

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS
BIOPROCESADOS Y OTROS MATERIALES, PARA LA
PROPAGACIÓN DE ARÁNDANO**

CLAUDIO MARCELO SAAVEDRA DE LA BARRA

SANTIAGO, CHILE

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS
BIOPROCESADOS Y OTROS MATERIALES, PARA LA
PROPAGACIÓN DE ARÁNDANO**

**EVALUATION OF BIOPROCESSED ORGANIC RESIDUE
MIXES AND OTHER MATERIALS FOR BLUEBERRY
PROPAGATION**

CLAUDIO MARCELO SAAVEDRA DE LA BARRA

SANTIAGO, CHILE

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS
BIOPROCESADOS Y OTROS MATERIALES, PARA LA
PROPAGACIÓN DE ARÁNDANO**

**Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura**

CLAUDIO MARCELO SAAVEDRA DE LA BARRA

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sra. Loreto Cánaves S. Ingeniero Agrónomo, M. S.	6,2
PROFESORES EVALUADORES	
Sra. María Loreto Prat Ingeniero Agrónomo, Mg.	6,5
Sr. Ramón Valderas O. Ingeniero Civil	5,5

SANTIAGO, CHILE

2008

A mi familia ...

AGRADECIMIENTOS

Primero a mis tatas, que han sido mis padres siempre, ya que gracias a su constante amor, esfuerzo y dedicación, he tenido el apoyo fundamental en todos los pasos que he dado en mi vida.

A mi familia por la preocupación, ánimo y apoyo permanentes durante mi formación académica.

A Karla porque ha estado junto a mi en el desarrollo de esta memoria, entregándome amor, paciencia y fuerzas para su realización.

Agradecer también a quienes formaron parte de esta etapa importante de mi formación profesional en la universidad:

A la profesora Loreto Cánaves por sus correcciones y sugerencias en el desarrollo de esta memoria.

A Miguel Madrid por su colaboración y acompañamiento en diversas etapas.

INDICE

RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE.....	1
ABSTRACT.....	2
KEY WORDS.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	6
MATERIALES Y MÉTODO.....	7
LUGAR DE ESTUDIO.....	7
MATERIALES.....	7
<i>Otros materiales</i>	8
MÉTODO.....	8
<i>Descripción de los ensayos</i>	8
<i>Ensayo 1</i>	8
<i>Ensayo 2</i>	9
EVALUACIONES.....	9
<i>Evaluaciones de las plantas</i>	9
Superficie de raíces.....	9
Número de brotes.....	9
Largo de brotes.....	9
Suma de largos de brotes.....	10
Altura de las plantas.....	10
Peso fresco de la parte aérea y radical.....	10
Peso seco de la parte aérea y radical.....	10
<i>Mediciones realizadas al sustrato</i>	10
Propiedades físicas de los sustratos.....	10
Propiedades químicas de los sustratos.....	11
TRATAMIENTOS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	12
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
ENSAYO 1.....	13
<i>Características Físicas de las mezclas</i>	13
Densidad aparente (Da).....	13
Espacio poroso (EP).....	14
Capacidad de almacenamiento de agua en base a volumen.....	15
Volumen de espacio de aire libre.....	16

<i>Características Químicas de las mezclas</i>	17
pH.....	17
CE.....	18
<i>Propiedades Químicas del agua de riego</i>	20
<i>Resultados de las evaluaciones de crecimiento de la parte aérea</i>	20
<i>Evaluaciones de crecimiento de las raíces</i>	22
ENSAYO DOS.....	23
<i>Características Físicas de las mezclas</i>	23
Densidad aparente (Da).....	24
Espacio poroso (EP).....	24
Capacidad de almacenamiento de agua en base a volumen.....	25
Volumen de espacio de aire libre.....	25
<i>Características Químicas de las mezclas</i>	26
pH.....	26
CE.....	27
<i>Propiedades Químicas del agua de riego</i>	27
<i>Resultados de las evaluaciones de crecimiento de la parte aérea</i>	28
Resultados de las evaluaciones de crecimiento de las raíces.....	29
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	37
APÉNDICES	41

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar el comportamiento de seis mezclas para la propagación de plantas de arándano. Se realizaron dos ensayos independientes, en dos viveros, Biotecnia y Viverosur, con seis tratamientos (mezclas) cada uno. Para cada ensayo se incluyeron dos tratamientos testigos que fueron elaborados con los materiales en idéntica proporción a la mezcla utilizada para propagar la especie en el vivero, diferenciándose sólo en el origen de los materiales, uno fue realizado con los materiales originarios del vivero y otro con los sustratos del proyecto. Los sustratos prototipos fueron mezcla, en distintas proporciones, de compost, proveniente de residuos agroindustriales, con turba y fibra de coco.

El primer ensayo fue iniciado en octubre de 2005 y consideró como material de propagación estacas provenientes de cultivo *in vitro* de la variedad Brigitta y el diseño experimental fue al azar con 30 repeticiones.

El ensayo dos, que comenzó en octubre de 2005, consideró como material de propagación estacas herbáceas de la variedad Marimba y el diseño experimental fue al azar con 30 repeticiones.

Al finalizar el período de crecimiento se realizaron mediciones a las plantas que consideraron: número de brotes, largo promedio de brotes, sumatoria del largo de brotes, altura de la planta, peso fresco y seco de la parte aérea, peso fresco y seco de las raíces y superficie radical.

Las mezclas fueron caracterizadas al inicio y al término del ensayo en términos de sus propiedades físicas (densidad aparente, porosidad, capacidad de almacenamiento de agua y volumen de espacio de aire libre) y propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica).

En el ensayo uno, el compost no tuvo clara influencia en el crecimiento de las plantas, influyendo principalmente en que las mezclas tuvieran una mayor porosidad.

En el ensayo dos, los tratamientos que presentaron compost en baja proporción fueron los que mostraron una mejor respuesta de crecimiento de las plantas.

Palabras claves: arándano, compost, fibra de coco, propagación, sustratos, turba.

ABSTRACT

Evaluation of bioprocessed organic compost mixes and other materials for blueberry propagation

Six blueberry plant propagation substrates were evaluated in two independent trials. Two controls, containing the traditional substrate used in each nursery (peat and coconut fiber), and four substrates (prototypes) that considered a mixture of peat, coconut fiber and compost (organic bio-processed material).

The first trial considered as propagation material in vitro plants var. Brigitta. The second trial included herbaceous stem cuttings from var. Marimba. The plant material on each trial was selected considering similar size between the plants. The experimental design was randomly performed with 30 replications.

The substrates were characterized prior of the assays and at the end of these. It was determined for each substrate: bulk density, porosity, free airspace, water holding capacity, pH and electric conductivity

At the end of the growth season at the nurseries, the plants were evaluated at the university. Parameters were analyzed such as shoots length, shoots number, plants height, roots area, fresh and dry weights of roots and canopy.

Trial 1, the mixes T1 and T2(v) substrates were the showing the best growing.

Trial 2, the treatments with low proportion compost were the best behavior.

Key words: blueberry, coconut fiber, compost, peat, propagation, substrates.

INTRODUCCIÓN

Se define sustrato todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclada, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (Abad, 1993; Burés, 1997; Pastor, 1999).

El cultivo de plantas en sustrato difiere marcadamente del cultivo de plantas en el suelo, así, cuando se usan contenedores, el volumen del medio de cultivo, del cual la planta debe absorber el agua, oxígeno y elementos nutritivos, es limitado y significativamente menor que el volumen disponible para las plantas que crecen en terreno (Abad, 1993; Nelson, 1998).

Numerosos han sido los intentos por caracterizar un sustrato ideal, teniendo estos estudios un enfoque principal en las propiedades físicas y químicas del sustrato, debido a que ellas ejercen un enorme impacto en la calidad final de la planta (Neal y Wagner, 1983).

El sustrato ideal, según Bartolini y Petrucelli (1992, citado por Morales 1995), es aquel que presenta elevada capacidad para retener agua y elementos minerales; bajo contenido de sales; óptimo pH; estabilidad biológica y química después de la esterilización; buen drenaje; poca densidad y facilidad de adquisición. Además, actualmente la mayor sensibilización social hacia el agotamiento de los recursos no renovables está afectando también a las mezclas de materiales que pueden formar un determinado sustrato. En este sentido, Burés (1997) afirma que están apareciendo en el mercado, materiales “ecológicamente correctos”, como los procedentes del reciclaje de subproductos, materiales biodegradables y reciclables. Pastor (1999) agrega que lo lógico es que el precio acostumbre a ser elevado para aquellos materiales cuyos centros de extracción natural están ubicados a distancias significativas del lugar donde van a ser consumidos. Esto está abriendo nuevas expectativas a materiales autóctonos que hasta hace poco tiempo no eran considerados.

Al no existir sustratos especializados a la venta, los productores de plantas elaboran sus propios sustratos, usando como materias primas materiales inadecuados o materiales cuya extracción causan grave deterioro ambiental, como es el caso de suelo agrícola y tierra de hoja (Varnero, 2001). En el caso de Chile, el sustrato más utilizado es la mezcla de tierra de hoja, tierra fina y arena. Un aspecto clave para el uso de cualquier sustrato, es que éste debe ser sustentable ambiental, técnica y económicamente (Pastor, 1999), reafirmado con que actualmente y debido a consideraciones medioambientales y ecológicas, se está restringiendo el uso de tierra de hoja, lo que está obligando a los viveristas a evaluar nuevas alternativas en el uso de sustratos (Valenzuela, 2000).

Los sustratos, como han demostrado las múltiples investigaciones desarrolladas durante los últimos años, han sido capaces de absorber muchos materiales que son subproductos de escaso valor, supliendo así la mayor demanda de materiales y a la vez revalorizando estos productos (Burés, 1997).

Debido al desarrollo de la industria viverista y al auge de los cultivos sin suelo, se ha generado una creciente necesidad de investigación en sustratos agrícolas que busquen satisfacer la demanda por plantas más precoces y productivas (Rivière y Caron, 2001).

El cultivo del arándano ha cobrado gran importancia en los últimos años. Las características nutricionales del fruto, rico en vitaminas, minerales, bajas calorías y una alta proporción de antioxidantes, lo hace un fruto apetecible, dado la demanda de los consumidores de mercados exigentes por alimentos sanos y que contribuyan a una mejor salud. Lo anterior ha determinado una importante expansión del cultivo en el mercado mundial (Cerdeira, 2004).

A nivel de la situación nacional, el arándano fue introducido a Chile a principios de la década de los ochenta por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ante la necesidad de diversificar la fruticultura de exportación del país y con el propósito de incorporar a la agricultura intensiva zonas que eran ocupadas con cultivos de baja rentabilidad. A partir de 1989, la superficie plantada en Chile registró un rápido incremento orientado a la exportación en fresco hacia Norteamérica (Buzeta, 1997).

El sistema radical del arándano es superficial, de raíces finas, fibrosas y de poca extensión. Muy importante es la desventaja de no contar con pelos radicales, por lo que, las raíces más jóvenes son las encargadas de la absorción. Esta situación genera una capacidad de absorción mucho menor comparado con otras especies (Buzeta, 1997).

Soto (1993) al probar sustratos para arándano, ratifica que el crecimiento óptimo de las raíces se genera en medios con una adecuada porosidad que se mantengan bien oxigenados y constantemente húmedos.

En relación con la profundidad de enraizamiento, las observaciones en campo indican que todas las variedades de arándano tienen un comportamiento similar, siendo por lo general superficiales, donde el mayor porcentaje de las raíces se encuentra en los primeros 90 cm de profundidad (Gough y Litke, 1980; Childers, 1978; Eck, 1988).

La propagación de arándanos se realiza, en general, mediante el enraizamiento de estacas, pudiendo usarse estacas herbáceas y leñosas. También puede multiplicarse *in vitro*. En Chile se han probado todos estos sistemas, teniendo mayor éxito, hasta ahora, con la multiplicación *in vitro* debido al poco material existente y al poco enraizamiento que han presentado cuando se utilizan estacas (Muñoz, 1988).

