**Por:**

**MANUEL ELÍAS CASTAÑEDA ROLDÁN**

**Al conferírsele el Título de:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**En el Grado Académico de:**

**LICENCIADO**

**Guatemala, Octubre de 2006**

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**



**EFECTO DE CUATRO FACTORES DE MANEJO BAJO  
INVERNADERO EN LA ACLIMATACIÓN DE PLANTAS  
DE ARÁNDANO (*Vaccinium ashei*),  
PROVENIENTES DE CULTIVO DE TEJIDOS**

**Manuel Elías Castañeda Roldán**

**Guatemala, Octubre de 2006**

## INDICE

RESUMEN	i
SUMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
II.1 Generalidades cultivo	2
II.2 Clasificación Taxonómica	3
II.3 Descripción Botánica	3
II.4 Variedades Comerciales	5
II.5 Requerimientos Climáticos	6
II.5.1 Horas Frío	6
II.5.2 Temperatura	7
II.5.3 Precipitación Pluvial	7
II.5.4 Vientos	7
II.5.5 Luz	8
II.5.6 Altitud	8
II.5.7 Humedad Relativa	8
II.6 Suelos	8
II.7 Ciclo Cultivo	9
II.8 Riego	10
II.9 Importancia del cultivo	11
II.10 Zonas potenciales en Guatemala	12
II.11 Proyecciones económicas	14
II.12 Plagas	15
II.13 Métodos de propagación	15
II.13.1 Propagación convencional	16
II.13.2 Propagación vegetativa	16
II.13.3 Vástagos	17
II.13.4 Propagación in Vitro	17
II.13.4.1 Aclimatación de plantas in Vitro	19
II.13.5 Tratamiento auxinas	19
II.14 Nutrición	20
II.15 pH del sustrato	21

II.16	Humedad	21
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
III.1	Objetivos	24
III.1.1	General	24
III.1.2	Especifico	24
III.2	Hipótesis	25
IV.	MATERIALES Y METODOS	26
IV.1	Localización del trabajo	26
IV.2	Época de trabajo	26
IV.2	Materiales	26
IV.3	Material experimental	26
IV.4	Factor a estudiar	28
IV.5	Descripción tratamientos a evaluar	28
IV.6	Análisis de la información	33
IV.7	Manejo del experimento	34
V.	RESULTADOS Y DISCUSION	36
VI.	CONCLUSIONES	58
VII.	RECOMENDACIONES	59
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60
IX.	ANEXOS	63

## RESUMEN

**Efecto de cuatro factores de manejo bajo invernadero en la aclimatación de plantas de arándano (*Vaccinium ashei*), provenientes de cultivo de tejidos.**

*Vaccinium ashei*, ha sido uno de los cultivos que se desea diversificar en Guatemala por medio de AGEXPRONT y lo que propagan ha sido investigado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). En el presente estudio se realizaron cuatro experimentos, para evaluar el efecto de igual número de factores sobre la aclimatización de plantas de arándano provenientes de cultivo de tejidos. Los experimentos consistieron en la medición de: 1.-Efecto de la aplicación de diferentes dosis de enraizador en los brotes de arándano 2.-Efecto de la aplicación de tres concentraciones de fertilizante 3.-Efecto de diferentes frecuencias de riego con diferentes láminas de riego y 4.-Efecto del pH del agua de riego. Las variables que se midieron en cada experimento fueron cuatro: a) peso de raíces, b) longitud de raíces, c) crecimiento del brote, d) porcentaje de sobrevivencia de las plantas. Los resultados obtenidos mostraron que para el experimento 1, el tratamiento 7 que correspondía a 20 % de Acido Indolacético durante 6 horas se mostró superior en todas las variables medidas, para el experimento 2, se obtuvo mejores resultados para la aplicación de concentraciones intermedias de fertilizantes es decir 1 g/L y 0.67 g/L para el experimento 3 los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de riego con una frecuencia de 2 veces por semana con laminas de 30mm y de 50 mm obtuvieron mayor porcentaje de sobrevivencia, mientras que los de aplicación con frecuencia de 1 vez por semana con laminas de 30 mm y de 50 mm obtuvieron mayor desarrollo en peso, extensión en las raíces y en la altura del brote, para el experimento 4 los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de riego con pH ajustado con un rango de 4-5.5 mostraron mejor desarrollo que el pH del agua de riego aplicado con agua del chorro ( pH 7,8 ).

## I. INTRODUCCIÓN

El arándano es una planta perteneciente a la familia Ericaceae, es un arbusto de porte erecto que llega a medir desde 0.30 a 4.5 metros de altura, tienen una vida media de 40 años y pertenecen a un grupo de especies nativas del hemisferio norte. En la actualidad existen alrededor de ocho especies diferentes, una de ellas es *Vaccinium ashei*, la que se usará en este estudio.

El arándano azul ha sido uno de los productos escogidos por los distintos comités de AGEXPRONT, quienes han evaluado las favorables alternativas de fomentar dicho cultivo en Guatemala como parte integral de un adecuado proceso de diversificación agrícola. Dicha evaluación ha contado con las firmas canadienses GEOMAR-MI INTERNACIONAL y el departamento de desarrollo internacional de la unión de productores agrícolas de Québec UPA-DI.

Dadas las actuales condiciones ecológicas y características agrícolas en Guatemala se estima técnicamente viable y económicamente rentable el establecimiento de huertos de arándano azul que busquen fomentar la diversificación actual de la oferta agrícola exportable.

En el laboratorio de biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) se han realizado algunas investigaciones que han permitido la adaptación de una metodología para propagar *in vitro* esta especie. De acuerdo con estos trabajos, la micropropagación de arándano puede iniciarse a partir de yemas axilares o de segmentos de hoja, utilizando el medio de cultivo WPM, pudiendo obtener miles de brotes en relativamente corto tiempo y espacio, sin embargo hace falta establecer las condiciones adecuadas de manejo en invernadero para la aclimatación y desarrollo de las plantas propagadas de esta forma.

Con el presente estudio se determinó el manejo más apropiado bajo invernadero para la aclimatación y desarrollo de plantas de arándano, proveniente de propagación *in vitro* por medio de experimentos que se realizaron.

## II. MARCO TEORICO

### II.1 Generalidades del cultivo

El arándano pertenece a grupo de especies nativas del hemisferio Norte que pertenecen al género *Vaccinium* de la familia Ericaceae, 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 y Urrutia, 1996). A esta familia de plantas, se le ha estimado una edad de más de 13000 años (Agexpront, 2002).

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 (roja, negra, púrpura y amarilla), grosella, mora, baby kiwi, y cranberry, entre otras. El fruto del arándano es una baya casi esférica de 7 a 15 mm de color azul claro a oscuro; que contiene pequeñas semillas y presenta un sabor agridulce muy característico ( León, 2000).

Teniendo en cuenta que los arándanos tienen un potencial de vida superior a los 20 años, se deben tomar los mayores recaudos en la elección de las plantas, la implantación y posteriores cuidados, para no afectar su futuro crecimiento y producción (Godoy, 2002).

En la industria de conservas tiene un papel cada vez más importante, en su producción de mermelada, así como ingrediente de bebidas alcohólicas y sobre todo como colorante. El fruto puede transformarse en jaleas y confituras, siendo relleno de tartas y pasteles. Como su contenido en calorías es muy bajo tiene gran importancia en las dietas, reduce el azúcar en la sangre y tiene propiedades antiinflamatorias. Cura inflamaciones bucales (dejándolos macerar y preparando un gargarismo) debido a sus propiedades desinfectantes. (Agroinformación, 2002).

## II.2 Clasificación taxonómica

El arándano es un arbusto pequeño de 0.3-4. 5 metros de altura, cuya clasificación taxonómica es:

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: *Ericaceae*

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum* (arbusto alto)

*Vaccinium angustifolium* (arbusto enano)

*Vaccinium ashei* (arbustos del tipo ojo de conejo)

Nombre común: Arándano, raspano, anavia, mirtilo, airelle, mirille, gemeiner heidelstraush, blueberry, abia, amabia, erva, escobina, mervendano. (Agroinformacion, 2002)

## II.3 Descripción Botánica

Según Agexpront (2002), el arándano presenta las siguientes características:

-Hojas: son alternas y dentadas, caducas y persistentes, con pecíolos cortos, de color blanquecinas o rosadas que aparecen en racimos, algunas hojas tienen una pelusa fina en la parte inferior.

-Raíces: Penetran unas tres pulgadas debajo de la tierra, donde desarrollan una red de raíces superficiales y retoños rastreros, dando origen a cepas rectas, cuadrangulares, muy ramificadas, cuya parte más vieja está recubierta por una fina corteza gris. Son largas, nudosas, ramosas, y emiten muchos brotes de los nudos.

-Flores: son péndulas y se abren solitarias en la axila de las hojas, tienen forma de globo o campana. El cáliz, poco marcado, tiene 4 ó 5 dientes obtusos. La corola esférica verde pálido teñido de rosa deja sobresalir el estigma.



**Figura 1: Flores de arándano. Fuente: León (2000)**

De acuerdo con Godoy (2002), las raíces de los arándanos tienen un aspecto fibroso y se distribuyen superficialmente, lo que las vuelve dependientes de una provisión constante de humedad. En condiciones naturales las raíces están asociadas con hongos micorrizas específicos, con los cuales mantienen una relación de mutuo beneficio (simbiótica).

-Frutos: Consisten en bayas redondas umbilicadas, que pasan de color verde a rojo y de rojo azul oscuro al madurar y tienen un tamaño entre 6 y 10 mm de diámetro. Es jugoso, de sabor dulce subácido y tiene un ligero olor particular.

Figura 2: Frutos del arándano, Fuente León (2000)



#### II.4 Variedades Comerciales

Existen más de 30 especies de arándanos, solo algunas de ellas se distinguen por su importancia comercial, incluso algunas de ellas únicamente tienen fines ornamentales. De las especies cultivadas, las de mayor importancia son *Vaccinium corymbosum* (arándano highbush) que representa más del 80% del total de las demás especies cultivadas, y la especie *Vaccinium ashei* (Ojo de conejo o rabbiteye), con una proporción de 14 %. El "Arándano Alto" (highbush) es la especie que primero se introdujo a cultivo. Es una planta originaria de la costa este de América del Norte y que bajo condiciones de cultivo puede alcanzar alturas de hasta 2,5 m. De ella existen más de 50 variedades mejoradas, producidas en los Estados Unidos. (León, 2000).

Es la especie que produce la fruta de mejor calidad en cuanto a tamaño y sabor, debido a que fue sometido a un largo proceso de mejoramiento genético en su país de origen. Se desarrolla bien en regiones frías, con inviernos largos (Godoy, 2002).

El período de desarrollo del fruto es corto, particularmente en relación con el "Arándano Ojo de Conejo", alcanzando hasta 90 días desde floración a la madurez de la fruta. El "Arándano Ojo de Conejo" (rabbiteye) es una especie que alcanza alturas de hasta 4 m, de domesticación más reciente que el "Arándano Alto", ya que su mejoramiento genético se inicia en 1940, nativo del sur del continente

norteamericano, ha ido ganando popularidad como especie cultivada por su tolerancia al pH de suelo más alto, mayor resistencia a la sequía, mayor producción y fruta de mejor conservación en postcosecha. El período de desarrollo del fruto puede llegar de 90 a 120 días, dependiendo de los más de 20 cultivares mejorados que se conocen de esta especie. (León, 2000). Según Godoy (2002) es considerada una especie de menor importancia económica. Se adapta a regiones más cálidas que el arándano alto, presentando mayor rusticidad: es más tolerante a la sequía y permite su cultivo en un rango más amplio de suelos.

