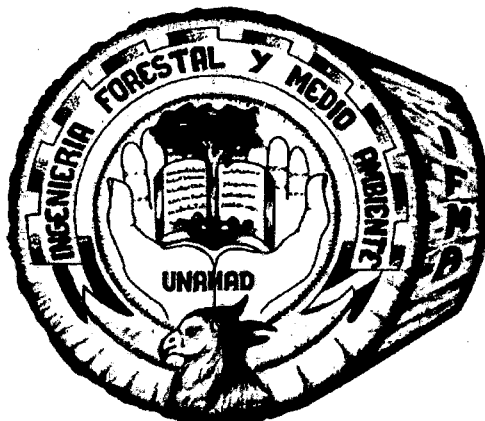


“Madre de dios Capital de la Biodiversidad”  
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL  
Y MEDIO AMBIENTE

TESIS:

**“INFLUENCIA DE 12 SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO DE *Bertholletia excelsa* H.B.K. EN VIVERO, EL CASTAÑAL, TAMBOPATA, MADRE DE DIOS”**

TESISTA: EDGAR CUSI AUCA

Bachiller en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

PUERTO MALDONADO - PERÚ

2013

## DEDICATORIA

A mí amada familia, pues es la razón de mi vida, mi esposa el ejemplo de perseverancia y sacrificio y mi hijo la inspiración y alegría.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento al Ing. Msc Joel Peña Valdeiglesias quien fue mi asesor en la elaboración de esta tesis y al Ing. Msc. Ronald Corvera G. mi coasesor y al Ing. Msc Telésforo Vasquez Z. por sus acertadas sugerencias y amistad.

Además hago extensivo este agradecimiento a todos mis compañeros de trabajo del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – Madre de Dios, por el apoyo y facilidades brindadas durante el desarrollo de esta tesis, así como a mis amigos de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de madre de Dios, con quienes compartí jornadas académicas y a aquellos jóvenes con los que ahora me toca compartir mis conocimientos.

## PRESENTACIÓN

La actividad forestal de Madre de Dios está centrada, principalmente, en la explotación de los recursos forestales ya existentes en nuestros bosques, los mismos que muchas veces por un mal manejo pone en riesgo la existencia de muchas especies y el ambiente donde se encuentran.

La ampliación de la frontera agrícola optimizada por la construcción de la carretera Interoceánica Sur, genera muchas áreas en constante degradación principalmente fortalecida por una pésima política de promoción productiva principalmente de pasto, los cuales podrían utilizarse para el desarrollo de plantaciones forestales con especies de gran valor en la región y que ayudarían a recuperar el paisaje y convertirlo en áreas productivas.

El presente trabajo de investigación, pretende contribuir con el conocimiento nuevas tecnologías en la producción de plantas de castaña en la Región Madre de Dios utilizando productos de desecho agrícola o agroindustrial, con la finalidad de lograr bajos costos y buena calidad en la producción de plantas que permitan aseguren planes de reforestación accesibles al poblador rural o a las instituciones o Empresas privadas que así lo requieran, permitiendo además ampliar las poblaciones de castaña y contribuyendo a la conservación de la especie como a la economía regional.

Sin lugar a dudas este aporte se verá reforzado por la contribución de otros trabajos de investigación que coadyuven a que la especie castaña, tenga un papel importante en la región y no solamente por ser una especie emblemática, sino también porque sus características silviculturales así lo permiten.

## INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
CAPITULO I	4
1. MARCO TEORICO	4
1.1 Producción de plantas en vivero	4
1.2 Uso de los contenedores	4
1.3 Sustratos	5
1.4 Propiedades físicas de los sustratos	7
1.4.1 Porosidad total	7
1.4.2 Porosidad de aireación	7
1.4.3 Capacidad de retención de agua	7
1.4.4 Densidad aparente	7
1.4.5 Densidad real o de partículas	8
1.5 Parámetros morfológicos utilizados en la evaluación de plantas	8
1.5.1 Número de hojas	8
1.5.2 Diámetro del cuello	9
1.5.3 Altura del tallo y raíz	9
1.5.4 Peso seco del tallo y raíz	10
1.6 Índices morfológicos utilizados en la evaluación de plantas	10
1.6.1 Relación Tallo/Raíz (Iverson, 1984)	11
1.6.2 Relación diámetro del cuello/altura	11
1.6.3 Relación Peso seco tallo/Raíz	12
1.6.4 Índice de Esbeltez de Schmidt Vogt (Schmidt, 1980):	12