Tanto en la multiplicación por estacas, como en la multiplicación *in vitro*, las plantas deben ser enraizadas en una cama de propagación o contenedor que contenga una mezcla apropiada, habiéndose probado con éxito, la turba, mezclas de turba y arena, turba y vermiculita, aserrín y arena (Eck, 1988). Una vez que las estacas generan raíces, normalmente se transplantan a macetas y deben permanecer en el vivero durante una o dos temporadas hasta obtener un tamaño que les permita ser llevadas a terreno (Muñoz, 1988). Dentro de los sustratos tradicionalmente usados en arándano, Shelton y Moore (1981, citado por Henzi, 1988), señalan que estacas leñosas y herbáceas, enraízan y crecen mejor en un medio de turba sola o en una mezcla de turba y arena (1:1 y 2:1).

En cuanto a la micropropagación de arándano se recomienda, cuando pasan a macetas, una mezcla formada por volúmenes iguales de aserrín intemperizado, tierra de hojas y arena gruesa. La tierra de hojas debe ser preferentemente de pino, ya que así le da las condiciones de pH que esta especie requiere (Muñoz, 1990).

Debido a que difícilmente un material reúne por sí sólo las características apropiadas a las necesidades de las plantas, es una práctica frecuente el uso de mezclas que permitan obtener las propiedades buscadas (Burés, 1997).

Dentro de los materiales que componen las mezclas se encuentra la turba. Las ventajas del amplio uso de ésta como componente en macetas y contenedores se debe a su alta disponibilidad, y a su elevada capacidad de retención de agua. Asimismo, algunos tipos de turbas poseen una alta estabilidad, que le otorga buenas condiciones de aireación (Rivière y Caron, 2001). Además, se puede mencionar que este material orgánico presenta un marcado efecto estimulante sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, lo cual se ha atribuido a la presencia de activadores de crecimiento (Abad, 1993b).

La turba, por otra parte, desde el punto de vista físico suele ser un material poco homogéneo, presenta una densidad aparente que varía entre 50 y 200 kg de materia seca por m³ para las turbas rubias. Si bien la densidad aparente de la turba rubia suelta es muy baja, con el peso del agua de riego y la compresión las partículas se reordenan aumentando la densidad del sustrato (Burés, 1997).

La fibra de coco es un subproducto de la industria del coco que se encuentra disponible en grandes cantidades en los países productores, y es el resultado que se obtiene del proceso de extracción, lavado, secado y compresión de la capa intermedia, de las tres que envuelven al fruto (Konduru, 1999).

En general, la fibra de coco es utilizada como sustituto de la turba y sus propiedades físicas y químicas se desplazan dentro de rangos aceptables (Evans *et al*, 1996).

La utilización de compost como un material dentro de la mezcla de sustratos, resulta ser un efectivo método para reducir el volumen y la masa de los residuos (Rainbow y Wilson, 1998). Además, la elevada calidad de las propiedades físicas del compost, como son una alta retención de humedad y una adecuada capacidad de aireación del sustrato, hacen que Verdonck (1998) lo mencione como una interesante opción de sustrato. Sin embargo, en la actualidad existe una seria confusión en la utilización del compost como sustrato y no como parte de él (Rainbow y Wilson, 1998).

Considerando estos antecedentes el presente trabajo tiene por objetivos:

- Evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento aéreo y radical de plantas de arándano.
- Determinar las propiedades físicas y químicas de las mezclas ensayadas, durante la propagación de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio

Se realizaron 2 ensayos independientes. La etapa experimental correspondiente al ensayo 1, se efectuó en las instalaciones de Viverosur, que se encuentra ubicado en el kilómetro 174 de la Ruta 5 Sur, Teno, VII Región. Esta misma etapa en el ensayo 2 se realizó en el Vivero Biotecnia, ubicado en el kilómetro 182 de la Ruta 5 Sur, Curicó, VII Región. Las evaluaciones, tanto a la planta como al sustrato, fueron realizadas en el laboratorio de Anatomía Vegetal, perteneciente al Departamento de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en Avenida Santa Rosa 11315, La Pintana, Región Metropolitana.

Materiales

Para el ensayo 1 se emplearon 180 plantas de arándano de la variedad Brigitta, provenientes de propagación *in vitro* y para el ensayo 2, 180 plantas enraizadas de arándano de la variedad Marimba obtenidas mediante propagación de estacas herbáceas.

En la preparación de las mezclas para los diferentes tratamientos se utilizaron los siguientes materiales: turba rubia marca Sunshine® de origen canadiense; fibra de coco (Misto 98 y Fibroso 80), marca Amafybra® de origen brasileño; y compost Clase A, originado a partir de un proceso biológico degradativo controlado de residuos orgánicos (Norma chilena 2880) (INN, 2005).

Los mismos tratamientos fueron utilizados en ambos ensayos, diferenciándose entre sí, en el tratamiento testigo, T2(v), el que correspondió al material usado habitualmente en la propagación de arándano en cada vivero.

En la Cuadro 1 se puede apreciar los materiales utilizados en la composición de los distintos tratamientos, para ambos ensayos.

Cuadro 1. Materiales utilizados en los ensayos en los distintos tratamientos para propagación de plantas de arándano en contenedores.

Tratamientos	Materiales		
	Compost	Fibra de coco	Turba
T1		X	X
T2 (v)		X	X
A	X	X	X
B	X	X	X
C	X	X	X
D	X	X	X

X: indica la presencia del componente en la mezcla.

En el caso del ensayo uno, las plantas estuvieron en un contenedor denominado TQ, recipiente de 210 cm³ de capacidad, de plástico. En el ensayo dos, se utilizó como contenedor una maceta, de plástico rígido, de 2500 cm³ de capacidad (Apéndices I y II).

Otros materiales

1. Balanza digital EOB 120, marca Ohaus, fabricación suiza, capacidad máxima 2100 g, precisión 0,01 g
2. Estufa de secado por convección 11-30 marca Memmert, fabricación alemana.
3. Trompo mezclador eléctrico, modelo 130 P, 0,37 Kw.

Método

Descripción de los ensayos

Se realizaron las mezclas que constituían los distintos tratamientos para cada ensayo. Estas mezclas se efectuaron con un trompo mezclador eléctrico y posteriormente fueron llevadas a los viveros correspondientes en sacos de 70 L de capacidad para montar los ensayos.

Ensayo 1

Este ensayo se realizó en las instalaciones de Viverosur. La obtención de las plantas fue realizada de acuerdo al protocolo del vivero (Anexo I).

El ensayo comenzó el día 26 de octubre de 2005, momento en que las plantas se transplantaron al TQ. Éstas se caracterizaban por ser homogéneas en crecimiento, presentando 2 brotes, 6 ó más hojas, y raicillas de aproximadamente unos 2 cm de largo (Apéndice III). Durante la permanencia del ensayo en Viverosur, las plantas fueron sometidas a los manejos habituales del vivero (fertirrigación y controles fitosanitarios) utilizados para la obtención de plantas comerciales (anexos II y III).

Se realizaron evaluaciones mensuales con el fin de observar la evolución del ensayo y registrar cambios significativos en el crecimiento de las plantas y características de los sustratos (Apéndice V).

Se dio por finalizado el ensayo cuando las plantas estuvieron listas para la venta, lo que según el criterio del vivero fue cuando las plantas alcanzaron una altura promedio de 15 cm. También se consideró el buen desarrollo o vigor de los brotes de las plantas. Esta condición se dio el día 6 de enero de 2006, momento en el cual las plantas se trasladaron al invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile donde se efectuaron posteriormente las mediciones y evaluaciones.

Ensayo 2

Este ensayo se efectuó en las instalaciones del vivero Biotecnia y se realizó con plantas propagadas por estacas herbáceas de la variedad Marimba de arándano, obtenidas de acuerdo al protocolo habitual del vivero para propagación de plantas de esta especie (Anexo I).

El ensayo comenzó el 20 de septiembre de 2005, día en que se transplantaron al contenedor de 2,5 L de capacidad. Las estacas transplantadas se caracterizaban por ser homogéneas en crecimiento, presentar 2 ó más brotes, 8 ó más hojas, y raicillas de aproximadamente 1 cm de largo (Apéndice IV). Durante la permanencia del ensayo en el vivero, las plantas fueron sometidas a los manejos agronómicos habituales (fertilización y controles fitosanitarios) usados para la obtención de plantas comerciales de arándano (anexos IV y V).

Se realizaron visitas mensuales con el objetivo de observar la evolución del ensayo y registrar cambios significativos en el crecimiento de las plantas, características de los sustratos y ubicación de las plantas en el vivero (Apéndice VI).

El ensayo finalizó cuando las plantas estuvieron listas para la venta, que de acuerdo al criterio del vivero fue cuando las plantas alcanzaron una altura promedio de 30-50 cm. También se consideró el buen desarrollo o vigor de los brotes de las plantas. El 28 de diciembre, se dio esta condición, momento en el cual las plantas se trasladaron al invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile donde posteriormente se les efectuaron las mediciones y evaluaciones correspondientes.

Evaluaciones

Evaluaciones a las plantas

Una vez que las plantas completaron su período de desarrollo en el vivero fueron trasladadas a dependencias de la Universidad de Chile, donde se les realizaron las siguientes mediciones.

Superficie de raíces. Para estimar la superficie radical se utilizó una hoja de papel milimetrado (cm^2) en la cual se agruparon las raíces, cubriendo el papel en forma pareja y en una sola capa. Posteriormente se procedió a contabilizar las celdas ocupadas y a calcular el área correspondiente ocupada por las raíces (Apéndice XII). La correlación de este método fue validada por Salas (2007).

Número de brotes. Se contabilizó el número final de brotes que tuvo cada planta.

Largo de brotes. Se midió el largo de los brotes, partiendo desde su base hasta la punta. Para medir esto se utilizó una cinta de medir (cm).

Suma de largo de brotes. Correspondió a la sumatoria del largo de los brotes por planta. Su unidad fue cm.

Altura de las plantas. Para medir la altura de las plantas se utilizó una cinta de medir (cm), midiendo el brote más largo y desde la base de la parte aérea al ápice.

Peso fresco de la parte aérea y radical. Para determinar el peso fresco aéreo y radical se separaron las dos secciones y se utilizó una balanza digital EOB120, marca Ohaus, de fabricación suiza, con una capacidad máxima de 2100 g y con una precisión de 0,01 g.

Peso seco de la parte aérea y radical. Se separó cada una de las secciones (parte aérea y parte radical) en diferentes contenedores (bolsas de papel) y se procedió al secado en una estufa por convección 11-30, marca Memmert, de fabricación alemana, a $65 \pm 5^\circ \text{C}$ durante 48 horas hasta alcanzar peso constante (Assis *et al.*, 2005). Se utilizó la balanza digital EOB120, marca Ohaus, de fabricación suiza, con una capacidad máxima de 2100 g y con una precisión de 0,01 g para determinar el peso de las muestras, excluyendo el peso del contenedor.

Mediciones realizadas al sustrato

Con el objetivo de determinar las características físicas y químicas de los sustratos en los distintos tratamientos se hicieron las siguientes mediciones.

Propiedades físicas de los sustratos. Las mediciones de las propiedades físicas de las mezclas fueron realizadas previa y posteriormente a los ensayos (Apéndice IX).

Para determinar densidad aparente (D_a), espacio poroso (EP), capacidad de almacenamiento de agua (CAA) y capacidad de aireación (VEA) se efectuó un análisis con tres repeticiones cada uno, de acuerdo con la metodología de Análisis de Sustratos establecida por USCC (2001) y que se señala a continuación.

A modo de determinar el peso seco de la muestra (O_{1000}), para cada sustrato se tomó una alícuota de 50 cm^3 de cada mezcla, las que fueron pesadas (A_{50}) y colocadas en recipientes de aluminio que habían sido previamente tarados. Luego se pusieron en la estufa a $65^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$ por 72 horas. De esta forma se determinó el peso seco de la muestra (O_{50}).

Para las muestras de los distintos tratamientos se utilizaron recipientes de PVC de 110 mm de diámetro exterior, cortados de manera que en fueran capaces de contener un volumen de 1500 cm^3 . Los recipientes fueron cubiertos en un extremo con una tapa de tubería, la que tenía distribuidos uniformemente cuatro agujeros de 3 mm cada uno. También se usaron recipientes plásticos de 1000 cm^3 para el drenaje de las muestras.