De acuerdo con *León (2000)* la elección de variedades se realiza acorde a la cantidad de horas frío efectivas por año acumuladas y a la época de ocurrencia de heladas en la zona adonde se realizará el cultivo. La especie de "Arándano Alto" (highbush), está dividida en variedades ideales para zonas de baja y alta temperatura; mientras que la especie "Ojo de Conejo" responde mejor en zonas que registran poca cantidad de horas de frío. La cantidad de variedades de arándano es amplia, se siguen incorporando nuevas alternativas varietales para diferentes zonas de producción en conjunción con las preferencias del consumidor, vigor, rendimiento y época de cosecha. La fruta que se consigue con cada variedad es diferente en intensidad de color, sabor y tamaño que son las cualidades que conforman la calidad de esta fruta.

## **II.5 Requerimientos Climáticos**

### **II.5.1 Horas de frío**

Una hora frío efectiva consiste en una temperatura igual o menor a 7 ° C sin que se interpolen temperaturas mayores a ese nivel que contrarresten el efecto de dicha temperatura. Es importante tener en cuenta que el momento de las heladas no coincida justo con la época de floración. (León, 2000)

Según Godoy (2002) *Los "northern highbusch blueberries"*, arándanos altos norteros (en alusión a Estados del norte de los E.U.A.), entre los cuales figuran

Earliblue, Blueray, Berkeley, Bluecrop, Coville, Jersey, Elliot, Brigitta, tienen un requerimiento de 800 a 1200 horas de frío.

Los "*southern highbusch blueberries*", arándanos altos sureños, particularmente interesantes por la maduración temprana de sus frutos, se caracterizan por presentar bajos requerimientos del frío.

Las variedades con menos de 400 horas de frío son: Gulfcoast, Georgiagem, Sharpblue, Flordablue.

Las de 400 a 600 horas de frío, Cooper, O'Neal, Cape Fear, Blue Ridge.

#### II.5.2 Temperatura

El arándano requiere temperaturas que varían de 5 a 18 °C, hay unas variedades que requieren de 650 horas por debajo de 7 °C y 250 horas. Por lo general las variedades del tipo arbustivo alto requieren más horas por debajo de 7°C y las variedades tipo ojo de conejo necesitan menos. (Agexpront, 2002).

#### II.5.3 Precipitación pluvial

Los rangos de precipitación pluvial pueden oscilar de los 1000 a los 3000 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).

#### II.5.4 Vientos

Según Agexpront (2002), 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 rompevientos.

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 defecto, 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)

#### II.5.5 Luz

La luz solar es indispensable para el desarrollo de cualquier cultivo, y el arándano no es la excepción por lo que se recomienda plantarlos en áreas donde reciban la mayor cantidad de luz posible, por lo que debe evitarse la siembra en laderas orientadas hacia el oeste o hacia el norte, la luz determina en gran parte la calidad de la fruta, en cuanto a sabor y color. (Agexpront, 2002).

#### II.5.6 Altitud

El rango de altitud en Guatemala se encuentra entre los 1370 y 2750 msnm. (Agexpront, 2002).

#### II.5.7 Humedad Relativa

Requiere el 75% de humedad relativa. (Agexpront, 2002).

### II.6 Suelos

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 y Urrutia, 1996).

Según Paganini (2002), requiere suelos profundos, sueltos, ricos en materia orgánica, bien drenados, 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.

El arándano azul es muy exigente en cuanto a requerimiento de suelos, requiere de suelos ácidos, franco arenosos y franco arcillosos con alto contenido de materia orgánica, bien drenados. (Agexpront, 2002).

Según (Godoy, 2002) los arándanos, como las azaleas, prefieren suelos ácidos (pH 4-5), livianos, con abundante materia orgánica (más de 5%), bien drenados y con adecuado abastecimiento de agua durante la temporada de crecimiento.

## II.7 Ciclo del cultivo

Según la Asociación verapacense de productores de arándano el ciclo de cultivo se resume así:

1 a 2 años	Crecimiento y desarrollo
3 a 4 años	Primeras cosechas
7 años	Estabilización de la cosecha
8 a 30 años	Adulto productivo
Periodo de floración a cosecha	90 días variedades tipo highbusch 90 a 120 días variedades tipo ojo de conejo
Periodo de cosecha	De 6 a 8 semanas.

## II.8 Riego

Debido a la distribución superficial de las raíces del arándano, el suelo necesita de un nivel adecuado de humedad, proporcionado por las lluvias o mediante el riego. Los sistemas de riego localizado permiten regar muy frecuentemente, y además, ofrecen la posibilidad de realizar fertirrigación. El riego durante el primer y segundo año de la plantación es muy importante para su rendimiento futuro. Ya entrando en producción, las mayores exigencias de humedad en el año están concentradas en el período de mayor crecimiento y durante la maduración del fruto. De todas maneras, si las precipitaciones no son las más aptas, el riego debería continuarse durante el verano tardío y otoño temprano, a fin de favorecer el desarrollo de las yemas de flor, que han de fructificar en la temporada siguiente. La adición de una cobertura orgánica superficial ayuda a reducir la frecuencia de riegos, y a la vez protege las raíces jóvenes de la excesiva evaporación del agua y del incremento de temperatura durante los días calurosos. (Godoy, 2002).

Según Paganini (2002) el requerimiento de agua de esta especie, fluctúa entre los 750- 2000 mm, anuales. Por lo tanto es necesario y no se puede prescindir de la instalación de equipos de riego. Se podrá optar entre los distintos sistemas: goteo, aspersión o microaspersión. Sin lugar a dudas que el sistema más eficiente es el de goteo que además del riego, a través de las líneas de conducción permitirá la aplicación de fertilizantes solubles (fertirrigación) y otros insumos.

## II.9 Importancia del cultivo

El arándano es un cultivo de muy alta inversión inicial, y como todo frutal requiere de algunos años para recuperar dicha inversión. Recién comienza a producir al tercer año, alcanzando la condición de plantación adulta, con una producción estable, al séptimo u octavo año. En un cultivo en plena producción, bien manejado, se pueden esperar rendimientos de alrededor de 8000 kg. /ha, de los cuales alrededor del 70% cumplían con los requisitos de calidad que permiten su exportación como producto fresco (Godoy, 2002).

El análisis del mercado internacional de los arándanos, se ve dificultado por la ausencia de estadísticas oficiales y contables de algunos países, principalmente para aquellos en los que este frutal no ha alcanzado mayor desarrollo. Durante muchos años el comercio internacional de arándanos estuvo restringido al hemisferio norte, puesto que las especies que conforman el grupo a que generalmente se les denominan como arándano es originario de esas latitudes. Con la introducción de estos a Nueva Zelanda en el año 1950 y el gran desarrollo experimentado en la superficie destinada a su cultivo, este se ha expandido a otros países del hemisferio sur (Buseta y Urrutia , 1996).

Estados Unidos (EE.UU.) es el principal productor, consumidor, exportador e importador de arándanos del mundo y junto a Canadá abarcan el 90% del área productiva total, seguida de Chile, que fue el pionero del cultivo del arándano en el hemisferio sur. Los países que demandan este tipo de frutos son: Japón, Italia, Inglaterra, Bélgica y Holanda. Canadá es el principal proveedor de arándanos congelados del mundo, pero a diferencia de EE.UU., la producción canadiense es mayoritariamente de tipo silvestre. Chile y Argentina ofertan en estado fresco a los principales mercados ubicados en el hemisferio norte (EE.UU., Canadá y algunos países europeos), cuando éstos se encuentran en su estación invernal y no pueden abastecerse con su producción local. (Infoagro, 2002).

El cuadro 1 muestra los componentes principales de este fruto:

**Cuadro 1. Valor nutritivo de arándano azul por cada libra de fruta fresca.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>
Calorías	310 g.
Proteínas	209 g.
Grasas	2.1 g.
Carbohidratos	63.8 g.
Calcio	63 mg.
Fósforo	54 mg.
Hierro	3.6 mg.
Vitamina A	421 UI
Vitamina B	58 mg.

**Fuente: Mcgininis Berry Crops, 1999**

El arándano es un cultivo de producción extensiva, por lo que se considera que en un medio rural guatemalteco se podría obtener un impacto importante debido particularmente a que la mayoría de las fincas tienen superficies menores a 3.49 hectáreas y requieren de cultivos que les permitan aumentar su productividad. (Agexpront, 2002).

## **II.10 Zonas potenciales en Guatemala**

Actualmente no existe una masiva producción nacional de arándano, sin embargo por las condiciones agro climáticas privilegiadas en Guatemala, existe un enorme potencial agronómico para la producción de este cultivo, sobre todo en aquellas áreas productoras ubicadas en los 1370 y 2750 msnm, donde sería posible producir arándano de alta calidad de acuerdo a los requerimientos del mercado internacional en cuanto a tamaño, sabor, color, etc.

En el cuadro 2 se indicará las zonas del país con mayor potencial para la producción de arándano, teniendo en cuenta los factores agro ecológicos, la productividad de las plantas y las exigencias desde el punto logístico para la exportación.

**Cuadro 2. Zonas potenciales para producción de arándano**

<b>Departamentos</b>	<b>Productores involucrados</b>	<b>Área destinada (Ha)</b>	<b>Volumen producción TM</b>
Alta Verapaz	200	100	1000
Totonicapán	50	25	250
Quetzaltenango	100	50	500
Solola	60	30	300
Chimaltenango	200	100	1000
Sacatepequez	200	100	1000
Quiche	50	25	250
Guatemala	60	30	300
<b>Totales</b>	<b>920</b>	<b>460</b>	<b>4600</b>

Fuente: MAGA (1999)

De acuerdo con cifras oficiales, del total de tierras agrícolas en los departamentos seleccionados 62,500 ha tienen potencial para la producción de frutales. De ese total, es posible que solo 0.74% de los productores de las distintas zonas tengan interés o la capacidad de gestión para dedicarse a la producción de arándano. De ser así, ya sería un éxito pues la oferta exportable nacional se incrementaría en aproximadamente 4600 TM de fruta. (Agexpront, 2002).

## II.11 Proyecciones económicas con la implementación del cultivo de Arándano

Según la Asociación Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales (Agexpront, 2002).El arándano es un cultivo de producción extensiva, se podría obtener un impacto importante en el medio rural guatemalteco, particularmente porque la mayoría de las fincas tienen superficies menores a 3.49 hectáreas y requieren de cultivos que les permitan aumentar su productividad. A continuación se describen los principales impactos que se esperarían:

- Se incorporarían 920 nuevas fincas a la producción de arándanos, con lo que se diversificaría la agricultura tradicional y por ende los productores podrían asegurar ingresos provenientes de diversas fuentes.
- Se crearían aproximadamente 1479 nuevos empleos en el medio rural y por ende se mejoraría la situación del ingreso familiar en el campo
- Se mejoraría el nivel técnico de los productores y trabajadores del campo gracias a la implantación de programas de asistencia técnica y de capacitación, así como la introducción de criterios de conservación, manejo de recursos de la finca e incluso de reciclaje de productos vegetales en compostaje.
- Se abastecería al mercado estadounidense y Canadiense, principalmente cuando los oferentes de Chile y Argentina, se encuentren en estado invernal y no puedan abastecer con su producción invernal (Agroinformación, 2002).

**Cuadro 3. Impacto socioeconómico del cultivo de Arándano en Guatemala**

Departamentos	Área	Jornales	Empleos	Ingresos generado/jornales	Ingreso bruto	Ingresos netos
Alta Verapaz	100	90000	322	2250	105456	56031.8
Totonicapán	25	22500	80	565.5	26364	14007.95
Quetzaltenango	50	45000	161	1125	52728	28015.9
Sololá	30	27000	96	675	31636.8	16809.54
Chimaltenango	100	90000	322	2250	105456	56031.8
Sacatepequez	100	90000	322	2250	105456	56031.8
Quiche	25	22500	80	562.5	26364	14007.95
Guatemala	30	27000	96	675	31636.8	16809.54
<b>Totales</b>	<b>460</b>	<b>414000</b>	<b>1479</b>	<b>10350</b>	<b>485097.6</b>	<b>257746.28</b>

Fuente: (Agexpront, 2002)

## II.12 Plagas

Las principales plagas que atacan en este cultivo son: Pulgones, Gusano de la hoja, Gusano Minador y Trips.