1.6.5 Índice de calidad de Dickson, (Dickson et al, 1960).	13
1.7 Descripción de la especie <i>Bertholletia excelsa</i> HBK	13
1.7.1 Descripción Botánica y taxonómica	13
1.7.2 Características de la especie	14
CAPITULO II	17
2. MATERIALES Y METODOS	17
2.1 Descripción del área de estudio	17
2.2 Caracterización del medio físico	18
2.2.1 Climático	18
2.2.2 Fisiográfico y edafológico	18
2.2.3 Vegetación	19
2.3 Descripción del material genético vegetal	19
2.4 Descripción del vivero y de los contenedores	20
2.5 Descripción de los sustratos utilizados	20
2.5.1 Bagazo de caña.	21
2.5.2 Tuza de maíz.	21
2.5.3 Partículas de castaña.	21
2.5.4 Aserrín.	22
2.5.5 Cascarilla de arroz carbonizada.	22
2.5.6 Arena.	22
2.6 Diseño experimental, Tratamiento y análisis de datos.	24
2.7 Análisis de las propiedades físicas de los sustratos	25
2.7.1 Toma de muestras de los sustratos en evaluación.	25
2.8 Análisis de las propiedades químicas	27
2.9 Evaluación morfológica.	27
2.9.1 Parámetros morfológicos evaluados:	28
Número de hojas verdaderas	28
DAC	28
Altura	28
Peso fresco	29
Peso seco	29

2.9.2 Índices morfológicos	29
2.10 Características edafoclimáticas	30
<b>CAPITULO III</b>	<b>31</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>31</b>
3.1 Análisis físicos de los sustratos	31
3.1.1 Porosidad total	32
3.1.2 Porosidad de aireación	33
3.1.3 Capacidad de retención de agua	34
3.1.4 Densidad aparente	35
3.1.5 Densidad real	37
3.2 Análisis químicos de los sustratos	38
3.2.1 Potencialidad de hidrógeno pH	39
3.2.2 Conductividad eléctrica (CE)	40
3.3 Parámetros morfológicos	41
3.3.1 Número de Hojas	42
3.3.2 DAC (Diámetro a la altura del cuello)	43
3.3.3 Altura del Tallo	44
3.3.4 Longitud de la Raíz	46
3.3.5 Altura total	47
3.3.6 Peso húmedo tallo	48
3.3.7 Peso húmedo raíz	49
3.3.8 Peso húmedo total	50
3.3.9 Peso seco tallo	51
3.3.10 Peso seco raíz	52
3.3.11 Peso seco total	53
3.4 Índices morfológicos	54
3.4.1 Relación Tallo /Raíz	54
3.4.2 Relación DAC/Altura	55
3.4.3 Relación Peso seco Tallo/Raíz	56
3.4.4 Índice de Esbeltez de Schmidt Vogt	57
3.4.5 Índice de calidad de Dickson	58

3.5 Correlación de las propiedades físicas de los sustratos con el Índice de Dickson.	60
Conclusiones	61
Recomendaciones	62
Bibliografía	63
Anexo	69
Anexo 1 Registro de las variables dasométricas	70
Anexo 2 Prueba de Normalidad de Shapiro Wils Modificado	83
Anexo 3 Resultados de Análisis Estadísticos con el programa Infostat	85
Anexo 4 Registro fotográfico	94
Anexo 5 Registro de datos de las propiedades físicas	97
Anexo 6 Resultado de los Análisis químicos de los sustratos	100
Reseña Biográfica	102