El llenado de las muestras de 1000 cm^3 se realizó a través de un vaso graduado, al cual se le adicionaron las mezclas en dos alícuotas de 350 cm^3 y una de 300 cm^3 , cuidando de no compactar la muestra.

La muestra contenida en el recipiente fue pesada (A_{1000}) y se midió su volumen (V_{1000}), y se le fue agregando agua destilada lentamente (aproximadamente cada 5 minutos)

hasta que se formara en la superficie una especie de “espejo de agua”. Si éste desaparecía se tenía que repetir el proceso. Cuando estaba formado el “espejo de agua” en cada muestra se procedió a destapar los agujeros de drenaje de los tubos, sellados previamente con cinta adhesiva. Se dejaba drenar por 30 minutos. Luego se vuelve a realizar la saturación de las muestras con el agua destilada y cuando la muestra alcanzaba la saturación se registra el peso (W_{nd}) y el volumen (V_{nd}). Posteriormente se dejó drenar por cuatro horas la muestra y se registró el peso (W_{dd}) y el volumen (V_{dd}).

Para el cálculo de las características físicas mencionadas anteriormente con los datos obtenidos de este procedimiento se procedió a utilizar las siguientes fórmulas:

Peso seco de la muestra (O_{1000}):

$$O_{1000} = A_{1000} \cdot (O_{50} \div A_{50}) \text{ (g)}$$

Densidad aparente (Da):

$$Da = O_{1000} \div V_{1000} \text{ [g}\cdot\text{cm}^{-3}\text{]}$$

Porcentaje espacio poroso (EP):

$$EP = \{ [W_{nd} - O_{1000} + (V_{1000} - V_{nd})] \div V_{1000} \} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Porcentaje de volumen de espacio de aire libre (VEA):

$$VEA = \{ (W_{nd} - W_{dd}) \div V_{1000} \} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Porcentaje de capacidad de almacenamiento de agua, en base a volumen (CAAv):

$$CAAv = EP - VEA \text{ [%]}$$

Otros materiales utilizados en la medición de las propiedades físicas se presentan en el Apéndice VII.

Propiedades químicas de los sustratos. Las mediciones de pH y conductividad eléctrica (CE) de las mezclas fueron realizados previa y posteriormente a los ensayos.

Tanto para la determinación del pH como de la CE se utilizó el método descrito por Zucconi *et al.* (1981), y probado posteriormente por Wu *et al.* (2000) y Rojas *et al.* (2005), en una suspensión- dilución 1:10 en agua destilada.

Se mezclaron 5g de mezcla en 50 cm³ de agua destilada (g de sustrato/ cm³ de agua destilada) en un vaso plástico de 90 cm³, y se mantuvo durante una hora a temperatura ambiente, agitándose tres veces durante ese período. Luego de ese tiempo, se filtró, obteniéndose un extracto acuoso. En esta suspensión- dilución se introdujo los electrodos para la medición del pH-metro y conductímetro respectivamente, hasta obtener un valor constante.

Para estas mediciones químicas se utilizaron dos instrumentos:

- pH- metro digital HI 991001, marca Hanna, fabricación rumana, precisión +/- 0,01.
- Conductivímetro digital HI 99301, marca Hanna, de fabricación rumana, precisión +/- 0,01 dS·m⁻¹.

Los materiales utilizados en las mediciones de las propiedades químicas de las muestras se presentan en el Apéndice VIII.

Tratamientos y diseño de experimentos

Se efectuaron 2 ensayos independientes, cada uno con un diseño completamente al azar. Cada tratamiento prototipo estaba compuesto de la mezcla de material bioprocesado (compost), además de turba y fibra de coco en distintas proporciones. En ambos ensayos fueron utilizados los mismos componentes, en iguales proporciones para cada uno de los tratamientos.

En cada uno de los ensayos se contó con dos tratamientos testigos, T2(v), que representaba la mezcla con las proporciones y materiales habitualmente utilizadas por el vivero y, T1 en que se replicaba al otro testigo pero con los mismos materiales que fueron usados para los prototipos. El hecho de contar con dos testigos se debió a que los materiales base utilizados por el vivero fueron de origen distinto al de las demás mezclas. En cada tratamiento se realizaron 30 repeticiones donde la unidad experimental era la planta en el respectivo contenedor según el ensayo.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95% ($\alpha \leq 0.05$). Cuando existieron diferencias significativas se usó el Test de Rangos Múltiples de TUKEY. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SPSS 11.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las mediciones a los sustratos y de las evaluaciones a las plantas obtenidas en los distintos tratamientos para ambos ensayos se presentan a continuación de manera independiente.

Ensayo 1

Características Físicas de las mezclas

Se realizaron mediciones de las propiedades físicas al inicio y al final del ensayo, pero cabe señalar que las mediciones finales de las propiedades físicas realizadas al sustrato, en los distintos tratamientos, no explican un mejor o peor comportamiento de las mezclas, debido a que no constituyen, necesariamente, una medición fidedigna de la condición física en la que se encontraban los sustratos cuando terminó el crecimiento de las plantas. Las propiedades físicas fueron modificadas al momento de realizar las mediciones finales, puesto que las muestras fueron sacadas de sus contenedores y de esta manera no representan la condición física exacta. Debido a esto, el análisis del crecimiento de las plantas de arándano será realizado sólo en base a los resultados de las propiedades físicas iniciales.

Cuadro 2. Resultados promedio de la mediciones de las características físicas realizadas a los tratamientos.

Tratamientos (1)	Da ¹ g·cm ⁻³	EP ² %	CAA _v ³ %	VEA ⁴ %
T1	0,08 a*	22,03 a	0,14 a	21,89 a
T2 (v)	0,14 b	52,63 a	21,95 a	30,69 a
A	0,16 b	69,56 a	50,36 a	19,20 a
B	0,18 b	54,58 a	40,60 a	13,98 a
C	0,16 b	68,68 a	27,52 a	41,15 a
D	0,17 b	58,44 a	39,33 a	19,11 a

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.
*Promedios con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) al realizar la prueba de Tukey B^{a,b}.

Da¹: densidad aparente; **EP²**: espacio poroso total; **CAA_v³**: capacidad de almacenamiento de agua, en base a volumen; **VEA⁴**: volumen de espacio de aire libre.

Densidad Aparente (Da). Los datos obtenidos de la medición de la densidad aparente, efectuada a los sustratos previamente al desarrollo del ensayo, mostraron diferencias significativas entre el tratamiento testigo T1 y las demás mezclas (Cuadro 2).

Los valores obtenidos para Da en este ensayo fluctuaron entre 0,08 y 0,18 g·cm⁻³, lo cual se encuentra bajo el límite superior aceptable (< 0,4 g·cm⁻³) señalado por Ansorena (1994) para cultivos en sustratos. Se observa además que el tratamiento T1 difiere en

términos estadísticos con las demás mezclas. Este valor significativamente menor de Da podría deberse a la carencia de compost en esta mezcla, ya que éste presenta una mayor densidad aparente como característica individual. Debido a que el compost posee un menor tamaño puede ubicarse entre los espacios que se generan entre partículas de mayor tamaño (turba y fibra de coco), aumentando con esto la densidad aparente (Ansorena, 1994).

Desde el punto de vista de los viveros, un sustrato con baja densidad aparente resulta económicamente beneficioso, debido a que mejora significativamente la capacidad operacional del medio de cultivo, disminuyendo los costos de transporte y manipulación de los materiales (Abad, 1993).

En términos de la importancia de esta propiedad física en el comportamiento de las plantas, se señala en la literatura, que mientras menor sea la densidad aparente de un sustrato, mayor será su capacidad para movilizar y almacenar agua, oxígeno y elementos nutritivos, y junto con ello, se facilitará el libre movimiento del sistema radical, permitiendo con esto, el normal desarrollo de las plantas (Miller y Donahue, 1995).

En cuanto a los valores de densidad aparente de cada uno de los componentes de las mezclas, en la literatura se señala que la turba posee una densidad aparente entre 0,05-0,2 g·cm⁻³, la fibra de coco, entre 0,05- 0,1 g·cm⁻³ y el compost alrededor de 0,21 g·cm⁻³ (Burés, 1997). Sin embargo, Ansorena (1994) menciona que los valores de densidad aparente suelen aumentar en la mezcla, con respecto a los valores que cada uno de los componentes presenta por separado. En este ensayo, los valores de densidad aparente de los distintos tratamientos se ubicaron dentro del rango de las propiedades individuales de densidad aparente de los materiales.

Comparando los valores individuales de los materiales usados en las mezclas y los valores obtenidos por los distintos tratamientos se observa que los tratamientos testigos presentaron rangos de densidad aparente menores que los de las mezclas prototipos, lo cual ratifica lo señalado anteriormente, con respecto a que el compost aumentaría la densidad aparente.

Porosidad (EP). En Cuadro 2 se aprecian los resultados de porcentaje de espacio poroso, obtenido en las distintas mezclas en las mediciones del ensayo.

De los resultados se obtiene que éstos no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos, aún así se observa que la mezcla T1 obtuvo un apreciable bajo valor de espacio poroso total, de 22%, lo que sólo es atribuible a un error en la medición, debido a que como se verá más adelante las plantas de ese tratamiento no manifestaron una limitación en el crecimiento de las raíces. Ansorena (1994) y Burés (1997) señalan la importancia de contar, en cultivos creciendo en sustratos, con una porosidad mínima de 85%, que permita alojar en el volumen del contenedor cantidades elevadas de aire y de agua. Los demás tratamientos aún cuando no son distintos estadísticamente al tratamiento T1, presentan valores superiores de espacio poroso, que variaron entre un 53- 70%. Estas cifras no alcanzan el óptimo

señalado en la literatura, sin embargo, como se verá posteriormente esto no pareció afectar el crecimiento de las raíces.

De lo observado en los resultados de porosidad, es importante destacar que los tratamientos que presentan compost en la composición de su mezcla, es decir, los tratamientos A, B, C, y D poseen una mayor porosidad con respecto a los tratamientos testigos, que carecen de este componente. El compost posee una porosidad total de un 88%, otorgándole a las mezclas buenas características de aireación, usado idealmente en contenedores bajos (Burés, 1997).

Cabe señalar que los demás componentes de las mezclas, turba y fibra de coco, también poseen dentro de sus características físicas una alta porosidad. En el caso de la turba esta es cercana al 95% y en la fibra de coco superior al 80% (Burés, 1997).

Una posible explicación para que la mezcla de tres componentes de alta porosidad, de como resultado un sustrato que presenta valores menores, podría estar dada porque la interacción entre ellos determina cambios en las propiedades físicas y no sea la resultante de la suma de porosidad de cada uno en particular. Estos cambios en las propiedades físicas tienen relación con que cuando se mezclan distintos tamaños de partículas, las mezclas resultantes tienen una mayor densidad aparente y una menor porosidad que antes de mezclarse, debido a que existe una contracción del volumen respecto al volumen que tendrían las fracciones integrantes de la mezcla por separado, ya que las partículas pequeñas se ubican en los espacios que quedan entre las partículas más grandes (Burés, 1997).

Se debe mencionar que no es suficiente que la porosidad total sea mayor a 80%, sino además que ésta se encuentre convenientemente repartida entre poros de gran tamaño o macroporos, ocupados por aire, y poros de menor tamaño o microporos, que alojan agua en su interior. Esto debido a que la porosidad ocupada por aire es considerada la propiedad física más importante de los sustratos, debido a que determina la frecuencia de los riegos. Si un sustrato posee un bajo valor de porosidad de aire, deberá tener limitado su riego, de modo de no saturar con agua los macroporos ocupados con aire. Y por el contrario un sustrato con elevada porosidad de aire deberá ser regado frecuentemente para reponer las elevadas pérdidas de agua (Ansorena, 1994).

Capacidad de almacenamiento de agua en base a volumen (CAAv). El agua cumple un papel fundamental en la dinámica del continuo sustrato- planta- atmósfera, debido a su participación en la mayoría de los procesos metabólicos de la planta. Junto con esto, el agua favorece la penetración de las raíces, a través de la lubricación del sustrato, y permite la absorción de los nutrientes (Miller y Donahue, 1995).