## II.13 Métodos de Propagación

La propagación de plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios tanto sexuales como asexuales. Para propagar las plantas con éxito es necesario conocer las manipulaciones mecánicas y procedimientos técnicos, cuyo dominio requiere de cierta práctica y experiencia. Otro aspecto a tomar en cuenta en la propagación es el conocimiento que se debe de tener de la estructura y forma de desarrollo de la planta, lo cual constituye la ciencia de la propagación; también es necesario conocer las distintas especies o clases de plantas y los métodos con los cuales es posible propagarlas. La propagación de plantas de arándano puede conseguirse por semillas, por hijuelos, mediante el enraizamiento de estacas o

utilizándose la técnica de micropropagación, o propagación *in vitro*. La propagación por semilla se realiza generalmente con fines de investigación y/o desarrollo de nuevas variedades. La propagación por estacas (aparentemente sencilla) conlleva algunas desventajas: bajo rendimiento en el enraizamiento y propagación de enfermedades indeseables para el cultivo. La micropropagación *in vitro* tiene la ventaja adicional de propagar material libre de enfermedades debido a la total asepsia con la que se trabaja. (Hartmann y Kester, 1987).

#### *II.13.1 Propagación convencional*

La propagación por semilla es el método empleado en la investigación de nuevas variedades (Agroinformación, 2002).

Las semillas toman entre 3-4 semanas para germinar. En algunos casos se les da un tratamiento químico o calor para acelerar la germinación. Puede propagarse sembrando la semilla en semilleros o cajones, sobre un sustrato compuesto de dos partes de turba y una de arena. Al año siguiente se pasan las plántulas a bolsas donde permanecerán allí durante 6 u 8 meses. El suelo para los semilleros debe ser suelto para que pueda formarse y desarrollarse en cada planta un amplio y fuerte sistema radical. Las semillas deben ser procedentes de frutos de plantas madres seleccionadas. Los frutos deben estar bien maduros y presentar las características deseables como un alto rendimiento, tamaño del fruto, color, cicatrización, firmeza, sabor, resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Agexpront, 2002).

#### *II.13.2 Propagación vegetativa*

Es una forma de propagación comercial bastante utilizada. Por este método se aprovecha que las plantas del arándano tienden a extenderse, emitiendo numerosos retoños, brotes del pie y de las raíces, a partir de los cuales se obtienen brotes semileñosos. Se recomienda que para establecer la primera plantación se compren plantas bien seleccionadas y preferiblemente que tengan 2

años de edad, se preparan estacas de entre 5 y 6 cms. de largo. Luego de esta plantación se podrá sacar material vegetativo o estacas para las futuras plantaciones (Agexpront, 2002).

### *II.13.3 Vástagos*

El mejor sistema para propagar arándanos de tipos Rabbiteye y Southern Highbush es el uso de vástagos de madera tierna. Los vástagos de madera tierna se pueden propagar en cualquier momento durante la época de pleno crecimiento, sin embargo se realiza con más éxito cuando se cortan los vástagos en la primavera inmediatamente después del detenimiento del nuevo crecimiento. Esta madera nueva debe ser pulposa para obtener mejor resultado. Los vástagos de plantas que están sufriendo de sequía no se desarrollan muy bien. Los vástagos deben ser aproximadamente de 15- 30 cm de largo y un diámetro de 50 mm en diámetro en la base del vástago. La última hoja debe ser desplegada, por lo menos medio madura. Al cortar los vástagos se deben poner en agua o en un costal mojado, luego deben ser transportados a un lugar sombreado. Se obtienen mejores resultados cuando se quitan todas las hojas excepto las tres hojas terminales. Los vástagos cortados deben tener unos 10 a 15 cm de largo y puestos inmediatamente en agua. Luego de esta plantación se podrá sacar material vegetativo (vástagos) para las futuras plantaciones (Agexpront, 2002).

### *II.13.4 Propagación in Vitro*

La micropropagación es la técnica de mayor éxito y la más empleada, de manera distinta según la especie y la variedad. Su principal ventaja es que el material vegetal está libre de enfermedades aunque su inconveniente es su elevado costo (Agroinformación, 2002).

Los arándanos son una de las pocas especies frutales en que la propagación *in vitro* puede realizarse exitosamente. El cultivo consiste en sembrar los explantes

en un medio nutritivo compuesto de macroelementos y micro elementos, vitaminas y reguladores de crecimiento, de micro estacas bajo condiciones de total asepsia. Este material prolifera a partir de la yema axilar debido a la presencia de una citoquinina, formando brotes múltiples. Estos brotes se elongan si son incubados bajo una radiación de  $4-10 \text{ uE/M}^{-2}/\text{s}^{-1}$  y a una temperatura de 25 grados centígrados. Bajo estas condiciones alcanzan una longitud de hasta 4 cm en un periodo de 2-3 meses. La tasa de multiplicación es dependiente de la especie y variedad, lo mismo que la habilidad para crecer *in vitro*. El medio de cultivo depende de la especie que se propague, una vez obtenidos los brotes *in vitro* ellos son sometidos a enraizamiento *in vitro*, siguiendo aproximadamente el mismo procedimiento utilizado para las estacas con hojas. El material una vez enraizado se siembra en bolsas plásticas y se cultivan en la misma forma que estacas convencionales por un periodo de 1 – 2 años. (Agexpront, 2002).

Según Vásquez, 1995, citado por Aguirre 2003, comenta que las técnicas de producción de plantas en el laboratorio han avanzado a tal punto que ahora es posible conseguir réplicas idénticas de plantas madres en cualquier época del año y en solo la mitad del tiempo que normalmente tomaría con el uso de semillas botánicas. En el laboratorio se debe dar seguimiento general a las plantas ya establecidas *in vitro*, para luego aplicar los procedimientos adecuados para permitir que la planta sea transferida con éxito del medio estéril, al invernadero. Las pequeñas plántulas producidas bajo techo requieren menos espacio para desarrollarse y se conservan libres de patógenos en su etapa inicial siempre y cuando se tengan los cuidados apropiados en la etapa de invernadero (aclimatación) antes de ser sembradas en campo.

En Guatemala, el laboratorio de biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), adaptó exitosamente una metodología para propagar arándano *in vitro*, mediante el cultivo de yemas axilares o de segmentos de hojas. En el primero de los casos utilizando la citoquinina 2-isopenteniladenina (2ip) en una concentración de 15 mg / L y en el segundo caso la concentración utilizada fue de

3 mg / L en un medio de cultivo WPM. De esta forma pueden propagarse miles de plantas, sin embargo, en la aclimatación de plantas bajo invernadero, la sobrevivencia fue de 5% cuando se utilizó un sustrato de tierra, arena y broza en relación 1: 1: 1. La sobrevivencia aumentó a 50% al utilizar peat moss ácido (pH 4.0) como sustrato y colocar ácido indolbutirico (AIB) 1% en polvo en la base de las estacas. (Molina, 2004.)<sup>1</sup>

#### II.13.4.1 Aclimatación de plantas propagadas *in vitro*

Usualmente se usan brotes simples pero en algunas especies puede ser mejor enraizar grupos de brotes, insertándolos en el sustrato para dividirlos luego cuando ya estén formadas las raíces. Esto puede minimizar el estrés debido al trasplante. Dependiendo de la especie, 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 especiales en las plantas leñosas en las cuales, el engrosamiento secundario es importante para el correcto desarrollo. Además, 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).

#### II.13.5 Tratamientos con auxinas

Los brotes de muchas especies enraízan más rápidamente si se exponen a auxinas antes de colocarse en el sustrato, pero al igual que el enraizamiento *In vitro*, este tratamiento no asegura la formación de buenas raíces. De hecho, los brotes de algunas especies, incluyendo al arándano, pueden ser enraizadas insertándolas en el sustrato sin ningún tratamiento posterior. En la mayoría de plantas, el remojar la base de los brotes en soluciones de auxinas o en mezclas de auxinas/ talco, antes del trasplante, incrementa de manera espectacular la proporción que forma las raíces y sobrevive a la aclimatación (George, 1996).

1. Entrevista personal L. Molina

## II.14 Nutrición

Es común incorporar sales nutrientes al sustrato de enraizamiento o humedecerlo con una solución nutritiva diluida como Hoagland y Snyder (1933) o por medio de las sales MS (Murashige y Skoog), (George, 1996).

**Cuadro 4. Componentes de las soluciones nutritivas “Hoagland & Snyder (1933) “y Murashige & Skoog, (1962), Expresados en mg/l**

Componentes	H&S	Mg/l
<b>Macronutrientes</b>		
KNO <sub>3</sub>	505.5	1900
Ca( NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -4H <sub>2</sub> O	1180.8	-
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	493.0	370
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136.1	17
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	1650
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	-	44
<b>Micronutrientes</b>		
MnCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.389	22.3
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.056	8.6
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.611	6.2
KI	0.028	0.83
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.056	0.025
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0.03	-
CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.046	0.025
AlCl <sub>3</sub>	0.066	-
NCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.05	-
Ferric tartrate	0.5	-
NaMoO <sub>4</sub> ·2H <sub>3</sub> O	-	0.25
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	-	27.85
Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	-	37.25

<b>Vitaminas</b>		
Inositol	-	100
Thiamine HCl	-	0.1
Nicotinic acid	-	0.5
Pyridoxine HCl	-	0.5
<b>Aminoácidos</b>		
Glicerina	-	2

### II.15 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, influenciando 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 (George, 1996).

### II.16 Humedad

Los brotes recién transplantados deben mantenerse en un ambiente de alta humedad. Esto puede lograrse cubriéndolas con alguna tela plástica transparente. Para mantener la humedad, los brotes probablemente necesiten ser regados de 2 a 3 veces al día, comenzando inmediatamente después del trasplante. De acuerdo con el desarrollo radicular, la frecuencia puede reducirse a un riego en días alternos (George, 1996)

### III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### III.1 Definición del problema

Guatemala soporta mucho de su economía en producción de caña de azúcar, banano, y café. Los precios de estos productos dependen del mercado internacional y cuando caen afectan en gran medida la economía nacional como recién sucedió con la crisis del café. La Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, está impulsando un proyecto de diversificación agrícola en el cual contempla la promoción de cultivos como arándano, persimon, guayaba tailandesa, carambola dulce, jocote marañón, pitaya, cactáceas ornamentales y otros. Para ello ha generado manuales de cultivo y además brinda asistencia a productores interesados en estas opciones de diversificación.

En el caso específico del arándano, el impulso para producirlo se ve limitado por la baja tasa de propagación que se obtiene por métodos convencionales y la poca disponibilidad de plantas madre. Además, el elevado costo de las plantas importadas no favorece el interés de los agricultores. Una opción para obtener grandes cantidades de plantas a un costo menor que las plantas importadas es la propagación clonal *in vitro*. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ha desarrollado una metodología para propagar arándano a través de este método; sin embargo, el proceso de aclimatación bajo condiciones de invernadero, debe adaptarse a las condiciones locales y a los recursos disponibles, por lo que este trabajo intentará responder a esta necesidad.

La adaptación y establecimiento de una metodología de aclimatación de plantas de arándano, propagadas *in vitro*, permitirá aumentar la disponibilidad de plantas y con ello incentivar su producción. Esto a su vez contribuirá a incrementar el ingreso de divisas por exportaciones y disminuir la dependencia económica que se tiene con los cultivos tradicionales de exportación.

La diversificación contribuye a mejorar el nivel de vida de muchos pequeños agricultores que basan su subsistencia en la agricultura. Además permite un mayor aprovechamiento de las áreas con suelos ácidos en tierras altas de clima frío que no son adecuados para otros cultivos pero sí lo son para el arándano. Puede servir como cobertura vegetal pues es un arbusto leñoso semi-perenne con lo cual también se contribuye a disminuir la deforestación, al tiempo que se generan nuevas fuentes de empleo y mejores alternativas de producción. La ventaja del arándano es que posee un mercado establecido lo cual asegura un retorno al capital que se ha invertido, más rápido para el productor que lo está implementando.