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación del Centro de Investigación “Roger Beuzeville Zumaeta”	18
Figura 2	Croquis de distribución de las unidades experimentales	24
Figura 3	Niveles óptimos de porosidad total para un sustrato ideal	32
Figura 4	Rangos óptimos para la porosidad de aireación de un sustrato ideal	33
Figura 5	Rangos óptimos para la capacidad de retención de agua de un sustrato ideal	35
Figura 6	Valores referencial para la densidad aparente de un sustrato ideal	36
Figura 7	Valor referencial de densidad real para un sustrato ideal	37
Figura 8	Rangos óptimos referenciales de pH para un sustrato ideal	39
Figura 9	Rangos obtenidos de CE de los sustratos evaluados	40
Figura 10	Número de hojas verdaderas por sustrato	42
Figura 11	Rango de DAC para una planta ideal.	44
Figura 12	Valores medios de las alturas del tallo	44
Figura 13	Valores medios de las altura de la raíz de los sustratos evaluados	46
Figura 14	Valores medios de las altura total	47
Figura 15	Valores medios del peso húmedo del tallo	48
Figura 16	Valores medios del peso húmedo de la raíz.	49
Figura 17	Valores medios del peso húmedo total	50
Figura 18	Valores medios del peso seco del tallo	51
Figura 19	Valores medios del peso seco de la raíz	52

Figura 20	Valores medios del peso seco total	53
Figura 21	Rango de valores óptimos de la relación Tallo/Raíz para una planta ideal	55
Figura 22	Rango de valores óptimos para la relación DAC/Altura de una planta ideal	56
Figura 23	Valores medios de la relación Peso seco Tallo/Raíz	57
Figura 24	Rango del valor óptimo para el índice de esbeltez de Schmidt Vogt de una planta ideal	58
Figura 25	Rango de valores óptimos para el índice de calidad de Dickson de una planta ideal	59
Figura 26	Estufa eléctrica utilizada para el secado de las muestras	95
Figura 27	Porómetros con los sustratos a evaluar	95
Figura 28	Camas de germinación de castaña	95
Figura 29	Semillas de castaña germinadas con dos pares de hojas	96
Figura 30	Plántulas repicadas en tubetes de 400cc	96
Figura 31	Planta de castaña producida en tubete con 5 meses de edad	96

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los componentes usados en la formulación de los sustratos	20
Tabla 2 Distribución de los componentes de los sustratos y sus proporciones	23
Tabla 3 Propiedades físicas de los sustratos y sus fórmulas.	27
Tabla 4 Índices morfológicos de los sustratos y sus fórmulas	29
Tabla 5 Datos meteorológicos tomados en la EEA "Fitzcarrald" Km 21 CMQ	30
Tabla 6 Análisis de varianza y significación de propiedades físicas de los sustratos evaluados	31
Tabla 7 Resultados de análisis químicos de los sustratos evaluados.	38
Tabla 8 Valores promedios determinados para los parámetros morfológicos obtenidos en plántulas de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK	41
Tabla 9 Peso húmedo y seco del tallo y raíz de las plántulas de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK	48
Tabla 10 Índices morfológicos de las plántulas de <i>Bertholletia excelsa</i> HBK	54

## RESUMEN

En Madre de Dios, la producción de plantas de castaña, se realiza en bolsas plásticas, utilizando principalmente suelo agrícola, el Bagazo de caña de azúcar, Aserrín, Tuza de maíz, cáscara de almendras de castaña, son desechos de la agroindustria que pueden ser usados como sustratos.

Este trabajo fue conducido en el vivero de plantas del Instituto de investigaciones de la Amazonia peruana filial Madre de Dios, con el objetivo de evaluar la influencia de 12 sustratos en el crecimiento de *Bertholletia excelsa* HBK en vivero producido en tubetes. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 12 tratamientos y 40 repeticiones, los datos fueron sometidos al análisis de varianza y test de tuckey, a 5% y 1% de probabilidad.

La evaluación de las mezclas incluyó la caracterización física (porosidad total, porosidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente, densidad real o de partículas) y químicas (pH, conductividad eléctrica) y parámetros e índices morfológicos de las plantas de *Bertholletia excelsa* HBK

El sustrato 1 fue compuesto por una mezcla de Bagazo de caña de azúcar, cáscara de arroz carbonizada y arena en la proporción 3-2-1, y su porosidad total fue de 77.78%, Porosidad de aireación 20.84% Capacidad de retención de agua 56.94%.

Para todas las variables analizadas, las plantas producidas con el sustrato 1 fueron significativamente superior, obteniendo en promedio valores de 21.19 cm de altura, 4.02 mm de DAC, y 0.45 de Índice calidad de Dickson, seguidas por los sustratos 2,4 y 9.

Palabras claves: *Bertholletia excelsa* HBK, Sustrato, calidad de planta, bagazo de caña de azúcar, tuza de maíz, aserrín, cáscara de castaña.