Dentro de un sustrato, el agua es retenida de dos formas, como una delgada película que envuelve las partículas y agregados, adsorción, o en fase líquida dentro de los poros de menor tamaño (Hillel, 1982).

Los resultados observados en las distintas mezclas para las mediciones de capacidad de almacenamiento de agua, en base a volumen (CAAv), se presentan en el Cuadro 2.

Del análisis estadístico de los resultados, se obtiene que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto contrasta con el hecho que el tratamiento T1 presenta una capacidad de almacenamiento de agua menor a 1%, y el tratamiento A de alrededor de un 50%.

El tratamiento T1 puede presentar una muy baja retención de agua (0,14%) debido a que su porosidad total es baja (Cuadro 2), y los poros probablemente son macroporos donde gran parte del agua se pierde por gravedad (Abad, 1993; Ansorena, 1994). Esto confirmaría lo señalado anteriormente, debido a que experimentalmente se produjo un error en la medición de porosidad que se tradujo en un bajo valor de la capacidad de almacenamiento de agua del tratamiento.

Las mezclas prototipos fueron las que presentaron los mejores resultados en cuanto a la capacidad de almacenamiento de agua (> a 30%), lo cual puede tener relación con los materiales que las conformaron, ya que, por ejemplo, la turba se caracteriza por presentar una elevada capacidad de retención de agua, lo que va relacionado con su elevada capacidad de almacenamiento de agua (Rivière y Caron, 2001). Burés (1997) menciona que la fibra de coco también posee una buena retención de agua y que el compost, al no retener suficiente agua, preferiblemente debe mezclarse con materiales que si lo hagan. Verdonck (1998) contradice esto último, señalando que el compost posee una alta retención de agua, lo cual se condice más con lo observado en estos resultados.

Un aspecto a mencionar en la producción de plantas en contenedores, como en este ensayo, es que la cantidad total de agua retenida por un sustrato depende de la proporción de microporos y del volumen del contenedor. Aunque la retención de agua sea elevada, puede suceder que una parte de ésta no se encuentre disponible para la planta debido a que está adsorbida a las partículas del sustrato (Ansorena, 1994), con lo cual no es un fiel indicador del agua disponible para las plantas, si bien señala el volumen de agua ocupado en los poros. De acuerdo con lo anterior, para Milner (2001, citado por Zanetti *et al.*, 2006) a mayor altura del recipiente utilizado, menor sería la cantidad de agua disponible para la planta independiente del material que sea utilizado como sustrato. Por lo que en este ensayo, en el cual se utilizaron recipientes bajos, se tendría una mayor cantidad de agua disponible para las plantas, independiente de la mezcla utilizada, en comparación a la utilización de un recipiente de mayor altura.

Volumen de espacio de aire libre (VEA). En el Cuadro 2 se observan los resultados obtenidos de la medición de la capacidad de aireación, expresado en volumen de espacio de aire libre que presentaron los tratamientos en el ensayo 1. El análisis estadístico de los resultados no mostraron diferencias significativas entre ellos.

En las mediciones se observa que la mezcla C fue la que presentó una mayor capacidad de aireación, seguida luego, con menores valores de los tratamientos T2(v), T1, D, A, y B respectivamente.

En la literatura se señala que valores óptimos en la capacidad de aireación están entre un 10 y un 30 %, (Ansorena, 1994). En el Cuadro 2 se observa que la mayoría de los tratamientos de este ensayo obtienen valores dentro de este rango óptimo, a excepción

del tratamiento C que presenta un valor superior al 40%. Poole *et al.*(1981), coincide con esto y señala en un 30% el valor límite máximo de volumen de espacio de aire, lo cual podría estar relacionado a lo señalado por Raviv *et al.* (1998, citado por Pire y Pereira 2003) ya que un alto volumen de aireación si bien favorece el libre drenaje, también disminuye la capacidad de retención de agua, lo que provoca problemas de manejo del cultivo, debido a que, tal como se ha señalado antes, requiere de riegos más frecuentes.

Letey *et al.* (1966) afirman que el abastecimiento de oxígeno es uno de los factores más importantes que puede afectar el crecimiento de las raíces, de tal manera que a bajas concentraciones produce el cese del crecimiento radical. En cuanto al límite mínimo en la capacidad de aireación Martínez (2005) señala que sustratos con volúmenes de aire menores a un 15% presentarían problemas de asfixia radical, sin embargo, para el caso del tratamiento B que se encuentra bajo ese valor, no se observó una limitante en el crecimiento de las raíces.

Diversas investigaciones han mostrado que sustratos elaborados en base a cortezas, fibras de madera, perlita y turba, han presentado algún grado de dificultad al paso del aire, debido al pequeño tamaño o discontinuidad de sus poros (Caron *et al.*, 1999).

Aún cuando las mediciones físicas en este ensayo fueron realizadas previamente a la instalación de las plantas en los recipientes, se debe mencionar, como un aspecto a considerar en la producción de plantas, que la utilización de sustratos en contenedores de volumen reducido modifica las propiedades de aireación y retención de agua del medio, afectando el normal crecimiento y desarrollo de las plantas (Nicolas y Cruziat, 1992; Hsu *et al.*, 1996). De tal manera que mezclas que presenten valores de volumen de aire cercanos a 10%, como la mezcla B, podrían tener serios problemas en contenedores pequeños.

Características Químicas de las mezclas

pH. El término pH se asocia como indicador de la acidez o basicidad de los sustratos. Su valor controla la disponibilidad de nutrientes a la planta (Anexo VI), debido a que afecta la solubilidad de los minerales (Miller y Donahue, 1995; Nelson, 1998).

Los resultados de pH obtenidos en este ensayo se presentan a continuación en el Cuadro 3.

Cuadro 3. pH de los distintos tratamientos para arándano, al inicio y al final del ensayo.

Tratamientos (1)	pH inicial	pH final
A	5,72	5,27
B	5,73	5,34
C	6,11	5,34
D	5,66	5,76
T1	4,10	4,85
T2 (v)	5,82	4,59

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.

En cuanto a los datos obtenidos en las mediciones iniciales de pH, se puede señalar que fluctuaron entre el tratamiento T1, con 4,1 y el tratamiento C con 6,11. Y en las mediciones finales de pH se observa que el tratamiento testigo T2(v) fue el que obtuvo el menor valor con 4,59 y el tratamiento D el que presentó el mayor valor con 5,76.

En términos de las características individuales de pH de los componentes de las mezclas, el pH de la turba es de 4,15. La fibra de coco tiene un pH de 5,32 (Apéndice X), y finalmente el compost de orujo de uva presenta un valor promedio de pH de 7,7 (Burés, 1997). De lo que se desprende una leve tendencia de los sustratos testigos, que carecen de compost en su mezcla, a presentar un menor valor de pH.

En la literatura se encuentran varios rangos óptimos de pH. Tan (1998) señala que la mayoría de las plantas crece mejor en sustratos con una reacción ligeramente ácida, dentro del rango 6,0 a 7,0. Dentro de este intervalo, casi todos los nutrientes se encuentran disponibles en cantidades óptimas. Ansorena (1994) menciona como rango óptimo de pH de un sustrato valores entre 5,2 y 6,3. Lo que concuerda con lo señalado por Martínez (2005) respecto a que los valores de pH, en sustratos orgánicos, deben estar entre 5,0 y 5,5, aunque se debe considerar que el pH óptimo es función del tipo de sustrato y de las exigencias del cultivo. Por otra parte, estudios más específicos llevados a cabo en plantas de arándano de la variedad “ojo de conejo” señalan como límites de pH valores entre 3,5 (Spiers, 1984) y 5,5 (Brightwell, 1971). Y como valores de pH para un desarrollo óptimo de arándanos señala Valenzuela (1988) que deben estar entre 4,0 y 5,0. De acuerdo a lo anterior, se observa en el Cuadro 3 que la mayor parte de los tratamientos tiene valores de pH dentro de este límite mencionado para arándano, siendo el tratamiento testigo T1 el único que siempre se encontró en el rango óptimo señalado. En el caso del tratamiento testigo del vivero, T2(v), el sustrato se fue acidificando, hasta llegar a 4,5, donde logró el pH óptimo.

La tendencia observada, en algunos sustratos, en la variación del pH inicial con respecto al pH final de las mezclas, fue a la disminución (acidificación). Aún cuando los tratamientos T1 y D presentaron aumentos en las mediciones finales de pH. En la literatura, Ansorena (1994) señala que una disminución en el pH podría deberse al uso de fertilizantes acidificantes o a la descomposición de la materia orgánica presente en las mezclas (Anexo III).

Conductividad Eléctrica (CE). La salinidad se puede estimar midiendo la conductividad eléctrica, expresada en $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$. Se debe mencionar que para este ensayo la conductividad eléctrica tuvo que ser corregida, debido a que según el protocolo para

la medición de CE, la proporción de gramos de la muestra y agua destilada debe ser de 1:5 (Varnero, 2004). Los sustratos en su composición poseían turba, la cual es hidrofóbica, por lo que cuesta mucho que se hidrate, por lo cual se debió aumentar la cantidad de agua destilada, cambiando la proporción a 1:10⁽¹⁾, para de esta manera hidratar más la muestra y poder obtener el filtrado suficiente para esta medición. De esta forma, los datos arrojados por el instrumento debieron ser multiplicados por 2, dando los resultados que se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Variación de la conductividad eléctrica de los distintos tratamientos para arándano, al inicio y al final del ensayo

Tratamientos (1)	CE inicial	CE final
A	0,59	1,97
B	0,38	1,21
C	1,02	1,86
D	0,5	2,17
T1	1,59	2,32
T2 (v)	2,3	3,14

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.

Los resultados de CE iniciales del Cuadro 4 muestran que sólo el tratamiento testigo T2(v) se encontraría fuera de los valores aceptables para la conductividad eléctrica, que según Furuta (1972, citado por Goh y Haynes 1977), en condiciones de maceta, debería ser menor a 2 dS·m⁻¹.

En cuanto a la conductividad eléctrica final que presentan los tratamientos o mezclas, estos valores están muy por sobre lo señalado por la literatura como valores aceptables para sustratos en maceta. Según los niveles de referencia para conductividad eléctrica mencionados por Martínez (2005), los tratamientos A, C, D, T1 y T2(v) presentarían valores bastante altos (1,9-2,7) en las mediciones finales de CE; y el tratamiento B un valor de conductividad eléctrica moderado (1,3- 1,8). Según los niveles de referencia señalados anteriormente, una conductividad eléctrica mayor a 3,6 dS·m⁻¹ es considerada muy alta.

Vidal (2005) menciona en 1,2 dS·m⁻¹ el límite máximo de tolerancia de conductividad eléctrica en arándanos, con lo que observando los resultados de las mediciones iniciales a los sustratos, los tratamientos A, B, C y D se encontrarían dentro de ese margen. Sin embargo, en las mediciones finales de conductividad eléctrica sólo el tratamiento B mantiene el nivel de tolerancia. No obstante los resultados anteriores, a nivel de respuesta de las plantas en las variables de crecimiento, Martínez (2005) señala que aún cuando la salinidad pueda ser ligeramente elevada, como puede ser en el caso de las mediciones finales, plantas vigorosas podrían resistirla.

En relación a la conductividades eléctricas individuales de los materiales ocupados en las mezclas, se puede señalar que la turba presenta un valor de 0,27 dS·m⁻¹, la fibra de coco 2,64 dS·m⁻¹(Apéndice X). En tanto, el compost de orujo de uva presenta una conductividad eléctrica (1:10 vol.) de 3,32 dS·m⁻¹ (Burés, 1997).

⁽¹⁾ Burés, S. 2006. Ingeniero Agrónomo, Dr. Especialista en Sustratos. "Comunicación personal"

Cabe mencionar además con respecto a las propiedades químicas de los sustratos que en la literatura, autores como Abad *et al.* (2002), señala la importancia de conocer la procedencia de los materiales componentes de la mezclas, esto ya que las propiedades químicas pueden ser significativamente distintas de acuerdo al lugar de origen y los procesos empleados para su elaboración.