### III.1 OBJETIVOS

#### III.1.1. General:

- Generar información que permita desarrollar un proceso eficiente de aclimatación y desarrollo de plantas de arándano provenientes de cultivo de tejidos.

#### III.1.2. Específicos:

- Determinar el efecto de nueve dosis de ácido indolacético en el enraizamiento de brotes de arándano, provenientes de propagación *in Vitro*.
- Determinar el efecto de cuatro concentraciones de fertilizante soluble sobre el desarrollo de plántulas de arándano bajo invernadero.
- Determinar el efecto de dos láminas y dos frecuencias de riego sobre el desarrollo de plántulas de arándano bajo condiciones de invernadero.
- Determinar el efecto en la aplicación en riegos ajustados a cuatro niveles de pH, en el agua sobre el desarrollo de plántulas de arándano bajo condiciones de invernadero.

### III.2 HIPOTESIS

Hipótesis alternativa:

- Las dosis de ácido indolacético no presentan efecto significativo en el enraizamiento de brotes de arándano.
- Las concentraciones de fertilizante no presentan efecto significativo en la aclimatación de plantas de arándano.
- Las láminas de agua y frecuencias de riego no presentan efectos significativos en la aclimatación de plantas de arándano
- El pH del agua de riego no presenta efecto significativo en la aclimatación de plantas de arándano.

Hipótesis Nula:

- Las dosis de ácido indolacético presentan efecto significativo en el enraizamiento de brotes de arándano.
- Las concentraciones de fertilizante presentan efecto significativo en la aclimatación de plantas de arándano.
- Las láminas de agua y frecuencias de riego presentan efectos significativos en la aclimatación de plantas de arándano
- El pH del agua de riego presenta efecto significativo en la aclimatación de plantas de arándano.

## IV MATERIALES Y METODOS

### IV.1 Localización del trabajo

El estudio se realizo en el laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ubicado en el Kilómetro 21.5 carretera al pacifico.

#### IV.1.2 Época de trabajo

El presente se empezó a montar en febrero del 2004 y se concluyo en febrero 2005.

### IV.2 Materiales

Los principales materiales y equipo utilizados en el experimento fueron los siguientes:

Cámara de flujo laminar, potenciómetro, sistema de aire acondicionado, autoclave, refrigeradora, estereoscopio, magentas, erlenmeyers, beackers, pipetas, tubos de cultivo, cajas petri, mecheros, bandejas de duopor, regadera, jeringas.

### IV.3 Material experimental

- Propagación de plantas

Se utilizaron 100 plantas conservadas *in vitro*, en el laboratorio de biotecnología del ICTA, las cuales se propagaron mediante subcultivos en un medio WPM (Woody Plant Médium), (Ver cuadro 5), suplementando con 3 g/ L, de 2ip, 30 g/ L de sacarosa y 7 g / L de agar incubados a 25 °C y 16 horas luz, hasta obtener el número de brotes necesario, para realizar los experimentos en invernadero.

Cuadro 5. Componentes del medio WPM, (Lloyd y McCown ,1981) expresados en mg/l. Fuente: (George, 1996).

Componentes	Cantidad
<b>Macronutrientes</b>	<b>mg/l</b>
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	400
Ca( NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -4H <sub>2</sub> O	556
CaCl <sub>2</sub> -2H <sub>2</sub> O	96
MgSO <sub>2</sub> -7H <sub>2</sub> O	370
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170
<b>Micronutrientes</b>	
MnSO <sub>4</sub> -4H <sub>2</sub> O	29.43
ZnSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	8.6
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6.2
CuSO <sub>4</sub> -5H <sub>2</sub> O	0.250
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O	0.250
FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	27.8
Na <sub>2</sub> EDTA-2H <sub>2</sub> O	37.3
<b>Vitaminas</b>	
Inositol	100
Thiamine HCl	1.0
Nicotinic acid	0.5
Aminoacidos	
<b>Glicerina</b>	2.0

#### IV.4 Factor a estudiar

Concentración de enraizadores

Concentración de fertilizantes

Lamina de agua y frecuencia de riego

pH del agua de riego.

#### IV.5 Descripción de los tratamientos a evaluar

Se realizaron 4 experimentos por separado, los cuales se describen a continuación:

**Experimento 1:** *Efecto de la concentración de enraizadores*

##### Procedimiento

Se prepararon nueve diluciones de ácido indolacético, nombre comercial –Raizal-, a concentraciones de 20%, 40%, 60% y se dejaron sumergidos los brotes durante 2, 4 y 6 horas. Hubo un testigo que no tuvo aplicación de enraizador.

Tratamiento 1	20% en 2 horas
Tratamiento 2	40% en 2 horas
Tratamiento 3	60% en 2horas
Tratamiento 4	20% en 4 horas
Tratamiento 5	40% en 4 horas
Tratamiento 6	60% en 4 horas
Tratamiento 7	20% en 6 horas

Tratamiento 8	40% en 6 horas
Tratamiento 9	60% en 6 horas
Tratamiento 10	Solo agua

Luego se procedió a sembrarlos en bandejas conteniendo peat moss ácido.

La unidad experimental consistió de 10 brotes proveniente de cultivos de tejidos y cada tratamiento tuvo 3 repeticiones haciendo un total de 10 tratamientos, para este experimento se utilizaron 300 brotes. Y el diseño experimental fue completamente al azar, cuyo modelo se muestra en la sección IV. 6.

Cada brote fue medido antes de ser transplantado con una regla graduada en centímetros.

Las siguientes variables respuestas fueron medidas a los 4 meses después del transplante.

- Supervivencia de plantas (expresado en porcentaje)
- Peso de raíces.
- Longitud de raíces
- Altura de las plantas

Los demás factores fueron uniformes para todas las plantas:

- Fertilización 1 vez por semana con la fórmula 15-30-15, soluble y diluido en 1 gramo en 1000 ml de agua.
- Riego 3 veces al día con láminas de 30mm durante los primeros 20 días, luego riego 1 vez por semana con agua del chorro y lamina de 30mm.

**Experimento 2:**      *Efecto de concentración del fertilizante*

Se prepararon las siguientes concentraciones de 15-30-15 de fertilizante soluble (peso / volumen):

Tratamiento 1	1 gramo de fertilizante en 500 ml de agua
Tratamiento 2	1 gramo de fertilizante en 1000 ml de agua
Tratamiento 3	1 gramo de fertilizante en 1500 ml de agua
Tratamiento 4	1 gramo de fertilizante en 2000 ml de agua
Tratamiento 5	Agua sin fertilizante

La unidad experimental consistió de 10 brotes proveniente de cultivos de tejidos y cada uno de los cinco tratamientos tuvo 3 repeticiones haciendo un total de 150 plantas. El diseño experimental se hizo completamente al azar, cuyo modelo se muestra es la sección IV. 6

Cada brote fue medido antes de ser transplantado con una regla graduada en centímetros.

La frecuencia de fertilización fue de 1 vez por semana por medio del riego.

Después de 4 meses se registraron las siguientes variables respuesta

- Altura de la planta
- Peso de la raíz.
- Longitud de raíces
- Porcentaje de sobrevivencia

Los demás factores fueron uniformes para todas las plantas:

- Aplicación enraizador raizal rotex al contacto directo con la planta.
- Riego 1 vez por semana con agua del chorro y lámina de 30 mm.

**Experimento 3:** *Efecto de la lámina de agua y la frecuencia de riego*

Los niveles de láminas y frecuencias evaluadas fueron: Lámina de agua 30 y 50mm de agua y frecuencia 1,2, veces al día.

Calculo Lámina de agua

$$3.1416 \times r^2 \times h =$$

$$r = 1.5$$

$$h = 1 \text{ Cm}$$

$$3.1416 \times 1.5^2 \times 1 = 7.06 = 7 \text{ Cm}^3 = 70 \text{ ml/cc}$$

Los tratamientos evaluados consistieron en la combinación de cada uno de los niveles descritos:

Tratamiento 1: Riego 1 vez por semana con una lámina de 30ml.

Tratamiento 2: Riego 2 veces por semana con una lámina de 30 ml.

Tratamiento 3: Riego 1 vez por semana una lámina de 50 ml.

Tratamiento 4: Riego 2 veces por semana con una lámina de 50 ml.

La unidad experimental consistió en 10 plantas y se hicieron 3 repeticiones haciendo un total de 120 plantas. Cada brote fue medido antes de ser

transplantado con una regla graduada en centímetros. El diseño experimental se hizo completamente al azar, cuyo modelo se muestra en la sección IV. 6.

Las variables respuestas a medir luego de 4 meses después del transplante fueron:

- Altura de la planta
- Peso de la raíz.
- Longitud de la raíz
- Porcentaje de sobrevivencia.

Los demás factores fueron uniformes para todas las plantas:

- Fertilización 1 vez por semana con la fórmula 15-30-15, soluble y diluido 1 gramo en 1000 mL de agua.
- Aplicación enraizador raizal rotex al contacto directo con la planta.

**Experimento 4:** *Efecto del pH del agua de riego*

Se utilizo agua para riego, con pH de 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, ajustada con ácido clorhídrico (HCl) y medida con potenciómetro. Como tratamiento testigo se aplico agua directa de la tubería para riego, la cual tenía un pH de 7,8.

Tratamiento 1	pH 4
Tratamiento 2	pH 4.5
Tratamiento 3	pH 5
Tratamiento 4	pH 5.5
Tratamiento 5	Testigo

La unidad experimental consistió de 10 plantas con 3 repeticiones, haciendo un total de 150 plantas. Cada brote fue medido antes de ser trasplantado con una regla graduada en centímetros. El experimento tuvo un diseño completamente al azar, cuyo modelo se muestra en la sección IV. 6

Las variables respuestas a medir luego de 4 meses después del transplante fueron:

- Altura de la planta
- Peso de la raíz.
- Longitud de la raíz
- Porcentaje de sobrevivencia.

Los demás factores fueron uniformes para todas las plantas:

- Fertilización 1 vez por semana con la fórmula 15-30-15, soluble y diluido 1 gramo con 1000 ml de agua.
- Aplicación enraizador raizal rotex al contacto directo con la planta

#### **IV.6 Análisis de la información**

Todos los experimentos tuvieron un diseño completamente al azar, cuyo modelo es el siguiente

$$Y_i = M + T_i + E$$

Donde:

$Y_i$  = Variable respuesta

$M$  = Efecto de la media general

Ti = Efecto de el i-esímo tratamiento

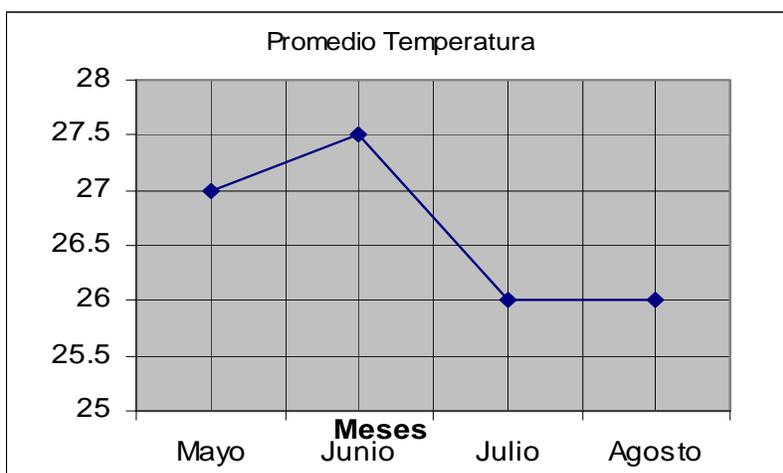
E = Error experimental asociado al i-esímo tratamiento

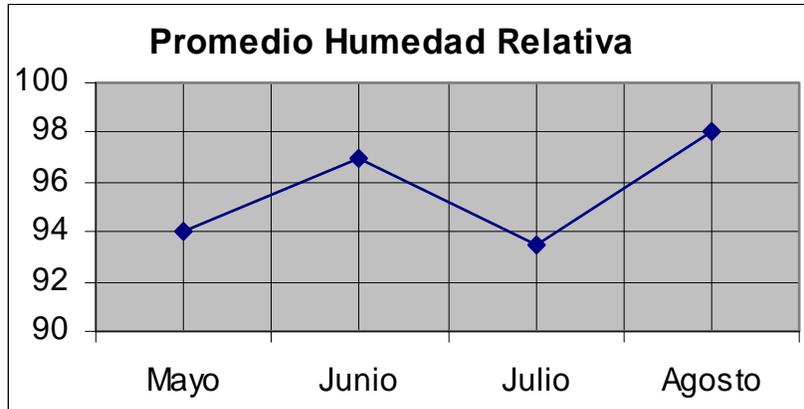
Debido a que los datos registrados no presentaron normalidad ni pudieron ajustarse mediante transformaciones, se utilizó un análisis de estadística no paramétrica, mediante la prueba de Kruskal Wallis, para diferenciar la significancia entre tratamientos. ( ver anexos )

#### IV.7 Manejo de experimento

En la grafica 1, se mostraran los promedios de humedad relativa y temperatura, calculados por medio del hidrotérmografo, durante los meses en donde se realizaron los experimentos dentro del invernadero, datos que sirvieron para observar las condiciones ambientales y de Humedad en la que se desarrollaba la investigación.