## ABSTRACT

Castaña plant production is performed in bags plastic In Madre de Dios, mainly uses agricultural land, the sugar cane bagasse, sawdust, maize cobs, shell from castaña, are subproducts of the agro industry, which can be used as substrates

This study was performed in the seedling nursery of the Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), branch Madre de Dios, in order to evaluate the influence of twelve substrates on the growth of *Bertholletia excelsa* HBK in nursery produced in tubes. A complete random design was used, with 12 treatments and 40 repetitions, data were subjected to analysis of variance and tuckey test at 5% and 1% significance.

Evaluation included physical (total porosity, aeration porosity, water retention capacity, bulk density, particle density) and chemical (pH, electrical conductivity) and morphological parameters and indices of plants de *Bertholletia excelsa* HBK.

The substrate 1 was composed by a mixture of sugar cane bagasse, carbonized peel of rice and sand in the proportion of 3:2:1, and total porosity was 77.78%, aeration porosity 20.84%, water holding capacity 56.94%.

After the analysis of all the variables, the results indicate that the substrate 1 was significantly superior, obtaining in average values of 21.19 cm height, 4.02 mm de DAC and 0.45 the Dickson index of quality, followed by substrates 2, 4 and 9.

Key-words: *Bertholletia excelsa* HBK, Substratum, seedling quality, sugar cane bagasse, maize cobs, Sawdust, Shell from castaña.

## INTRODUCCIÓN

La Castaña Amazónica (*Bertholletia excelsa* HBK), es una especie forestal de mucha importancia para la Región Madre de Dios, pues ocupa aproximadamente el 30% de la superficie regional y genera beneficios económicos con su exportación (CTM de la C., 2006), e involucra al 20% de la población local (Agreda, 1999).

El incremento de la frontera agrícola, la quema de bosques y la tala ilegal de la Castaña Amazónica están mermando su población especialmente en el eje carretero, el estudio de la Zonificación Ecológica y Económica de la Región de Madre de Dios, reporta una superficie deforestada para el año 2002 de 141885 ha (IIAP 2002): para el año 2006, es decir 5 años después, la superficie deforestada fue de 266202.88 ha, representando el 3.13% de territorio de la región; estimándose que la tasa de deforestación es de 24863.58 ha/año y de ellas 73157.78 ha. (27.48 %) presentan aptitud para realizar la reforestación con Castaña Amazónica, y 106 534.97 ha. (40.02 %) son medianamente aptas, (Suri, 2008).

Las actividades de Agroforestería que se desarrollan en la región Madre de Dios, especialmente en la provincia Tambopata, incluyen en su diseño a la castaña, siendo la especie forestal que ha mostrado mejor respuesta debido a su rusticidad (Corvera *et al.*, 2010).

El desarrollo de las actividades de reforestación con especies maderables en la región es escasa, utilizándose para ello especialmente las especies teca, tornillo, pashaco blanco y otras en muy poca escala; la Castaña, es una especie que debido a sus buenas características silviculturales califica como una de las más promisorias especies nativas para el repoblamiento en áreas desboscadas de la amazonia considerando su desarrollo, poda natural, producción volumétrica, ausencia de problemas fitosanitarios y amplia base genética (Yared *et al.*, 1993), sin embargo los principales inconvenientes para lograr grandes plantaciones de esta especie son: la restricción legal para realizar el aprovechamiento del recurso madera (lo cual podría modificarse en un futuro cuando se tengan plantaciones legalmente constituidas y registradas) y el alto costo de los plantones y

consecuentemente la mala calidad de ellas, pues aún se desarrollan con tecnología obsoleta, cara y deficiente, lo cual encarece el costo de producción.

Los contenedores que se utiliza en Madre de Dios para la producción de plantones son bolsas de 6" por 12", los cuales utilizan gran cantidad de sustrato en la cual el 50% es tierra y encarecen la producción y el transporte, pudiendo incluso originar malformación radicular por el constante manipuleo (Corvera *et al.*, 2010).

Una forma más eficiente para la producción de plantas es la utilización de tubetes, donde el sustrato utilizado es de menor cantidad y mejor calidad, lo que facilita el desarrollo eficiente de raíces, con menor incidencia de enfermedades, y mejor desarrollo de los plantones, sin embargo los materiales utilizados como sustratos son muy caros, generalmente turba cuya extracción genera impacto al ambiente donde se extrae y son importados, por lo que se planteó la alternativa de desarrollar algunos sustratos en base a materiales de origen vegetal disponibles en la región y que son considerados desechos.