Se debe tener en cuenta al momento de analizar los resultados de pH y de conductividad eléctrica que éstos pueden ser fácilmente modificables. Ansorena (1994) y Burés (1997), mencionan que para elevar el pH hay que aplicar enmiendas de cal, y para disminuir el contenido de sales, hay que realizar riegos controlados, considerando condiciones óptimas en el agua de riego, de modo de lavar las sales.

Propiedades químicas del agua de riego

Un antecedente importante a considerar son las propiedades químicas del agua de riego utilizada por el vivero, es decir, pH y CE, debido a que influyen al igual que las del sustrato en la disponibilidad y asimilación de los nutrientes.

Según lo que se puede apreciar en el Anexo VII, los resultados obtenidos de los análisis del agua de riego del ensayo uno mostraron valores apropiados para el crecimiento de las plantas (Apéndice XI). En la literatura, Argo (1998) señala que el pH del agua de riego usada en viveros debería situarse entre 5 y 7,5, lo cual coincide con los valores obtenidos en este vivero (7,14). En el caso de la CE, el valor obtenido en el vivero se ubicó bajo el valor señalado por Wang (1998), de 1,1 dS·m⁻¹, el cual no provocaría problemas en el crecimiento de las plantas, incluso cuando éstas no toleran altas concentraciones de salinidad.

Resultados de las evaluaciones de crecimiento de la parte aérea

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la evaluación de crecimiento de la parte aérea de las plantas de arándano creciendo en las distintas mezclas.

Cuadro 5. Resultados promedio de las evaluaciones a la parte aérea de plantas de arándano creciendo en distintas mezclas de propagación.

Tratamiento (1)	Nº Brotes	Largo de brotes	Suma largo de brotes	Peso fresco aéreo	Peso seco aéreo	Altura
	nº	cm	cm	g	g	cm
T1	2,89 a*	12,37 abc	35,03 ab	0,84 a	0,41 bc	17,33 a
T2(v)	2,57 a	13,67 c	33,38 ab	1,22 a	0,45 c	19,16 b
A	3,21 a	12,49 bc	39,20 b	0,95 a	0,38 abc	16,94 a
B	3,17 a	11,47 abc	33,29 ab	0,90 a	0,32 ab	16,15 a
C	2,90 a	11,15 ab	30,91 a	1,10 a	0,29 ab	15,91 a
D	3,13 a	10,12 a	29,43 a	0,92 a	0,28 a	15,48 a

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.
*Promedios con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) al realizar la prueba de Tukey B^{a,b}.

En cuanto al número de brotes no existieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, sin embargo, es posible observar tendencias en el comportamiento de

éstos. Los tratamientos A y B son los que obtuvieron los mayores valores de número de brotes.

Para el largo de brotes, los resultados muestran que el tratamiento testigo del vivero T2(v) junto con el tratamiento A fueron los que lograron mayor largo promedio de brotes. Aún cuando sólo es clara la diferencia estadística entre el tratamiento T2(v) y el tratamiento D los resultados pueden ser analizados como una tendencia, de manera de determinar tratamientos con mejores respuestas a los sustratos. Relacionado con lo observado en la evaluación de número de brotes, se debe señalar que si bien el tratamiento T2(v) es el que tiene un menor número de brotes, es a la vez el que presenta los brotes más largos. El tratamiento A por su parte mantiene un buen comportamiento en el crecimiento, manifestado en un alto número de brotes y un buen largo de éstos en comparación a los demás tratamientos. El largo de los brotes es muy importante en la producción comercial de plantas de arándano, pues el comprador busca plantas con gran cantidad de hojas ⁽²⁾. Experimentalmente se ha determinado que existe una relación entre el largo del brote principal y el área foliar del mismo en plantas de vid, con un valor de $r^2=0,90$ (Kusch, 2005), lo cual determina que plantas que tengan un mayor largo de brotes, como es el caso de los tratamientos T2(v), A y T1 tenderían a presentar un mayor número de hojas, y serían plantas potencialmente más fotosintéticas, lo que se traduciría en un crecimiento y desarrollo más precoz de las mismas.

El crecimiento de las plantas de arándano medido en base a la suma promedio del largo de los brotes (Cuadro 5) manifestó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados. Este parámetro está muy relacionado al anterior, por cuanto también tendrá relación con la cantidad de hojas que presente la planta. De los resultados antes mencionados para esta variable se observa estadísticamente mejor el tratamiento A, en comparación a los tratamientos C y D. El tratamiento A además supera en un 10% al tratamiento testigo T1 y en un 17% al tratamiento testigo T2(v), aún cuando el análisis de los datos no arroja diferencias estadísticas significativas entre estos dos tratamientos.

Para el peso fresco de la parte aérea tampoco se encontraron diferencias significativas (Cuadro 5), no obstante lo anterior, se puede señalar que T2(v) y C fueron los que presentaron un mayor peso fresco de la parte aérea. De lo mencionado anteriormente, se destaca que el tratamiento testigo del vivero T2(v) presentaba un menor número de brotes promedio por planta, pero un mayor largo promedio por brote, y de sumatoria del largo de los brotes, lo que en definitiva conformaba una planta con un buen peso fresco pero con pocas ramificaciones. El tratamiento C, no es tan consistente en obtener altos valores en las evaluaciones realizadas de número de brotes, largo de brotes y sumatoria del largo de los brotes, obtiene el segundo mejor peso fresco aéreo, aún cuando para esta variable ningún tratamiento es superior a los demás al no encontrarse diferencias estadísticas significativas. En cuanto al tratamiento A, el tercer mejor peso fresco aéreo, presentaba un alto número de brotes, un buen largo promedio de brotes, el más alto valor de sumatoria promedio del largo de los brotes, lo que en definitiva determinó que este sustrato diera un buen peso fresco promedio.

Para el peso seco de la parte aérea (Cuadro 5) se presentaron diferencias significativas entre las distintas mezclas siendo los tratamientos testigos, T1 y T2(v) los que

⁽²⁾ Comprador de plantas de arándano, 2007. "Comunicación personal"

obtuvieron los mayores pesos secos. Nuevamente, al igual que para la evaluación del largo promedio de brotes, sólo es clara la diferencia entre el tratamiento testigo T2(v) y el tratamiento D.

Con respecto a la medición de la altura de las plantas de arándano en los distintos sustratos, se desprende que, en cuanto a altura de las plantas, no se manifestaron diferencias estadísticas significativas entre las nuevas mezclas propuestas. De los resultados obtenidos, el mejor tratamiento fue el testigo T2(v), que fue estadísticamente distinto a las demás mezclas, y que en términos de valores logra una altura promedio de 19,16 cm, superior en un 10% al segundo mejor tratamiento en altura, que fue el T1.

Evaluaciones de crecimiento de las raíces

El sistema radical del arándano es superficial, de raíces finas, fibrosas y de poca extensión. Muy importante es la desventaja de no contar con pelos radicales, por lo tanto, las raíces más jóvenes son las encargadas de la absorción. Esta situación genera una capacidad de absorción mucho menor comparado con otras especies (Buzeta, 1997).

El óptimo crecimiento de las plantas depende de la expansión del sistema radical en busca de nutrientes. Cualquier barrera o restricción al máximo desarrollo radical puede afectar en forma negativa el rango de respuestas en el crecimiento de la planta (Nicolosi y Fertz, 1980).

Los resultados de la evaluación de crecimiento de las raíces de las plantas de arándano creciendo en las distintas mezclas se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados promedio de las evaluaciones a las raíces de plantas de arándano creciendo en distintas mezclas.

Tratamiento (1)	Superficie de raíces	Peso fresco raíz	Peso seco raíz
	cm ²	g	g
T1	32,61 c*	1,85 b	0,43 c
T2(v)	27,43 b	1,41 ab	0,31 ab
A	26,10 ab	1,43 ab	0,36 bc
B	24,30 ab	1,42 ab	0,30 ab
C	21,62 a	1,57 ab	0,32 ab
D	22,33 ab	1,11 a	0,24 a

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.
*Promedios con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) al realizar la prueba de Tukey B^{a,b}.

En la superficie de raíces existieron diferencias significativas. Donde el tratamiento testigo T1 fue significativamente mayor y distinto al resto de las mezclas ensayadas (Cuadro 6). Este tratamiento presenta un 18% más de superficie de raíces que el segundo mejor tratamiento, el testigo T2(v). En relación a las mezclas propuestas sólo el tratamiento C se distancia significativamente en menor crecimiento en cuanto a superficie de raíces, obteniendo un 33% menos de superficie en comparación al tratamiento T1.

La literatura señala que una menor densidad aparente facilita el libre movimiento y crecimiento del sistema radical y el normal desarrollo de las plantas (Miller y Donahue, 1995), lo cual es concordante con los resultados obtenidos en relación a la densidad aparente (Cuadro 2), en la cual se observa que los tratamientos T1, A y T2(v), que presentaron una menor densidad aparente coincidieron con los que obtuvieron una mayor superficie de raíces.

Relacionando las mediciones de volumen de espacio de aire con lo obtenido en las evaluaciones a las plantas, se aprecia que el tratamiento C es el que presenta una menor superficie de raíces, y es precisamente este tratamiento el único que supera el rango óptimo de aireación señalado en la literatura. Esto podría haber influido en el caso del tratamiento C en una menor exploración por parte de las raíces. No obstante este menor crecimiento en superficie en ningún caso significó que la aireación fuese una limitante en el crecimiento de las raíces de los arándanos en estas mezclas.

En el Cuadro 6 se puede apreciar que tanto en peso fresco como seco de raíces, el tratamiento que obtuvo un mayor promedio fue el tratamiento testigo T1, el cual, para la variable peso fresco de raíces es sólo significativamente distinto al tratamiento D. Para peso seco de las raíces también es claramente distinto estadísticamente del tratamiento D, al igual que el tratamiento A.

Ensayo Dos

Características Físicas de las mezclas

Para este ensayo sólo se realizó una caracterización inicial de los sustratos que se presenta a continuación en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados promedio de la mediciones de las características físicas realizadas a los tratamientos.

Tratamientos (1)	Da ¹	EP ²	CAA _v ³	VEA ⁴
	g·cm ⁻³	%	%	%
T1	0,08 a	71,03 a	48,16 a	22,87 a
T2 (v)	0,06 a	64,77 a	20,41 a	44,36 b
A	0,12 b	66,96 a	54,61 a	12,35 a
B	0,12 b	62,63 a	53,69 a	8,95 a
C	0,16 bc	66,31 a	42,37 a	23,94 a
D	0,16 bc	61,63 a	51,89 a	9,74 a

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.

*Promedios con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) al realizar la prueba de Tukey B^{a,b}.

Da¹: densidad aparente; EP²: espacio poroso total; CAA_v³: capacidad de almacenamiento de agua, en base a volumen; VEA⁴: volumen de espacio de aire libre.

Densidad Aparente (Da). Los datos obtenidos de la medición de la densidad aparente efectuada a los sustratos previamente al desarrollo del ensayo, mostraron diferencias

significativas sólo entre los tratamientos testigos, T1 y T2(v), y las demás mezclas (Cuadro 7).

Los valores de densidad aparente en los distintos tratamientos fluctuaron entre 0,06 y 0,16 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, lo cual se encuentra dentro del valor óptimo para cultivos en sustratos, menor a 0,4 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, mencionado por Ansorena (1994). Por otra parte, Jenkins y Jarrel (1989) señalan un óptimo entre 0,15 y 1,3 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, por lo que sólo los tratamientos C y D se encontrarían dentro de ese rango.

En términos del trabajo en los viveros, la baja densidad observada en las mezclas es económicamente beneficiosa debido a que mejora la capacidad operacional del medio de cultivo, disminuyendo los costos de manipulación y transporte de los materiales utilizados en las mezclas (Abad, 1993).