A los 15 días después de sembrar el material en las bandejas, se les colocó nylon para que se retuviera más humedad, la cual es un requerimiento del cultivo.





**Grafica 1. Promedios de Humedad Relativa y Temperatura**

La grafica anterior muestra los promedios de humedad relativa y temperaturas en las que se desarrollaron los experimentos realizados.

En los anexos del 17 al 20 se puede observar el control de actividades realizadas las cuales reflejan el manejo que se le aplico a cada experimento.

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento 1: *Efecto de la concentración de enraizadores*

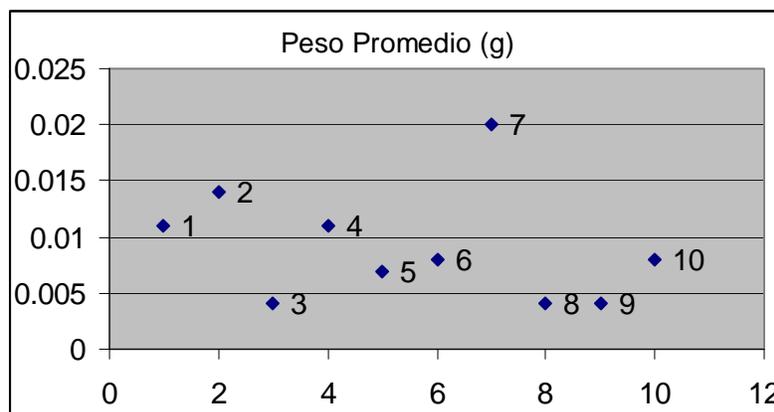
- Peso de raíces: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentan en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Peso radicular promedio por tratamiento, medido a los 141 días después del trasplante**

**Experimento 1, Efecto de la dosis de enraizador**

Tratamiento	Dosis del enraizador	n	Peso Promedio (g)
7	20% en 6 horas	3	0.02
2	40% en 2 horas	3	0.014
1	20% en 2 horas	3	0.011
4	20% en 4 horas	3	0.011
6	60% en 4 horas	3	0.008
10	agua	3	0.008
5	40 % en 4 horas	3	0.007
3	60% en 2 horas	3	0.004
8	40% en 6 horas	3	0.004
9	60 % en 6 horas	3	0.004

**Grafica 2. Peso de la raíz, Experimento 1**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallys realizada a los datos obtenidos (anexo 1) se determino que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, se observa que los tratamientos con las dosis mas bajas son los que muestran mejor resultado en cuanto al peso de la raíz. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Rojas (1962), quien menciona según investigaciones que una característica de las auxinas es el que a concentraciones bajas estimulen el metabolismo y desarrollo, puesto que promueven el alargamiento de las células y su división, mientras que a concentraciones altas lo depriman, la razón posiblemente se deba a que se atrofian varios procesos metabólicos, que resultan en el estancamiento del crecimiento y división celular.

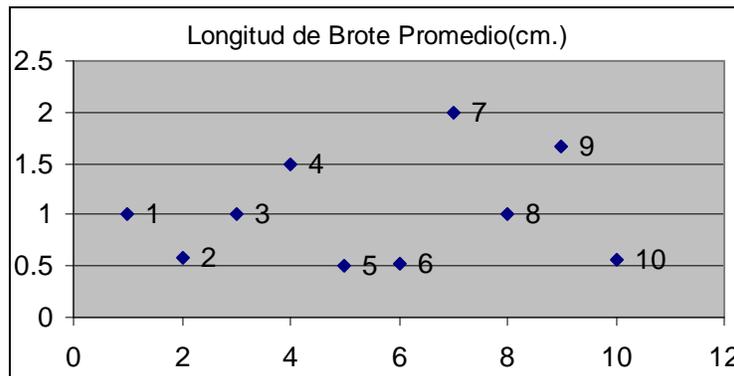
- Longitud de raíces: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Longitud radicular promedio por tratamiento, medida a los 141 días después del trasplante**

**Experimento 1, Efecto de la dosis de enraizador**

Tratamiento	Dosis del enraizador	n	Longitud de Brote Promedio(cm.)
7	20 % en 6 horas	3	2
9	60 % en 6 horas	3	1.67
4	20 % en 4 horas	3	1.5
1	20 % en 2 horas	3	1
8	40 % en 6 horas	3	1
3	60 % en 2 horas	3	1
2	40 % en 2 horas	3	0.58
10	agua	3	0.57
6	60 % en 4 horas	3	0.53
5	40 % en 4 horas	3	0.5

**Grafica 3. Longitud de la Raíz, Experimento 1**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 2) se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Según los resultados obtenidos, con las diferentes concentraciones de auxina, pareciera que se obtuvieron raíces gruesas, cortas, poco ramificadas o en algunos casos un sistema radical compuesto de una raíz principal sin ninguna ramificación, lo cual concuerda con las observaciones de George (1996).

Según los resultados mostrados, los tratamientos 7, 9 y 4 desarrollaron las longitudes promedio mayores, sin embargo, al relacionar su longitud con el peso (variable anterior) se puede notar que el tratamiento 9 tiene el menor peso de todos los tratamientos, lo cual nos indica que a pesar de su longitud, el grosor debió ser menor, por el contrario, los tratamientos 7 y 4 además de mostrar longitudes altas también mostraron mayor peso de raíz, lo que nos indica un mayor grosor.

Estos resultados concuerdan con Rojas G. (1993), en el sentido de que las auxinas actúan tanto, promoviendo la división celular como el alargamiento o elongación. De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, parece que las dosis altas de ácido indolacético promueven la elongación celular

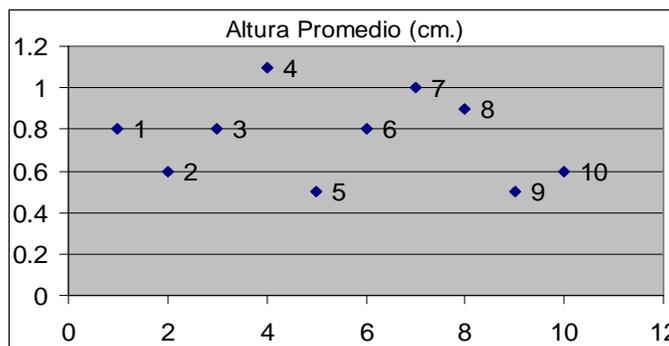
sin formación creciente de masa, mientras que las dosis bajas estimulan el desarrollo tanto en la elongación celular como en la formación de masa.

- **Altura plantas:** Los resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Altura promedio de las plantas por tratamiento, medida a los 141 días después del trasplante**  
**Experimento 1, Efecto de la dosis de enraizador.**

Tratamiento	Dosis del enraizador	n	Altura Promedio (cm.)
4	20 % en 4 horas	11	1.1
7	20 % en 6 horas	10	1
8	40 % en 6 horas	7	0.9
1	20 % en 2 horas	8	0.8
3	60 % en 2 horas	12	0.8
6	60 % en 4 horas	4	0.8
10	Agua	3	0.6
2	40 % en 2 horas	7	0.6
5	40 % en 4 horas	7	0.5
9	60 % en 6 horas	13	0.5

**Grafica 4. Altura de la Planta, Experimento 1**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 3) se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Los resultados para esta variable reflejan que las concentraciones más bajas, son las que presentan mejor desarrollo en la altura de la planta, al igual que las variables de peso y longitud radical. Esto puede ser debido a que las raíces mejor desarrolladas en peso y longitud efectúan su función de absorber agua y minerales en forma más eficiente. También puede observarse que aunque la longitud de la raíz haya sido alta, como se observó anteriormente para el tratamiento 9, esto no garantiza un adecuado funcionamiento, si el aumento de longitud no va acompañado de la formación de masa y por lo tanto, aumento de peso. Otra razón podría ser la formación de pelos radicales, pero este aspecto no se midió en el presente trabajo.

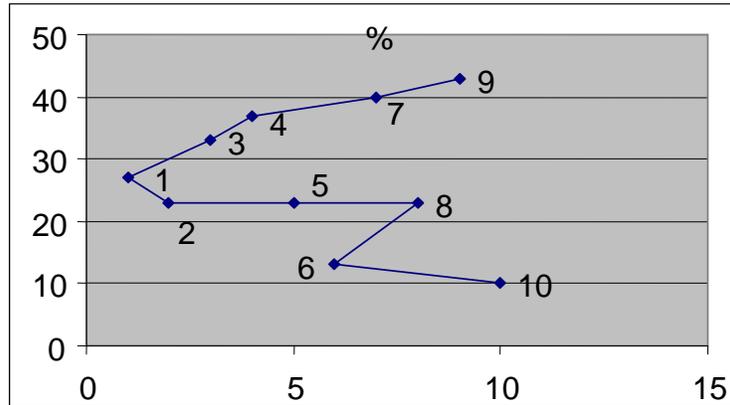
- Sobrevivencia de plantas: los resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaron en el siguiente cuadro.

**Cuadro 9: Porcentaje de sobrevivencia, medida a los 141 días después del trasplante**  
**Experimento 1, Efecto de la dosis de enraizador**

Tratamiento	Dosis del enraizador	n	%
9	60 % en 6 horas	13	43
7	20 % en 6 horas	12	40
4	20 % en 4 horas	11	37
3	60 % en 2 horas	10	33
1	20 % en 2 horas	8	27
2	40 % en 2 horas	7	23
5	40 % en 4 horas	7	23
8	40 % en 6 horas	7	23
6	60 % en 6 horas	4	13
10	Agua	3	10

Grafica 5.

Porcentaje de Supervivencia



En la grafica anterior se observa un porcentaje de supervivencia muy bajo, ya que el promedio total es de 27%, esto se debió probablemente, a que el riego aplicado durante los primeros 20 días después del trasplante fue muy frecuente, 3 veces al día, razón que pudo haber provocado la muerte de muchos brotes, causada, por la marchitez, provocada por la humedad excesiva de agua en el suelo, la cual evita que exista cierta cantidad de aire en el suelo. De aquí que la inundación excesiva, que satura de agua los poros del suelo expulsando aire de ellos, inhibe el desarrollo adecuado de las plantas y puede hasta provocar la muerte de ellas, produciendo marchitez permanente (I. Hansen 1985). Según Paganini (2002), el encharcamiento es un enemigo mortal del arándano

Se observa también en los resultados obtenidos, que el tratamiento 10 que corresponde a la aplicación de agua solamente, es el que presenta menor supervivencia en comparación con los tratamientos que contienen concentraciones de ácido indolacético. Mientras que el tratamiento 9 es el que presenta mayor porcentaje de supervivencia, a pesar de no presentar un alto desarrollo en cuanto a formación de masa y de altura, pero presentan buen desarrollo de longitud radical que probablemente provocan un mayor porcentaje de supervivencia que las demás, por la extensión de las raíces que permiten poder abastecerse de mas nutrientes que se encuentran en la parte subterránea y con ello lograr disminuir la perdida de brotes.