Los sustratos de calidad deben tener características físicas y químicas adecuadas para desarrollar un plantón ideal los cuales se verán reflejados en los parámetros e índices morfológicos, los mismos que en este trabajo han sido evaluados con la finalidad de sugerir el mejor sustrato para la producción de plantones de castaña en tubetes.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la influencia de 12 sustratos en el crecimiento de *Bertholletia excelsa* en vivero producidos en tubetes.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar qué sustrato tiene mejor influencia en el crecimiento de *Bertholletia excelsa* en vivero producido en tubetes.
- Determinar y estimar los parámetros e índices morfológicos de los plantones producidos en tubetes en etapa de vivero.
- Correlacionar las características físicas de los sustratos con el crecimiento de *Bertholletia excelsa*.



## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Producción de plantas en vivero

El vivero es el lugar dónde las plántulas, luego de germinadas y puestas en bolsas de polietileno o en tubetes, desarrollan hasta alcanzar el tamaño adecuado para ser llevadas al terreno definitivo, la plántula de castaña está formada y lista para ir al terreno definitivo, entre 4 a 8 meses desde el repique; el plantón como ya se le denomina mide entre 25 y 40 cm de altura y cuenta con 8 pares de hojas definitivas (Cuculiza, 1998).

En vivero las raíces de la castaña llegan a medir de (12– 15 cm), lo que no permite el repique o trasplante a los envases pues se pueden doblar o enrollar; lo que se corrige podando las raíces hasta una longitud de 8 a 10 cm; el enrollado de las raíces es más perjudicial que la poda prudente de ellas (Cuculiza, 2000).

#### 1.2 Usos de contenedores

Muchos investigadores que estudiaron el uso de diferentes recipientes en la producción de plantas (Bertolani *et al.*, 1975; Barros *et al.*, 1978; Gomes *et al.*, 1990), mencionan que el uso de bolsas de plástico presentan algunas desventajas como: el enrollamiento del sistema radicular, utilización de grandes áreas de vivero, el uso de tierra de subsuelo como sustrato, el alto costo de transporte de las plantas para el campo y el bajo rendimiento en las operaciones y distribución en campo.

El tamaño óptimo del contenedor varía de acuerdo con diversos factores, incluyendo la densidad a la que se cultivarán las plantas, la especie, el tamaño deseado para la planta, el tipo de sustrato, las condiciones ambientales, y la duración de la etapa de cultivo. (Landis, 1990).

Actualmente se busca sustituir las bolsas de plástico por tubetes de plástico rígido por presentar estrías longitudinales internas, lo que reduce los problemas principalmente el enrollamiento del sistema radicular (Gomes *et al.*, 1990), a fin de posibilitar la mecanización en las operaciones de producción de plantas (Carneiro, 1985).

En Madre de Dios los contenedores utilizados para la producción de plantas son principalmente bolsas de polietileno y en especial de mayor tamaño (6" x 12" x 2mm) para la especie castaña pues presentan gran desarrollo radicular y aéreo y permanecen en vivero por espacio de 6 meses o más (Corvera *et al.*, 2010).

### 1.3 Sustratos

Para lograr plantas de calidad es necesario tomar en cuenta el sustratos donde se desarrollan los primeros estadios del crecimiento de una planta (Ansorena, 1994), por lo tanto la preparación de estos deben reunir los requisitos físicos, químicos, biológicos y ecológicos sugeridos para todo sustrato.

Existen diferentes tipos de sustratos para la producción en contenedor y los más conocidos son corteza de pino insignie compostada, la turba, fibras de caña y fibras de coco (Landis *et al.*, 1990).

El material mayormente usado en los países de América del Norte es la turba, pero estos resultan caros para los países de clima cálidos (Landis *et al.*, 1990), implementándose por ello el uso de subproductos agrícolas o industriales de bajo costo que son considerados buenos sustituyentes (Ruano, 2008). Además estos se encuentran cerca de las zonas de producción y son considerados generalmente desechos.