De acuerdo a las características particulares de densidad aparente de cada uno de los materiales que componen las mezclas de este ensayo, la turba fluctúa entre 0,05- 0,2 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, la fibra de coco entre 0,05- 0,1 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, y el compost presenta un valor alrededor de 0,21 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Aun cuando en este caso los valores obtenidos en las mezclas se encuentran dentro de los rangos de densidad aparente individuales de sus componentes, en la literatura se menciona que, en términos generales, en la mezcla de materiales de distinto tamaño, se producirá un aumento de la densidad aparente del sustrato, debido a un empaquetamiento de las partículas (Burés, 1997). Además se debe mencionar que los tratamientos prototipos, A, B, C y D muestran una mayor densidad aparente que los tratamientos testigos, lo que podría atribuirse a la presencia en su mezcla de compost, el cual posee una mayor densidad aparente como característica, lo cual se manifestó además, en diferencias significativas con respecto a los tratamientos testigos.

Producto que el origen de los materiales constituyentes de las mezclas fueron los mismos, se puede relacionar los valores de las propiedades físicas obtenidos en los dos ensayos. En ambas mediciones los tratamientos tuvieron resultados similares en cuanto a densidad aparente, siendo las mezclas testigos las que obtuvieron la menor densidad, debido a que los materiales tenían diferente origen.

Porosidad (EP). Ansorena (1994) y Burés (1997) señalan que en medios de cultivos, como son los sustratos, es importante contar con una elevada porosidad, ojalá cercana al 85%, que permita alojar en el pequeño volumen del contenedor cantidades elevadas de aire y agua.

En el Cuadro 7 se observan los resultados obtenidos en los distintos tratamientos para espacio poroso.

El espacio poroso no mostró diferencias estadísticas significativas entre las distintas mezclas de este ensayo. Los valores fluctuaron entre un 62 y un 71%, y aún cuando estos valores son menores al 85%, esto no pareció afectar el crecimiento de las raíces.

La turba tiene una porosidad de 95%, la fibra de coco superior al 80% y el compost de un 88% (Burés, 1997), lo que se vio expresado en características de porosidad medianamente aceptables, aún cuando las mezclas no alcanzaron el nivel óptimo

cercano al 85%. Como se señaló para el ensayo 1, algo que podría explicar que la mezcla de tres componentes de características de alta porosidad determine un sustrato con cambios en sus propiedades físicas, tales como mayor densidad aparente y menor porosidad, se debe a que la mezcla de distintos tamaños de partículas produce un reordenamiento de las mismas, que genera una contracción del volumen, esto porque partículas pequeñas se ubican en los espacios que antes quedaban entre las partículas de mayor tamaño (Burés, 1997). Lo importante dentro de las propiedades físicas de los sustratos, no es solamente que posea una porosidad alta, sino que ésta se encuentre convenientemente repartida entre espacios ocupados por aire y por agua (Ansorena, 1994).

Se observa una relación inversa entre el espacio poroso y la densidad aparente (Cuadro 7) en los tratamientos testigos y el prototipo D al igual que lo señalado en la literatura (Burés, 1997).

Considerando que los materiales constituyentes de las diferentes mezclas utilizadas en los dos ensayos tuvieron un mismo origen, y debido a que las mediciones a las propiedades físicas fueron realizadas con anterioridad al desarrollo de las plantas en los sustratos y aún cuando los ensayos fueron efectuados de manera independiente entre sí, cabe mencionar que los sustratos debieran mostrar propiedades físicas similares en ambos estudios. En relación al porcentaje de espacio poroso se observó una situación contrastante en el tratamiento testigo T1, que en el ensayo 1 tuvo un 22% y en el ensayo 2, un 71%. Este último valor se acerca más a los valores obtenidos por los demás tratamientos, por lo que el resultado de ese tratamiento en el ensayo uno se atribuye a un error en la medición.

Capacidad de almacenamiento de agua en base a volumen (CAAv). Como se señaló anteriormente, el agua cumple un papel fundamental en la dinámica del continuo sustrato- planta- atmósfera (Miller y Donahue, 1995).

El análisis estadístico de los datos no arrojó diferencias significativas entre las distintas mezclas, sin embargo, y tal como se aprecia en el Cuadro 7, los valores fluctuaron entre un 20 y un 55%, siendo el tratamiento A el que presentó el mayor valor y el tratamiento T2(v) el menor.

Relacionando la capacidad de almacenamiento de agua, en base a volumen, entre los dos estudios, se observa que el ensayo 2 presenta valores levemente superiores en comparación al ensayo 1.

Volumen de espacio de aire libre (VEA). Para esta variable, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las mezclas, siendo el tratamiento testigo T2(v) distinto a los demás tratamientos (Cuadro 7).

Los resultados de espacio de aire libre fluctuaron entre un 10% y un 45% entre los distintos tratamientos, presentándose, como se señaló anteriormente, diferencias estadísticas significativas entre las distintas mezclas.

En la literatura se puede encontrar rangos de valores para el espacio de aire libre. Martínez (2005) señala, en términos del rango mínimo, que sustratos con volúmenes de espacio de aire menores a un 15% podrían provocar problemas de asfixia radical en las plantas. Según este valor, los tratamientos A, B y D se encontrarían en una situación problemática para el crecimiento de raíces, sin embargo, como se verá en los resultados obtenidos de las mediciones a las plantas esto no se manifestó en un menor crecimiento de las raíces. En términos del valor máximo de volumen ocupado por aire, Ansorena (1994) fija el valor en un 30%, con lo que de acuerdo a este valor el tratamiento T2(v) lo superaría, aún cuando esto tampoco se manifestó en menor crecimiento de las raíces de ese tratamiento.

Comparando los resultados obtenidos en las mediciones del volumen de espacio de aire entre los 2 ensayos, se observa que el ensayo 1 presentó porcentajes levemente superiores que el ensayo 2.

Características Químicas de las mezclas

pH. En el Cuadro 8 se observan los resultados de pH obtenidos por los distintos tratamientos.

Cuadro 8. pH de los distintos tratamientos para arándano, al inicio y al final del ensayo.

Tratamiento	pH inicial	pH final
A	5,2	4,57
B	5,15	4,55
C	5,68	4,87
D	5,98	4,88
T1	4,45	4,28
T2 (v)	5,71	5,13

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.

Los resultados de la medición del pH de las muestras se observan en el Cuadro 8. De acuerdo con esto, en las mediciones iniciales de pH a las distintas mezclas, se puede mencionar que estas fluctuaron entre el tratamiento T1, con 4,5 y el tratamiento D, con 5,98. En tanto que en las mediciones finales al ensayo, el pH de las mezclas varió entre un 4,3 del tratamiento T1, y un 5,1 de la mezcla T2(v). Con respecto al pH de los componentes de las mezclas por separado, la turba tiene un pH de 4,15; la fibra de coco tiene un valor de 5,32 (Apéndice X); y el compost de orujo de uva tiene un pH promedio de 7,7 (Burés, 1997).

Los resultados de pH obtenidos en este ensayo en las mediciones iniciales (Cuadro 8) se ubican dentro del rango aceptado como óptimo para la mayoría de las plantas. Sin embargo, se escaparían de los valores óptimos, señalados por Spiers (1984) y Brightwell (1971), para un buen desarrollo de plantas de arándano, sólo estando entre esos valores los tratamientos T1, A y B. Por otro lado, sólo el tratamiento T1 estaría dentro del rango óptimo de pH, entre 4,0 y 5,0, señalado por Valenzuela (1988).

En relación a las mediciones finales de pH de los tratamientos, salvo la mezcla testigo T2(v), todos se encuentran dentro del rango para un desarrollo óptimo en plantas de arándano mencionados por Valenzuela (1988).

La comparación de las mediciones iniciales con las finales, muestra que todos los tratamientos presentaron una disminución en el pH. Esto podría explicarse, tal como lo señala Ansorena (1994), por el uso de fertilizantes acidificantes o por la descomposición de la materia orgánica presente en las mezclas (Anexo V).

Conductividad Eléctrica (CE). En el Cuadro 9 se presentan los resultados de conductividad eléctrica de los tratamientos.

Cuadro 9. Conductividad eléctrica de los distintos tratamientos para arándano, al inicio y al final del ensayo

Tratamiento	CE inicial	CE final
A	1,37	1,55
B	0,84	1,32
C	1,31	1,25
D	0,47	1,28
T1	2,13	1,74
T2 (v)	0,31	1,54

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.

De acuerdo al Cuadro 9, salvo el resultado de la medición inicial del tratamiento T1, todos los tratamientos presentaron valores menores a los $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, considerados como máximo en condiciones de maceta por Furuta (1972, citado por Goh y Gaynes 1977).

Relacionando las mediciones anteriores con lo que se observará en los resultados de las evaluaciones realizadas a las plantas se deduce que la salinidad no sería un factor limitante en el crecimiento de arándanos en estos sustratos.

Propiedades químicas del agua de riego

El análisis del agua de riego del vivero del ensayo dos (Apéndice XI), mostró valores apropiados para el crecimiento de las plantas (Anexo VII). Estos valores coinciden con el rango entre 5 y 7 de pH señalado por Argo (1998) y con el límite de $1,1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ señalado por Wang (1998).

Resultados de las evaluaciones de crecimiento de la parte aérea

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de la evaluación de crecimiento de la parte aérea de las plantas de arándano creciendo en las distintas mezclas.

Cuadro 10. Resultados promedios de las evaluaciones a la parte aérea de plantas de arándano creciendo en distintas mezclas.

Tratamiento (1)	Nº Brotes	Largo brotes	Suma largo de brotes	Peso fresco aéreo	Peso seco aéreo	Altura
	nº	cm	cm	g	g	cm
T1	3,71 ab*	19,47 a	71,06 ab	20,36 a	5,93 a	34,58 a
T2(v)	4,00 abc	15,33 a	63,42 ab	15,48 a	4,59 a	28,09 a
A	4,38 bc	17,73 a	81,75 ab	24,15 a	6,90 a	34,72 a
B	4,83 c	19,58 a	94,90 b	24,14 a	7,41 a	33,37 a
C	3,09 a	18,13 a	57,02 a	18,49 a	5,51 a	32,86 a
D	3,18 a	16,11 a	56,81 a	19,39 a	5,58 a	28,30 a

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1. *Promedios con la misma letra, en cada columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) al realizar la prueba de Tukey B^{a,b}.

Con respecto al número de brotes se aprecia en el Cuadro 10 que existieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, observándose que el tratamiento B fue el que presentó un mayor número de brotes por planta, seguido por los tratamientos A y T2(v) siendo los 3 estadísticamente iguales. Los tratamientos C y D obtuvieron el menor número de brotes y fueron significativamente distintos a las mezclas A y B.

Para largo promedio de brotes, los resultados no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero aún así, se observa en el Cuadro 10 que el tratamiento B fue el que obtuvo un mayor largo promedio de brotes, seguido del tratamiento testigo T1. Esto está relacionado a plantas con una mayor área foliar, tal como se señaló para el ensayo 1. Además se debe señalar que el tratamiento B, además de presentar el mayor número de brotes produce brotes más largos.

El crecimiento de las plantas de arándano medido en base a la suma promedio del largo de los brotes (Cuadro 10) manifestó diferencias significativas entre las diferentes mezclas. El mejor tratamiento en cuanto a esta variable fue el B, que es distinto estadísticamente sólo a los tratamientos C y D. El segundo mejor tratamiento fue el A, que no es distinto a las demás mezclas.

Para el parámetro peso fresco de la parte aérea no se encontraron diferencias significativas. No obstante, en el Cuadro 10 se observa que las mezclas prototipos A y B son las que presentan los mayores valores en peso fresco de la parte aérea, lo que es concordante con la situación obtenida en cuanto a número de brotes y a sumatoria del largo de los brotes. El tratamiento testigo T2(v) fue el que mostró un menor peso fresco aéreo. El que no se hayan encontrado diferencias estadísticamente significativas para el parámetro de peso fresco de la parte aérea, pudiera responder a que una planta de estaca, en primera instancia, crece fundamentalmente a base de las reservas acumuladas, no siendo totalmente o exclusivamente dependiente de las propiedades físicas y químicas del sustrato para su crecimiento (Soto, 1993). Lo anterior se ha observado en la

propagación de arándanos por estaca leñosa. Eck (1988) y Muñoz (1991) señalan que cuando las estacas tienen temperatura, luminosidad y humedad relativa adecuada, brotan y crecen durante 1 a 2 meses antes de emitir sus raíces. Si bien estos autores no lo señalan expresamente, se entiende que el crecimiento durante ese período es totalmente dependiente de las reservas que tienen las estacas e independientes del sustrato.