**Experimento 2:** *Efecto de concentración del fertilizante*

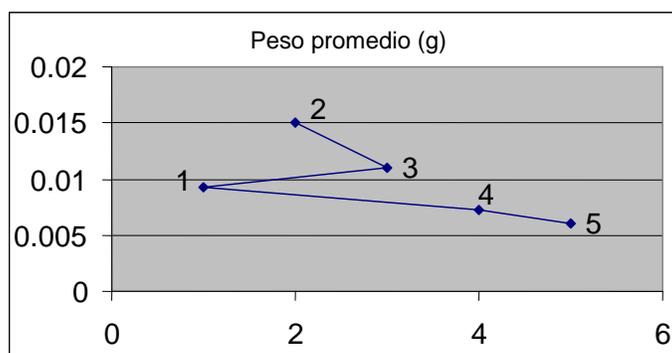
- Peso de raíces: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Peso radicular por tratamiento.**

**Experimento 2.Efecto de concentración del fertilizante**

Tratamiento	Dosis fertilizante	N	Peso promedio (g)
2	1 g/L	3	0.015
3	0.67g/L	3	0.011
1	2g/L	3	0.0093
4	0.50g/L	3	0.0073
5	Testigo ( agua )	3	0.006

**Grafica 6. Peso de la Raíz, Experimento 2**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 4) se determino que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Al parecer los requerimientos más apropiados de fertilización para los brotes de arándano en la presente variable, bajo las condiciones en que se establecieron, son las concentraciones intermedias que presentaban los tratamientos 2 (1g/L) y tratamiento 3 (0.67g/L) además se observa que los tratamientos que se les aplicó

fertilizante tienen mejores resultados que el tratamiento testigo (5), al cual se le aplicó agua solamente. Estos resultados concuerdan con los de Páez y Agostini (2002), donde menciona que la no aplicación de fertilizante no estimula un mejor desarrollo, mientras que la aplicación excesiva (tratamiento 4), disminuye el rendimiento. La razón según la asociación californiana de fertilizantes (1995), se debe a que al fertilizar se suministran los nutrientes que faltan en el suelo para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas en crecimiento, y de acuerdo con Williamson Lyrene (1994) los arándanos sufren al aplicar fertilizaciones excesivas y al no aplicarlas no cubren las necesidades nutricionales para un adecuado desarrollo del cultivo.

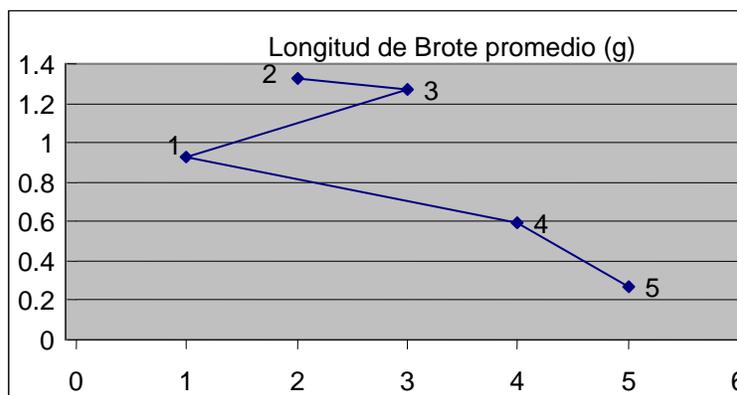
- Longitud de raíces: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 11.

**Cuadro 11. Longitud radicular promedio por tratamiento.**

Experimento 2.Efecto de concentración del fertilizante

Tratamiento	Dosis fertilizante	N	Peso promedio (g)
2	1 g/L	3	1.33
3	0.67g/L	3	1.27
1	2g/L	3	0.93
4	0.50g/L	3	0.59
5	Testigo ( agua )	3	0.27

**Grafica 7. Longitud de la Raíz**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 5) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Tal y como se observa en la variable peso radicular, los tratamientos que presentan mejores resultados son los que se les aplicó las formulaciones intermedias, es decir tratamientos 2 (1g/L) y tratamiento 3 (0.67g/L), al igual los tratamientos que presentaron menor desarrollo corresponden al tratamiento 5 (testigo) y tratamiento 4 (0.5g/L). Lo que nos indican los resultados obtenidos, pudiese ser que las raíces de los tratamientos con las concentraciones intermedias tienen raíces largas y gruesas, mientras que las raíces del tratamiento testigo, así como el tratamiento 4, no presentaron buen desarrollo y pudiese ser que las raíces de estos fueran delgadas y finas.

- **Altura plantas:** los resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentarán en el cuadro 12.

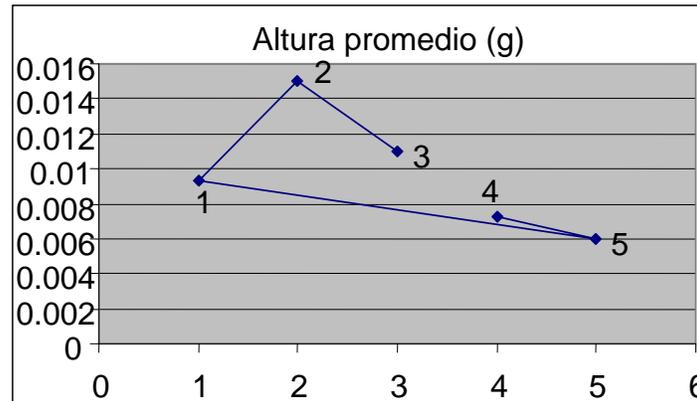
**Cuadro 12. Altura promedio de las plantas, por tratamiento.**

Experimento 2.Efecto de concentración del fertilizante

Tratamiento	Dosis fertilizante	N	Peso promedio ( g)
3	0.67g/L	3	0.011
2	1 g/L	3	0.015
1	2g/L	3	0.0093
5	Testigo ( agua )	3	0.006
4	0.50g/L	3	0.0073

Grafica 8.

Altura de la Planta



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 6) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Nuevamente los tratamientos que presentan mejores resultados son los que se les aplico las formulaciones intermedias, es decir tratamientos 2 (1g/L) y tratamiento 3 (0.67g/L), esto se da también para longitud radical y altura. Se observo que el tratamiento testigo (agua) junto con el de mayor fertilización (0.5g/L) fueron los que presentaron menor desarrollo de altura, pareciera que la no aplicación de fertilizante no estimula un mejor desarrollo, mientras que la aplicación de fertilizante excesiva lo disminuye, esto concuerda con Páez y Agostini (2002).

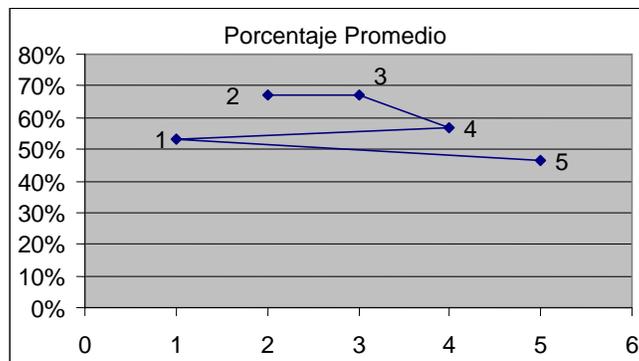
Toda planta requiere ciertos niveles nutricionales para un mejor desarrollo, las cantidades requeridas son diferentes para cada cultivo, para el arándano en la presente investigación, se observó que los niveles óptimos para un mejor desarrollo correspondían al suministro de las concentraciones intermedias, ya que en todas las variables realizadas se observó un mejor desarrollo de estas, lo cual pareciera indicar que las raíces para los tratamientos 2 y 3 son gruesas y largas además de presentar buena absorción de agua y minerales al presentar buen desarrollo de altura.

- Sobrevivencia de plantas: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Porcentaje de sobrevivencia, expresadas en %., Experimento 2, Efecto de la dosis de fertilizante

Tratamiento	Dosis fertilizante	N	Porcentaje Promedio
2	1 g/L	20	67%
3	0.67g/L	20	67%
4	0.50g/L	17	57%
1	2g/L	16	53.30%
5	Testigo ( agua )	14	46.60%

Grafica 9. Porcentaje de Sobrevivencia



Los tratamientos que presentan mejores resultados son a los que se les aplicaron las formulaciones intermedias, es decir tratamiento 2 (1 g/L) y tratamiento 3 (0.67g/L) al igual que para las variables peso, longitud radical, y altura de brote. Esto da a entender, que al lograr buena absorción de nutrientes por medio de las raíces y una adecuada transpiración en las hojas, lograron un equilibrio en su estructura y por ello un mayor porcentaje de sobrevivencia.

Se observa que los tratamientos a los que se les aplicó fertilizante tienen mejores resultados que el tratamiento testigo (5), al cual se le aplicó agua solamente, lo cual posiblemente se deba a que al fertilizar se suministran los nutrientes que faltan en el suelo para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas

(Asociación californiana de fertilizantes, 1995) y al no aplicar fertilización quizás algunos brotes no hayan podido satisfacer las necesidades requeridas para un adecuado desarrollo.

**Experimento 3:** *Efecto de la lámina de agua y la frecuencia de riego*

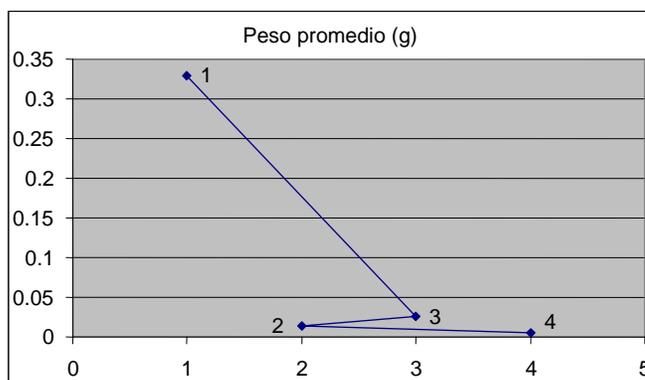
- **Peso de raíces:** Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 14.

**Cuadro 14. Peso radicular promedio por tratamiento.**

Experimento 3. Efecto de la lámina de agua y la frecuencia de riego

Tratamiento	Frecuencia Riego y Lámina agua	N	Peso promedio (g)
1	1 vez por semana/30ml	3	0.33
3	1 vez por semana/50ml	3	0.026
2	2 veces por semana/30ml	3	0.013
4	2 veces por semana/50ml	3	0.006

**Grafica 10. Peso de la Raíz, Experimento 3**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 7) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Los tratamientos que presentan mayor desarrollo en cuanto a peso radicular fueron los tratamientos cuyas frecuencias de riego se aplicaron 1 vez por semana con láminas de 30 ml (tratamiento 1) y 50 ml (tratamiento 3). Esto se debe según G. López 1979, a que el suelo se va secando en las zonas superiores, y el cultivo obtiene el agua que necesita de las zonas más profundas, por medio de las raíces que al proporcionárseles menor cantidad de agua, tengan que buscarla expandiéndose subterráneamente, y por ende tiendan a desarrollarse más por el esfuerzo y estrés, provocando así expansión también en su sistema radicular, y formación de masa, que a diferencia de los tratamientos que se les abastece con más agua, tienden a relajarse al no ser presionadas las raíces no tienen que salir a buscar el agua subterránea y no logran expandirse ni desarrollarse de tal forma como las anteriores.

- Longitud de raíces: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentan en el cuadro 15.