La porosidad de un medio de crecimiento puede variar con las características de sus componentes, el grado de compactación del medio dentro del contenedor, y la altura del contenedor. En efecto, la altura del contenedor es el principal factor que controla la porosidad de aireación del medio de crecimiento en un contenedor (Ruano, 2008).

Existen cuatro factores que afectan las características de la porosidad en contenedores: tamaño de las partículas individuales, características de las partículas, mezcla de tamaños de las partículas, y cambios en la porosidad a través del tiempo (Ruano, 2008).

La cantidad de materiales orgánicos usados en los sustratos varía considerablemente, generalmente entre 25 a 50 % (del volumen), pero a veces alcanza el 100%, las mezclas que contienen más del 50 % de materia orgánica, pueden tener menos espacio poroso (Ruano, 2008).

La caña es una especie muy cultivada en algunas partes del mundo cuyas ventajas principales son alta absorción, buena retención de humedad y almacenamiento de agua, asimismo su gran poder de compresión, le permite que el costo de transporte, almacenaje, se reduzca considerablemente (Ruano, 2008).

El carbón activado de la cascarilla de arroz ayuda a prevenir la lixiviación por ser muy buen absorbente, además demuestra una baja porosidad, resultado atribuido al elevado contenido de cenizas de este material, rico en sílice (Deiana *et al.*, 1998).

El aserrín es usado en forma común en sustratos hortícolas, y usualmente es compostada antes de emplearlo; sin embargo, debido a las diferencias inherentes entre maderas distintas por cuanto toca a propiedades químicas, la conveniencia del aserrín como componente orgánico de los sustratos es variable en extremo (Landis *et al.*, 1990).

En los últimos años el aserrín se ha usado como sustrato generando buenos resultados, aunque estos dependen del tipo de material y los aditivos añadidos que se utilice (Bures 1997).

La tuza de maíz al igual que las partículas de cáscara de castaña no han sido reportadas como utilizadas en la formulación de sustratos, y actualmente son desechadas abundantemente como residuos de cosecha o industrial respectivamente, los cuales en su mayoría terminan siendo quemadas o dejadas a su descomposición sin mayor uso.

La arena de río es un material inorgánico que forma parte de un sustrato, tiene como función principal la de producir y mantener una estructura de macroporos que aporta aireación y drenaje, presenta una nula capacidad de intercambio catiónico y proporciona al medio una base química inerte (Landis *et al.*, 1990).

## **1.4 Propiedades físicas de los sustratos**

### **1.4.1 Porosidad total**

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo está entre el 60 y 80% (Landis *et al.*, 1990).

### **1.4.2 Porosidad de aireación**

Se refiere a la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se produce cuando se dan valores entre 10% y 30% (Pastor, 1999).

### **1.4.3 Capacidad de retención de agua**

Se refiere a la capacidad de un sustrato para retener agua después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El rango adecuado de un sustrato ideal es de 55% -70% (Pastor, 1999).

### **1.4.4 Densidad aparente**

La densidad aparente es la relación entre la masa o peso de las partículas (secas o húmedas) y el volumen aparente que estas ocupan. Los sustratos suelen tener una densidad aparente baja y se puede considerar el valor  $\leq 0.40 \text{ gr/cm}^3$  como el rango óptimo que debe tener un sustrato ideal (Pastor, 1999).

#### **1.4.5 Densidad real o de partículas**

La densidad real es la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen real que estas ocupan. Pueden considerarse o no los poros internos de las partículas según el método que se utiliza para su determinación, los valores de referencia para la densidad real  $1.45 \text{ gr/cm}^3$  -  $2.65 \text{ gr/cm}^3$  (Pastor, 1999).

### **1.5 Parámetros morfológicos utilizados en la evaluación de plantas**

Los parámetros morfológicos son aquellos atributos físicos o visuales más fáciles de medir que las características fisiológicas, por lo cual, tradicionalmente, han sido utilizados para definir la calidad de las plántulas (González, 1993).

En el proceso de producción de plantas se pueden identificar varios factores que afectan el desarrollo óptimo como son genética de las semillas (tamaño, variabilidad, germinación), características del sitio (clima, el suelo y fertilidad del vivero), métodos de producción de las plántulas (raíz desnuda, contenedor), sustratos utilizados, época de siembra, espaciamiento y duración del período de crecimiento, edad de las plántulas, época de extracción, control de malezas y control fitosanitario (Strauch, 2001).