Para el peso seco de la parte aérea en los distintos tratamientos, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las distintas mezclas. Los tratamientos A, B y el testigo T1 son los que obtuvieron mejor peso seco aéreo.

Para la altura de plantas (Cuadro 10), no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Se puede apreciar que los tratamientos A y T1 son los que presentaron las plantas más altas. Seguido de las mezclas B y C. Las más bajas fueron las de las mezclas D y T2(v).

Resultados de las evaluaciones de crecimiento de las raíces

Los resultados de la evaluación de crecimiento de las raíces de las plantas de arándano creciendo en las distintas mezclas se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Resultados promedio de las evaluaciones a las raíces de plantas de arándano creciendo en distintas mezclas.

Tratamiento (1)	Superficie de raíces	Peso fresco raíz	Peso seco raíz
	cm ²	g	g
T1	78,14 a*	3,75 a	1,01 a
T2(v)	120,37 ab	7,59 ab	2,01 ab
A	121,48 ab	7,83 ab	2,08 ab
B	145,21 b	9,35 ab	2,68 b
C	124,70 ab	10,12 b	2,48 b
D	96,09 ab	5,54 ab	1,62 ab

(1) / Para la composición de las mezclas de los sustratos que constituyen los tratamientos, véase Cuadro 1.
*Promedios con la misma letra, en cada columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) al realizar la prueba de Tukey B^{a,b}.

Para el parámetro superficie de raíces, existieron diferencias significativas (Cuadro 11). El tratamiento B, sólo distinto estadísticamente al tratamiento testigo T1, casi lo duplica en cuanto a superficie de raíces.

La superficie radical en plantas de arándano es de vital importancia para un buen crecimiento y desarrollo de las raíces debido a que carecen de pelos radicales, y por lo tanto requieren de una mayor cantidad de raíces para ser eficientes en la absorción de agua. Se debe analizar eso si, que las raíces no sean de tipo leñosas, las cuales son poco absorbentes. Esto se relaciona al peso fresco y seco de raíces que será analizado a continuación.

En la literatura se señala que una menor densidad aparente facilita el libre movimiento y crecimiento del sistema radical y el normal desarrollo de las plantas (Miller y Donahue,

1995), lo cual no es tan concordante con los resultados obtenidos en relación a la densidad aparente (Cuadro 7), en la cual se observa que el tratamiento testigo T1 que presentó una menor densidad aparente es a la vez el que tiene un menor desarrollo de raíces en cuanto a superficie.

En el Cuadro 11 se aprecia que en las mediciones de peso fresco y seco de raíces, los tratamientos que obtuvieron mayores valores promedio fueron las mezclas B y C. En peso fresco de raíces, el tratamiento T1 obtuvo el menor valor, siendo distinto estadísticamente a los demás sustratos.

Analizando las evaluaciones realizadas a las raíces, se puede señalar que una buena planta sería aquella que presente buena superficie de raíces, de manera de tener una mayor exploración del sustrato, presentando además, buen peso fresco de raíces pero un moderado peso seco, por cuanto las raíces de tipo leñosa, darían un mayor peso seco, y tal como se señaló anteriormente, resultan poco absorbentes.

CONCLUSIONES

- En el Ensayo 1, la influencia del compost, en las propiedades físicas, se manifiesta principalmente en una mayor porosidad. Sin embargo, esa diferencia no se traduce en un mejor crecimiento de las plantas de arándano.
- En el Ensayo 2, las mezclas con una menor proporción de compost en su composición (B y A) presentan un mejor comportamiento, en variables de crecimiento evaluadas donde existieron diferencias significativas (número de brotes, suma de largo de brotes, peso fresco y seco de raíces, y superficie de raíces), que aquellas que presentan un más alto porcentaje.
- La densidad aparente de las mezclas en ambos ensayos se asocia con un mejor crecimiento radical de las plantas de arándano, lo que se traduce en un mejor desarrollo de las plantas.
- Para las condiciones de ambos ensayos, las propiedades químicas de los sustratos ensayados, pH y CE, no constituyen una limitante en el crecimiento de las plantas de arándano, aun cuando algunos tratamientos superen valores establecidos en la literatura.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. pp 47-62. In: Cultivo sin suelo. F. Canovas y J. Díaz. (ed). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. 372 p.
- Abad, M. 1993b. Inventario y características. pp. 65-80. In: Cultivo sin suelo. F. Canovas y J. Díaz. (ed). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. 372 p.
- Abad, M., P. Noguera., R. Puchades., A. Maquieira and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut corri dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology* (82): 241-245.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.
- Argo, W. 1998. Root medium chemical properties. *Hort Technology* 8 (4): 486-494.
- Assis, A.M., R.T. Faria., L.A. Colombo e J.F. Carvalho. 2005. Utilização de substratos à base de coco no cultivo de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae). *Acta Scientiarum Agronomy* 27(2): 255-260.
- Brightwell, W.T. 1971. Rabbiteye blueberries. *Georgia Agr. Exp. Sta. Res. Bulletin*. N° 100. 18p.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas, Madrid. 341p.
- Buzeta, A. 1997. Chile: Berries para el 2000. Departamento Agroindustrial. Fundación Chile. Santiago, Chile. 133 p.
- Caron, J. and V. Nkongolo. 1999. Aeration in growing media: recents developments. *Acta Horticulturae*. 481: 545-551.
- Cerda, R. 2004. Análisis coyuntural y perspectivas del arándano en Chile. Pp. 1-18. In: Vial, C. (ed). *Hortifrut Berries for the World everyday*. Hortifrut S.A. Concepción, Chile. 18 p.
- Childers, N.F. 1978. Modern fruit science; orchard and small fruit culture. Horticultural publications, Rutger University, New Brunswick, New Jersey, 08903. 967p.
- Eck, P. 1988. Blueberry Science Paul Eck. New Brunswick Rutgers University Press. 284 p.
- Evans, M., S. Konduru., and R. Stamps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience*, 31 (6):965-967.

Goh, K. and R. Haynes. 1977. Evaluation of potting media for comercial nursery production of container plants (IV). New Zeland Journal of Agricultural Research 21:449-456.

Gough, R.E. and W. Litke. 1980. Root distribution of Coville and lateblue highbush blueberry under sawdust mulch. J. Amer. Soc. HortScience.108:1064-1067.

Henzi, M. 1988. Propagación del arándano (*Vaccinum corymbosum* L.) por estacas. Tesis Agrónomo. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 63 p.

Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press, San Diego. 365p.

Hsu, Y., M. Tseng and C. Lin. 1996. Container volume affects growth and development of wax-apple. HortScience 31(7): 1139-1142.

INN (Instituto Nacional de Normalización) 2005. Norma Chilena Oficial NCh 2880. Of 2004: Compost, Clasificación y requisitos. Chile, 19p.

Jenkins, J.R. and W.M. Jarrel. 1989. Predicting physical and chemical properties of container mixtures. Horticulture Science. 24(2):292-295.

Konduru, S., M. Evans and R.H. Stamps. 1999. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. HortScience 34(1): 88-90.

Kusch, C. 2005. Caracterización del crecimiento vegetativo y de la fotosíntesis e la vid cv. Cabernet sauvignon, en el Valle del Maipo. Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile., Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 42p.

Letey, J., W. Morgan., J. Richard., and N. Valoras. 1966. Physical soil amendments, soil compaction, irrigation and wetting agents in turfgrass management III. Effects on oxygen diffusion rate and root growth. Agronomy Journal. 58(4):531-535.

Martínez, X. 2005. Identificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Pp. 1-20. *In: Martínez, X. Seminario Internacional sobre Sustratos para Uso en Agricultura. Santiago, Chile. 3 de noviembre de 2005. 20 p.*

Miller, R. and R. Donahue. 1995. Soil in your enviroment. . Prentice Hall, New Jersey. 649p.

Morales, C. 1995. Elaboración de sustratos para su utilización en propagación de plantas frutales, a partir de materiales no tradicionales. Taller de Licenciatura. Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 89p.

Muñoz, C. 1988. Arándano: Antecedentes generales. Instituto de Investigaciones Agrarias Carrillanca.. *In: Seminario: El cultivo del arándano. Temuco, Chile 30 de noviembre, 1 y 2 de diciembre de 1988. pp. 5-13.*

- Muñoz, C. 1990. Métodos de cultivo *in vitro* para arándano. Corporación de Fomento de la Producción. Chile. 96p.
- Muñoz, C. 1991. Presencia de micorrizas en ericáceas e inoculación en arándano ojo de conejo. Tesis de Postgrado. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 117 p.
- Neal, J. and D. Wagner. 1983. Physical and chemical properties of coal cinder as a container media component. *HortScience*. 18(5): 693-695
- Nelson, P. 1998. Greenhouse operation and management. Prentice Hall, New Jersey. 637p.
- Nicolas, H. et P. Cruziat. 1992. L' eau dans la plante in "L'irrigation en horticulture, pépinière et plans en pots". CNIH Ed. Paris: 5- 19
- Nicolosi, R. and T. Fertz. 1980. Evaluation of rootgrowth in varying medium densities and through dissimilar soil surfaces. *HortScience*. 15(5)642-644.
- Pastor, J. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra*, 17 (3): 231- 235
- Pire, R. y A. Pereira. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado de Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro* 15(1): 55-63.
- Poole, R., C. Conover and J. Joiner. 1981. Soil and potting mixture. Pp. 179-202. *In: Foliage Plant Production*. Joiner J. N. (ed). Prentice Hall, Virginia. New Jersey. 202 p.
- Rainbow, A. and N. Wilson. 1998. The transformation of composted organic residues into effective growing media. *Acta Horticulturae*, 469:79-95.
- Rivière, L. and J. Caron. 2001. Research in substrates: state of the art and need for the coming 10 years. *Acta Horticulturae*, 548: 29-37.
- Rojas, C., R. Orellana., E. Sotomayor y M. Varnero. 2005. Fitotoxicidad de extractos de residuos orgánicos y su efecto sobre el índice de germinación de rabanito y pepino. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 15 (2): 61-66.
- Salas, A. 2007. Evaluación de mezclas de residuos orgánicos bioprocesados y otros materiales, para la propagación de vid (*Vitis spp.*). Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 42 p.
- Soto, R. 1993. Efecto de las características físicas y químicas de diferentes mezclas de sustratos en el crecimiento de arándanos en maceta. Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 63 p.

Spiers, J.N. 1984. Influence of lime and sulfur soil additions on growth, yield, and leaf nutrient content of Rabbiteye blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:559-562.

Tan, K. 1998. *Principles of soil chemistry*. Marcel Dekker, New York. 521 p.

USCC (United States Composting Council) 2001. Test methods for the examination of composting council research and education foundation. Chapter 3: Physical parameter. 03.01-B Quick test for bulk density, porosity/ pore space, free airspace and water holding capacity of compost (Sieved). Disponible en: <http://www.tmecc.org>. Leído el 3 de agosto de 2005.

Valenzuela, J. 1988. Requerimientos Agroclimáticos de las Especies de Arándano. Instituto de Investigación Agropecuaria. Pp. 17-23. *In: Seminario: El cultivo del arándano*. Temuco, Chile 30 de noviembre, 1 y 2 de diciembre de 1988. 23 p.

Valenzuela, O. 2000. Sustratos Hortícolas. Un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/hortalizas03.pdf> . Leído el 10 de junio de 2007.

Varnero, M. 2001. Desarrollo de sustratos. Compost y Bioabonos. Pp. 21-30. *In: Experiencias Internacionales en la Rehabilitación de Espacios degradados*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Publicaciones Misceláneas Forestales n°3. 10 p.

Varnero, M. 2004. Guía 3: Determinación de algunos parámetros de control de proceso curso- taller. Producción de compost. Programa de capacitación en biotransformación y gestión ambiental. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 24 y 25 de noviembre de 2004. 9p.

Verdonck, O. 1998. Compost specifications. *Acta Horticulturae*, 469: 169- 177.