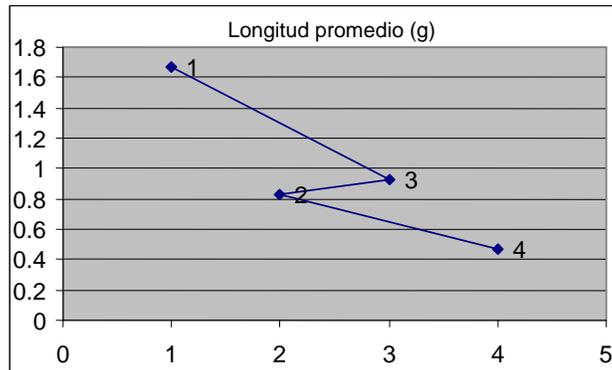
**Cuadro 15. Longitud radicular promedio por tratamiento.**

Experimento 3. Efecto de la lámina de agua y la frecuencia de riego

Tratamiento	Frecuencia Riego y Lámina agua	N	Peso promedio (g)
1	1 vez por semana/30ml	3	1.67
3	1 vez por semana/50ml	3	0.93
2	2 veces por semana/30ml	3	0.83
4	2 veces por semana/50ml	3	0.47

Grafica 11.

Longitud de la Raíz, Experimento 3



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallys realizada a los datos obtenidos (anexo 8) se determino que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Al igual que el peso radicular los tratamientos que presentan un mejor desarrollo fueron los tratamientos cuyas frecuencias de riego se aplicaron 1 vez por semana con láminas de 30 ml (tratamiento 1) y 50 ml (tratamiento 3). La razón pudiese ser la misma que se mencionó en la variable anterior, en la cual según G. López 1979 menciona que se deba el desarrollo tanto en longitud como en formación de masa, que provoca la expansión de las raíces por debajo de la tierra, al verse obligadas a buscar el agua que se encuentra en las partes profundas del suelo, por la cantidad de agua aplicada. Lo cual indica que los tratamientos 1 y 3 tienen raíces gruesas y largas, mientras que los tratamientos con frecuencia de riego de 2 veces por semana con láminas de 30 ml y 50 ml, presentan raíces con menor desarrollo tanto de masa como de longitud.

- Altura plantas: Los resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 16

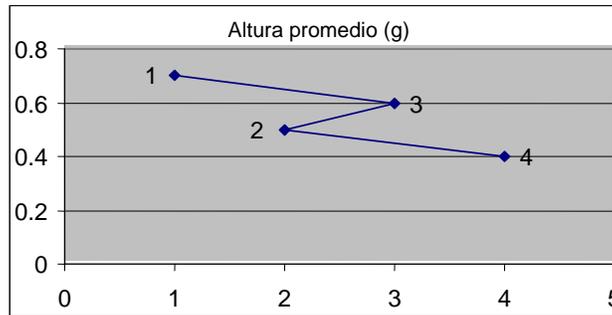
**Cuadro 16:** Altura promedio de las plantas, por tratamiento.

Experimento 3. Efecto de la lámina de agua y la frecuencia de riego.

Tratamiento	Frecuencia Riego y Lámina agua	N	Peso promedio (g)
1	1 vez por semana/30ml	3	0.7
3	1 vez por semana/50ml	3	0.6
2	2 veces por semana/30ml	3	0.5
4	2 veces por semana/50ml	3	0.4

Grafica 12.

Altura de la Raíz



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 9) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Al igual que el peso radicular, y longitud radicular, los tratamientos que presentan un mejor desarrollo fueron los tratamientos cuyas frecuencias de riego se aplicaron 1 vez por semana con láminas de 30 ml (tratamiento 1) y 50 ml (tratamiento 3), conforme a los resultados pareciera que las raíces de los tratamientos mencionados son funcionales al mostrar buen desarrollo de altura, al igual que buen desarrollo de masa de la raíz y de longitud de la misma,

Los resultados obtenidos tanto en la presente variable, como en las anteriores (peso de la raíz y longitud de la raíz) parecen indicar que la humedad necesaria, para este cultivo bajo las condiciones aplicadas, está dada por una lámina de agua

efectiva para todas las variables investigadas, y una frecuencia de riego aplicada en un lapso apropiado, (López, 1979) que causan un buen desarrollo tanto a nivel de masa de la raíz como a nivel de longitud de la raíz, y de desarrollo de altura.

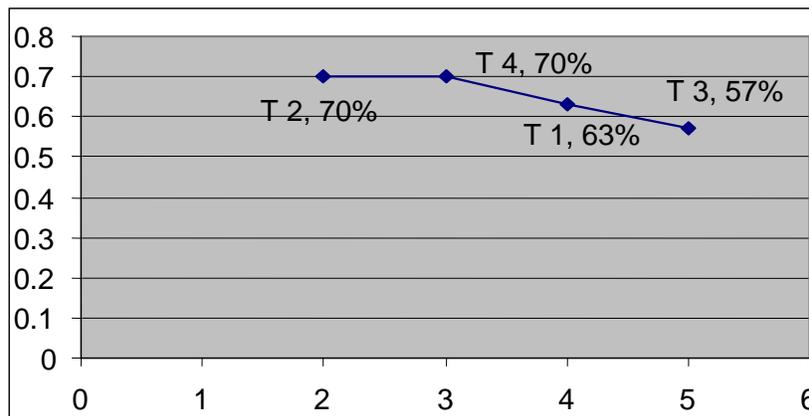
- **Sobrevivencia de plantas:** Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentan en el cuadro 17.

**Cuadro 17. Porcentaje de sobrevivencia, expresadas en %.**

Experimento 3. Efecto de la lámina de agua y la frecuencia de riego

Tratamiento	Frecuencia y Lámina de riego	No de brotes	%
Tratamiento 2	2 veces por semana/30ml	21	70%
Tratamiento 4	2 veces por semana/50ml	21	70%
Tratamiento 1	1 vez por semana/30ml	19	63%
Tratamiento 3	1 vez por semana/50ml	17	57%

**Grafica 13. Porcentaje de Sobrevivencia, Experimento 3**



A diferencia de las variables peso radicular, longitud de brote y altura, la presente variable presenta mayor desarrollo en los tratamientos cuya frecuencia de riego se aplico 2 veces por semana con una lámina de 30 ml

(Tratamiento 2) y 50 ml (tratamiento 4). La causa según López ( 1979), podría ser por los requerimientos en el riego de la planta, la cual se abastece con la humedad

aplicada con una frecuencia de 2 riegos por semana y que a pesar de no lograr un buen desarrollo radical y de altura como se muestran en las anteriores variables, logran sobrevivir más, a diferencia de las plantas que se les proporciona menor cantidad de agua, es posible que al tener mayor cantidad de agua, las plantas logran cubrir sus requerimientos de riego y por ello logran una buena transpiración de las hojas que provoca un mayor porcentaje de sobrevivencia que las demás, las cuales al aplicarles menor cantidad de agua, se esfuerzan más en buscar el agua en las partes subterráneas, lo que provoca mayor desarrollo en cuanto a longitud de la raíz, peso de la raíz y altura de la planta, pero esto provoca asfixia en algunos brotes al no encontrar el agua subterránea antes de que se mueran por falta de oxígeno.

**Experimento 4: Efecto del pH del agua de riego**

- **Peso de raíces:** Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 18.

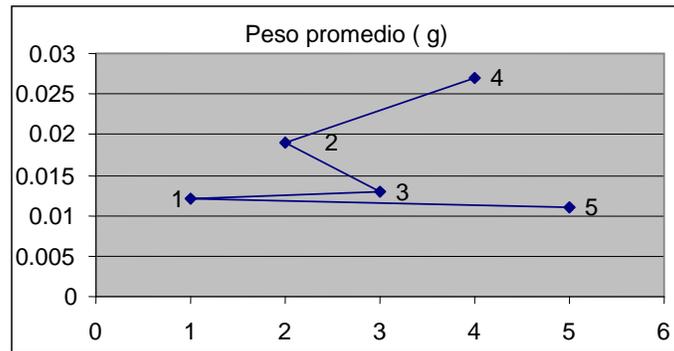
**Cuadro 18. Peso radicular promedio por tratamiento.**

Experimento 4. Efecto del pH del agua de riego

Tratamiento	Ph de riego	N	Peso promedio ( g)
4	5.5	3	0.027
2	4.5	3	0.019
3	5	3	0.013
1	4	3	0.012
5	Testigo (agua )	3	0.011

Grafica 14.

Peso de la Raíz, Experimento 4



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 10) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Los tratamientos que obtuvieron mejores resultados fueron los que correspondían a la aplicación en el riego con pH de 5.5 y 4.5, mientras que el tratamiento 5 (testigo) cuya aplicación de riego consistía en aplicar agua del chorro, con un pH 7,8 fue el que mostró menor desarrollo. Es posible que la causa de los resultados obtenidos haya sido porque según Willianson y Lyrene ( 1994 ), el requerimiento apto en los suelos de arándanos sea de un pH de 4.2 a 5.5, que se mantienen acidificando el agua de acuerdo con Alejandro León (2000). El arándano es un cultivo que requiere un suelo ácido para un mejor desarrollo, conteniendo este suelo mayores concentraciones de iones de hidrógeno que de iones de hidroxilo, es por ello que la relación del suelo con el pH de riego, es importante para mantener al cultivo con las condiciones más apropiadas para un mejor funcionamiento y lograr así un mejor efecto del cultivo en la disponibilidad de nutrientes, y sobre el efecto directo sobre las células de la raíz ( Asociación californiana de fertilizantes, 1995 ).

- Longitud de raíces: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentaran en el cuadro 19.

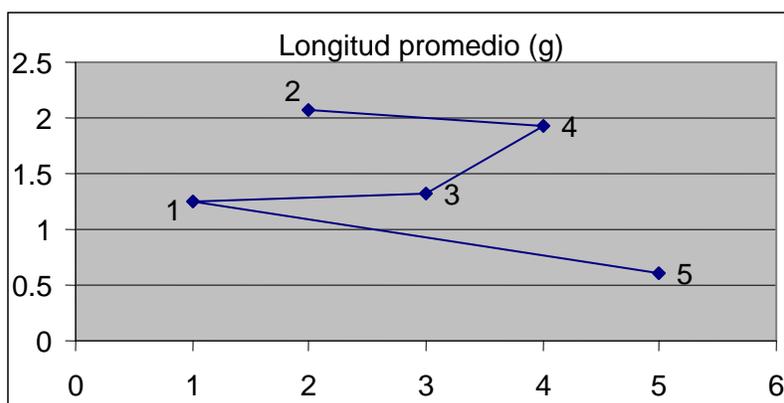
**Cuadro 19. Longitud radicular promedio por tratamiento.**

Experimento 4. Efecto del pH del agua de riego.

Tratamiento	pH de riego	N	Peso promedio ( g)
2	4.5	3	2.08
4	5.5	3	1.92
3	5	3	1.33
1	4	3	1.25
5	Testigo (agua )	3	0.6

**Grafica 15**

**Longitud de la Raíz, Experimento 4**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis realizada a los datos obtenidos (anexo 11) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

Al igual que peso radicular los tratamientos que obtuvieron mejores resultados fueron los que correspondían a los de pH de 5.5 y 4.5, mientras que el tratamiento 5 (testigo) cuya aplicación de riego se trataba de agua del chorro con un pH de 7,8, fue el que mostró menor desarrollo, pudiese ser tal y como se menciona en la variable anterior, de peso de la raíz, que los requerimientos aptos para este cultivo, sean ajustando al pH de riego a concentraciones acidas que se

recomienda según Willianson y Lyrene ( 1994 ), que sean de 4.2 a 5.5, mientras que el agua de chorro presenta un pH de 7,8.

De acuerdo a los resultados mostrados, pareciera ser que los tratamientos 2 y 4 que corresponden a pH de 4,5 y 5,5, desarrollan un buen sistema radicular tanto en la formación de masa, como en su extensión, por lo que se observo que estos tratamientos cuentan con raíces largas y gruesas, a diferencia del tratamiento 5 (testigo) que muestra un desarrollo bajo tanto en peso de la raíz, como en longitud de la misma, por lo que se observa que cuenta con un sistema radical delgado y fino.