Vidal, P. 2005. Fertirriego en berries. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 15 p.

Wang, Y. 1998. Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* Orchid. *HortScience* 33 (2): 247-250.

Wu, L., L.Q. Ma, and G. A. Martínez. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* 29 (2): 424- 429.

Zanetti, M., C. Fernández., J. Cazetta., J. Corá. e D. Mattos Junior. 2006. Caracterização física de sustratos para produção de mudas e porta-enxertos cítricos sob telado. Disponible en: http://www.citrograf.com.br/download/ZANETTI_FISICA_DE_SUBSTRATOS.pdf f. Leído el 15 de marzo de 2007.

Zucconi, F., A. Pera., M. Forte., and M. De Bertoli. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* (22): 54-57.

ANEXO I

Anexo 1.1. Procedimiento utilizado por el vivero en el ensayo uno para la obtención de las plantas de arándano de la variedad Brigitta.

Las plantas se obtienen mediante propagación *in vitro*. Las plántulas pasan del laboratorio a un “speedling” de 416 alvéolos con una capacidad de 8-10 cm³. Las plantas que están algo enraizadas pasan a una bandeja de 50 alvéolos, cuyo volumen es de 30 cm³. Ahí permanecen de dos a tres meses donde posteriormente se trasladan al envase de venta, el contenedor denominado TQ.

Anexo 1.2. Procedimiento utilizado por el vivero en el ensayo dos para la obtención de plantas de arándano de la variedad Marimba.

Las plantas se obtienen de la propagación de estacas herbáceas. Se toman estacas enraizadas de 10 cm provenientes de un “speedling”, en cuyo alvéolo la estaca va enterrada entre 0,5- 1 cm. Luego esta estaca es trasladada al envase final para venta que es una maceta.

ANEXO II

Cuadro 2.1. Manejo fitosanitario mensual realizado en arándanos, ensayo 1.

Semana	i.a. %	Plagas/Enfermedades	Acción	Carencia	Aplicación
1 ^a	Clorpirifos 48% EC	Pulgones, chanchito blanco, mosca blanca, gusano cortador	Contacto, ingestión e inhalación	No tiene	1 vez/semana
	Pyrimethanil 408g/L SC	Botrytis	Contacto translaminar	21 días	1 vez/semana
2 ^a	Carbaril 850g/Kg WP	Langostinos, cuncunillas, Trips	Contacto e ingestión	10 días	1 vez/semana
	Fosetil-Al 800g/Kg WP	<i>Phytophthora</i> sp.	Sistémico ascendente y descendente	No tiene	1 vez/semana
3 ^a	Imidacloprid 200 g/L SL	Pulgones, chanchito blanco, mosca blanca, gusano cortador	Sistémico y Contacto	7 días	1 vez/semana
	Benalaxil 8% p/p + Mancozeb 65% p/p WP	Caída de plantas Mildiú	Sistémico y Contacto	No tiene	1 vez/semana
4 ^a	Endosulfan 50% p/p WP	Langostinos, cuncunillas, Trips,	Contacto e ingestión	16 días	1 vez/semana
	Mefenoxam+ Mancozeb 680g/Kg WP	<i>Phytophthora</i> sp.	Inhibe la síntesis de proteínas	No tiene	1 vez/semana

ANEXO III

Cuadro 3.1. Manejo de fertilización mensual para arándanos ensayo 1.

Semana	Objetivo	Producto	Acción	Carencia	Aplicación
1 ^a	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	ULTRASOL ESPECIAL	Abono Foliar	No tiene	3 veces/semana
2 ^a	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	ULTRASOL ESPECIAL	Abono Foliar	No tiene	3 veces/semana
3 ^a	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	ULTRASOL ESPECIAL	Abono Foliar	No tiene	3 veces/semana
4 ^a	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	ULTRASOL ESPECIAL	Abono Foliar	No tiene	3 veces/semana
Inicio Ensayo	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	MULTOCOTE	Fertilizante de liberación lenta	No tiene	1 vez/temporada

ANEXO IV

Cuadro 4.1. Programa fitosanitario en arándanos, ensayo 2.

Época	Objetivo	i.a. %	Plagas/Enfermedades	Acción	Carencia (días)	Aplicación
Antes de los primeros adultos	Control de ácaros	Cyhexatin 600 g/	Araña roja bimaclada	Contacto e ingestación	15	Sólo si existe presencia
Comienzo de primeros ejemplares	Control de pulgones	Pirimicarb 500g/K	Pulgón verde	Contacto y selectivo	7	Repetir cada 15días
Comienzo de babosas y primeros ejemplares	Control 50g/Kg RB caracoles	Metaldehído	Babosas y caracoles	Contacto e ingestación	No tiene	Sólo cuando sea necesario
21 días después del trasplante	Preventivo	Captan 800g/Kg WP Benomil 500g/Kg WP	Hongos	Contacto	No tiene	Cada 15 días si es necesario

ANEXO V

Cuadro 5.1. Programa de fertilización mensual realizado en arándano, ensayo 2.

Época	Objetivo	Producto	Acción	Carencia	Aplicación
Brotación y Crecimiento	Mejorar el follaje	PROFER	Abono Foliar	No tiene	2 veces/semana
Momento del Trasplante	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	ULTRASOL INICIO	Abono Foliar	No tiene	3 veces/semana
Desarrollo de plantas	Mejorar crecimiento de brotes y hojas	ULTRASOL CRECIMIENTO	Abono Foliar	No tiene	1 vez/semana

ANEXO VI

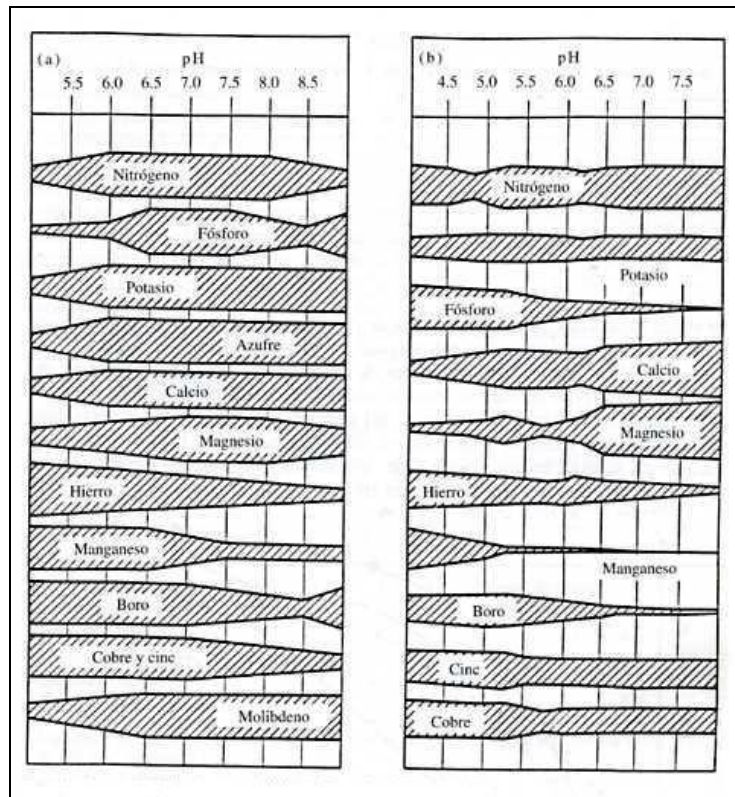


Figura 6.1. Influencia del pH en la asimilabilidad de nutrientes en (a) suelo mineral y (b) sustrato orgánico. Fuente: Ansorena, (1994).

ANEXO VII

Cuadro 7.1. Sugerencias mínimas y máximas para pH y CE en agua de riego utilizada en viveros.

	Biernbaum (1994)		Fafard (1996)		Rose <i>et al.</i> (1995)		Sungro (1996)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
pH	5,5	7,0	5,0	7,0	5,0	7,0	5,0	7,5
C.E. (dS·m⁻¹)	0,2	0,8	0,0	1,0	0,0	1,5	0,0	1,0

Fuente: Argo, 1998. Adaptado por el autor.

APÉNDICE I



Figura 1.1. TQ utilizado como contenedor en el ensayo uno.

APÉNDICE II



Figura 2.1. Maceta utilizada como contenedor en el ensayo dos.

APÉNDICE III



Figura 3.1. Condición inicial de las plantas en el ensayo uno.

APÉNDICE IV



Figura 4.1. Condición inicial de las plantas en el ensayo dos.

APÉNDICE V

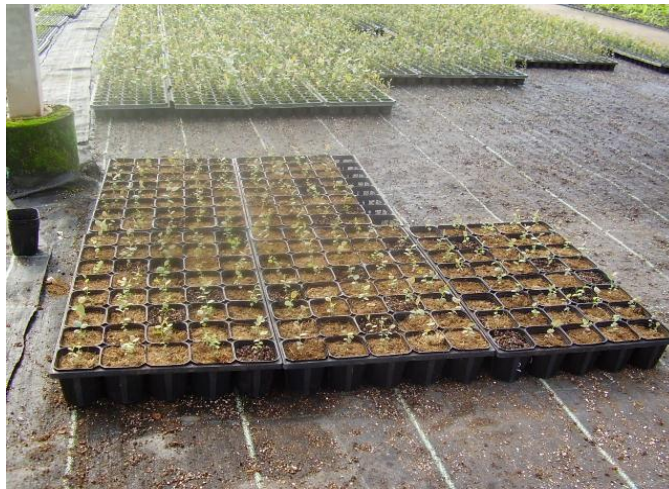


Figura 5.1. Desarrollo de las plantas en el vivero, ensayo uno.

APÉNDICE VI



Figura 6.1. Desarrollo de las plantas en el vivero, ensayo dos

APÉNDICE VII

Materiales utilizados para determinar las propiedades físicas de las mezclas.

- Probetas graduadas, marca Pyrex, de 500 cm³, 250 cm³ y 100 cm³ con precisión de +/- 5 cm³.
- Embudo de vidrio.
- Embudo plástico.
- Tuberías sanitarias PVC de 110 mm, marca Vinilit, fabricación chilena.
- Tapas sanitarios PVC de 110 mm, marca Vinilit, fabricación chilena.
- Pegamento para tuberías, marca Tigre, fabricación chilena.
- Brocas de 3 mm.
- Taladro eléctrico modelo P-3515, 2800 rpm, marca Power Tools, fabricación china.
- Cinta adhesiva, marca 3M, fabricación canadiense.
- Recipientes plásticos de 500 cm³.
- Platos bajos plásticos.
- Agua destilada.

APÉNDICE VIII

Materiales utilizados para determinar las propiedades químicas de las mezclas (pH y Conductividad eléctrica)

- Papel filtro, grado 2, marca Advactec MFS, Inc. Fabricación estadounidense.
- Vasos plásticos de 90 cm³.
- Embudos de vidrio, marca Pirex. Fabricación estadounidense.
- Agua destilada.
- Bagueta de vidrio.

APÉNDICE IX

Densidad aparente (Da): Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente que ocupan.

Espacio poroso total (EP): Porcentaje de volumen que no se encuentra ocupado por la fase sólida (partículas orgánicas o minerales), es decir es el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor.

Capacidad de aireación (VEA): Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar, usualmente a 10 cm de tensión de columna de agua.

Capacidad de almacenamiento de agua (CAA): Se define como la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión mátrica, y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de columna de agua.

APÉNDICE X

Cuadro 10.1. Valores de pH y conductividad eléctrica (CE) de algunos materiales utilizados en las mezclas.

Material	pH	C.E (dS·m ⁻¹)
Turba Sunshine (canadiense)	4,15	0,27
Fibra de coco MISTO 98® (brasileña)	5,32	2,64

APÉNDICE XI

Cuadro 11.1. Valores de pH y conductividad eléctrica (CE) del agua de riego utilizada en los viveros.

Ensayo	pH	CE (dS·m ⁻¹)
Uno (Viverosur)	7,14	0,3
Dos (Biotecnia)	6,93	0,4

APÉNDICE XII



Figura 12.1. Sistema implementado en ambos ensayos para estimar la superficie de raíces de las plantas de arándano.