- Altura plantas: Los resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentan en el cuadro 20.

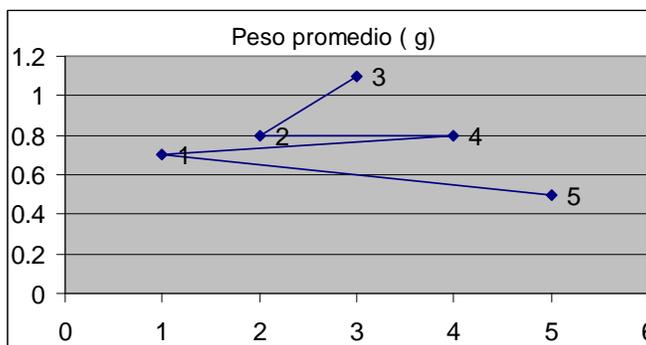
**Cuadro 20. Altura promedio de las plantas, por tratamiento.**

Experimento 4. Efecto del pH del agua de riego

Tratamiento	pH de riego	N	Peso promedio ( g)
3	5	3	1.1
2	4.5	3	0.8
4	5.5	3	0.8
1	4	3	0.7
5	Testigo (agua )	3	0.5

**Grafica 16**

**Altura de la Raíz, Experimento 4**



De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallys realizada a los datos obtenidos (anexo 12) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos evaluados.

A diferencia de peso de la raíz y longitud radical, el presente experimento muestra al tratamiento 3 con un pH de 5, con el mejor desarrollo en cuanto a altura, mientras que los tratamientos que habían mostrado mayor desarrollo en las otras variables, se ubican en segundo plano de desarrollo, con muy poca diferencia al tratamiento 3. Esto pueda deberse a que las raíces absorben agua y minerales en forma más eficiente en el tratamiento 3, que en los otros tratamientos, que presentan también buena funcionalidad en la absorción de agua y minerales, a excepción del tratamiento 5 (testigo), que refleja un bajo desarrollo de altura, al igual que se observa en las anteriores variables, un bajo desarrollo, lo cual indica que el efecto de absorber agua y minerales para este tratamiento es baja y de poca funcionalidad.

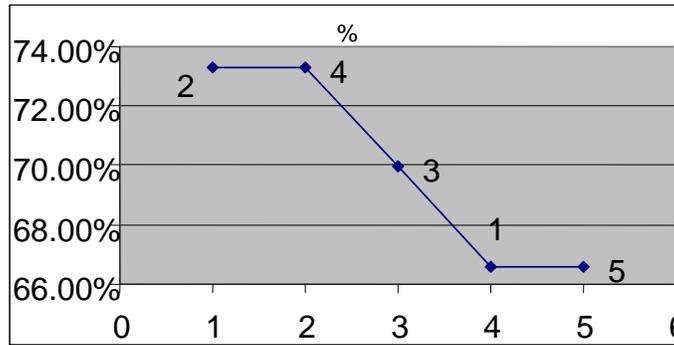
- Sobrevivencia de plantas: Los Resultados obtenidos para esta variable respuesta, se presentan en el cuadro 21.

**Cuadro 21. Porcentaje de sobrevivencia de las plantas.**

Experimento 4. Efecto del pH del agua de riego

Tratamiento	No de brotes	%
Tratamiento 2	22	73.3%
Tratamiento 4	22	73.30%
Tratamiento 3	21	70%
Tratamiento 1	20	66.6%
Tratamiento 5	20	66.6%

Grafica 17. Porcentaje de Supervivencia, Experimento 4



Al igual que las anteriores variables para este experimento, longitud de la raíz, peso de la raíz y altura de brote, los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de supervivencia, fueron cuya aplicación de riego correspondían a pH 4.5 y 5.5, esto da a entender, al igual que el experimento 2, que al lograr buena absorción de nutrientes por medio de las raíces y una adecuada transpiración en las hojas, lograron un equilibrio en su estructura y por ello un mayor porcentaje de supervivencia. El arándano es una planta que se adapta mejor a niveles bajos de pH, con valores óptimos para la absorción y funcionamiento radicular, por medio de la acidificación de las soluciones, mediante la aplicación de ácidos minerales, liberando el hierro del suelo que está insolubilizado dejándolo disponible para las raíces, adicionando un ácido, o cualquier sustancia capaz de aportar iones hidrógeno (H<sup>+</sup>), de acuerdo con la siguiente reacción de neutralización:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  con lo que eliminamos los iones bicarbonato, para obtener agua y dióxido de carbono gas. Esta es la principal reacción de una solución nutritiva cuyo pH pretendemos controlar. (Infojardin 2003).

Este experimento fue el que presentó mayor porcentaje de supervivencia promedio en relación a los otros experimentos, posiblemente por la diferencias de pH de riego aplicadas en las láminas de agua, ya que en los otros experimentos el riego se realizó con agua de chorro a un pH de 7,8, mientras que en el presente los tratamientos que lograron mejor desarrollo fueron los que se les aplicó la lámina de agua con pH de 4 a 5.5 que son los requeridos por el suelo para el cultivo de arándano. (Willianson y Lyrene 1994).

## VI CONCLUSIONES

Para la aclimatación de plantas de arándano provenientes de cultivo de tejidos, la aplicación de ácido indolacético, en una dosis de 20% durante 6 horas estimuló el desarrollo de la raíz y altura de la planta.

La aplicación de fertilizante soluble 15-30-15 en una concentración de 0.67g/L y 1 g /L, presentan el mejor desarrollo de plántulas.

Los mejores resultados que se presentaron en la aplicación inicial de riego fueron con una frecuencia de 2 veces por semana para obtener mayor sobrevivencia de brotes, y luego a frecuencia de 1 vez por semana para obtener mayor extensión en las raíces y en la altura del brote, todos los riegos con una lámina de 30 mm.

La aplicación de agua con pH de 4.2- 5.5, fueron los niveles que presentaron mejor resultado en las variables estudiadas, además de ser los niveles de pH recomendados en el suelo, por algunos autores que han efectuados estudios sobre arándanos.

## VII RECOMENDACIONES

En el momento de sacar las magentas del laboratorio de biotecnología dejarlas sin destapar en el área de invernadero por lo menos 3 días para que se acostumbren y ambientalicen poco a poco al cambio de lugar, así como al momento de destaparlas no hacerlo inmediatamente sino poco a poco, quizás es recomendable dejar semiabierta la tapadera por 2 o 3 horas y después abrirla totalmente, ya que el impacto al abrirlas de un solo genera un cambio inmediato en la coloración que debilita el brote.

Cubrir con Nylon o impermeable la parte donde se colocaran las bandejas, para retener la humedad.

Es recomendable la aplicación de ácido indolacético raizal al contacto directo con el brote así la raíz tiene mayor capacidad de acaparar el raizal y lograra tener un mejor desarrollo radicular.

Ir colocando y observando frecuentemente los cambios generados en el transcurso de la investigación, para así saber los factores que afectaron dichos cambios generados.

El riego u aplicación de fertilizante realizarlo lentamente al suelo tratando de no lastimar el brote.

## VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Agrios, G. (1999). Fitopatología, México, editorial limusa, p 284
2. Agroinformación, (2002). El cultivo de arándano. (En red). Disponible en: [www. infoagro.com](http://www.infoagro.com).
3. Agroinformación, (2003). Manejo de Trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentales*). (En red). Disponible en: [www. infoagro.com](http://www.infoagro.com)
4. Association Fertilizar Californie (1995), Manual de fertilizantes para horticultura, México, Editorial Noriega, p 297.
5. Asociación Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales AGEXPRONT) (2002). Manual del cultivo de Arándano, Guatemala. p52.
7. Berricrops, 1999. Variedades de Berries. Estados Unidos. 9 pp.
8. Buseta, A y Urrutia, G.1996. Mercado y cultivo de las Berries, Chile
9. George, E. (1996). Plant Propagation by Tissue Culture part 2 In Practice. Vol 2, segunda edición Exegetics Limited. Inglaterra. P 1050-1052
10. Godoy, C (2002). El arándano: Plantación y manejo del cultivo. (En red) disponible en: [elsitioagrícola.com](http://elsitioagrícola.com)
11. Hartman y Kester. (1987). Propagación de plantas: Principios y prácticas. México 760. 2da Edición.
12. Hansen, Israelsen. (1985). Principios y aplicaciones del riego. España, 387 p. 2da edición
13. Infojardin (2003) Trips (En Red) disponible en: [www.Infojardin.com](http://www.Infojardin.com)

14. León, A. (2000). El cultivo de Arándano en Argentina .Guía fruticultura 8va edición, Argentina. (En red) disponible en: [coosemans.arg@impsat1.com](mailto:coosemans.arg@impsat1.com).
15. López, G (1979) Riego y Manejo de agua, Guatemala.353p
16. Ministerio de Agricultura, (1999) Ganadería y Alimentación. Planes Estratégicos de desarrollo. Guatemala. 400pp
17. Naundorf, G (1951) Las fitohormonas en la agricultura, España, 405p 1era edición.
18. Páez y Agostini (2002) Ensayo de productos agroquímicos para el control del minador de la hoja. INTA, Argentina (En Red) disponible en: [www.frumonte@ceel.com.ar](http://www.frumonte@ceel.com.ar).
19. Paganini, Adolfo (2002). Consideraciones generales de el cultivo de arandano, Argentina. (En red) disponible en: [www.ceres.agro.unlp.edu.ar](http://www.ceres.agro.unlp.edu.ar)
20. Paraqueima y Luna (1982) Gusano de la hoja (Heliothis) (En Red) disponible en: [www.ceniap.gov.ve](http://www.ceniap.gov.ve)
21. Rojas G, (1993) Control hormonal del desarrollo de las plantas, segunda edición. México 262 p.
22. Rojas G, (1962) Control hormonal del desarrollo de las plantas, Primera edición. México.
25. Tratados de especialización agrícola (1973) Reguladores de crecimiento, España.
26. Vásquez, F,J ( 1985 ). Cultivo de tejidos vegetales. Agricultura de las Americas Número 6.p 22-27

27. Weaver. R.J. (1976) Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. México: Editorial Trillas.
28. Willianson Lyrene. (1994) Guía para el cultivo de arándanos en Florida, Estados Unidos.

## ANEXOS

**EFFECT OF FOUR GREENHOUSE MANAGEMENT FACTORS IN THE  
ACCLIMATION OF BLUEBERRY PLANTS ( *Vaccinium ashei*, Ericaceae )  
RESULTING FROM TISSUE CULTURE.**

**SUMMARY**

*Vaccinium ashei* has been one of the crops that is expected to diversify in Guatemala through AGEXPRONT and propagation has been researched by Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). In this study four experiments were carried out to evaluate the effect four factors of acclimation of blueberry plants resulting from tissue culture.

The treatments consisted in: 1. The application of different doses of root promoter on the blueberry bud. 2. The application of three fertilizer concentrations. 3. Different intervals of irrigation with different irrigation layers; and 4. Effect of pH in water for irrigation. The measured variables in each experiment were: a) root weight, b) root length, c) bud growth, d) Percentage of plant survival. The results showed that for experiment 1, the treatment 7 ( 20% of Indolacetic Acid for 6 hours ) showed that it was superior in all the measured variables; for experiment 2, better result were obtained for the application of intermediate concentrations of fertilizers, that is 1g/L and 0.67 g/L ; for experiment 3, the results showed that irrigation applied twice a week, with water layers of 30 mm and 50 mm obtained a greater percentage of survival, while the intervals of once a week with water layer of 30 mm and 50 mm obtained greater development in weight, roots growth, and bud height; for the experiment 4 the results showed that applications with adjusted pH among a range of 4-5.5 had better development than the pH of the tap water ( pH 7,8 ).