La calidad de las plántulas puede ser evaluada utilizando varias técnicas o procedimientos, con la finalidad de predecir la supervivencia y crecimiento de estas.

Entre los indicadores de calidad, comúnmente usados, se encuentran el diámetro del cuello, altura o largo del tallo y raíz, peso seco aéreo y radicular, (González, 1993).

#### **1.5.1 Número de hojas**

Este parámetro está relacionado con la evolución de las plantas en el tiempo y la velocidad con que genera biomasa aérea (Martínez, 2011), además es un indicador de mayor eficiencia fotosintética.

Las plantas de castaña están aptas para la plantación a campo definitivo cuando alcancen 8 pares de hojas abiertas y con 20 - 40 cm de altura (Moreira, 1994), las plantas de castaña alcanzan ese tamaño cuando tienen 4 a 8 meses después del repique (Müller, 1982).

### **1.5.2 Diámetro del cuello**

El diámetro de cuello (DAC), es la medida tomada a nivel del cuello definida en milímetros, y se define como la zona donde se produce una clara diferenciación del color entre el tallo y la raíz, generalmente se utilizan equipos de precisión para la obtención de la medida.

Se considera al DAC como el valor mejor usado para predecir la supervivencia y crecimiento individual de las plantas en campo definitivo (Strauch, 2001), por lo tanto, las plántulas con un gran diámetro de cuello tienen mayor éxito en la plantación y generalmente están asociadas a un mayor sistema radicular y follaje, esto se traduce en mayores reservas de alimentos junto a una alta capacidad fotosintética que las plántulas de menores DAC (González, 1993).

### **1.5.3 Altura del tallo y raíz**

La altura del tallo, se mide en centímetros e inicia desde el cuello de la planta (justo encima del sustrato) hasta la base de su ápice.

La altura es la respuesta de la cantidad de hojas, y se encuentra altamente correlacionado con la capacidad fotosintética y con el área de transpiración de las plántulas. En la predicción de calidad esto podría sugerir una buena correlación con el crecimiento, pero una impredecible relación con la supervivencia, especialmente en sitios secos (González, 1993).

La altura o largo de la raíz se mide desde el cuello de la plántula hasta el extremo de la raíz principal y se expresa en centímetros. En la primera etapa de desarrollo de las plántulas se requiere de abundante agua para la formación de un buen sistema radicular, el cual es un factor muy importante para la supervivencia y para un buen crecimiento inicial en campo (Strauch, 2001).

El establecimiento de las plantas es dependiente de la tasa a la cuál las raíces son capaces de afincarse y utilizar su nuevo medioambiente, aunque la raíz es tan importante como el tallo en determinar el crecimiento y supervivencia de estas, aunque no existe una medición cuantitativa que sea totalmente satisfactoria (González, 1993).

#### **1.5.4 Peso seco del tallo y raíz**

Este parámetro se usa básicamente para evaluar un lote de plantas y no en forma individual y sus valores nos permiten calcular índices de calidad y la relación tallo/raíz (González, 1993).

Muchas especies presentan alta correlación entre el peso seco y el diámetro del tallo por lo que se relacionan fuertemente con la supervivencia y crecimiento de las plántulas en campo. La plántula de mayor peso podría considerarse de mayor calidad para producir el mayor crecimiento, siempre que se mantenga un balance entre el diámetro del tallo y el volumen de las raíces (González, 1993).

### **1.6 Índices morfológicos utilizados en la evaluación de plantas**

Se considera índice morfológico a la combinación de dos o más parámetros morfológicos. Estos fueron diseñados para describir un atributo abstracto de una planta, tal como balance y/o vigorosidad y la importancia relativa de la combinación de los parámetros morfológicos en un índice que expresa con mayor relación el funcionamiento en terreno de algún parámetro individual (Thompson, 1985).

Se conocen varios índices morfológicos para evaluar calidad de las plantas, los cuales utilizan las variables que permiten medir la capacidad de respuesta o desarrollo de las plantas bajo singulares condiciones ambientales (heladas, estrés hídrico, etc.), (Gonzales, 1993)

Son herramientas que nos permiten, en el vivero, determinar rápidamente la calidad de plantas, los que se utilizan con mayor frecuencia son RELACIÓN TALLO/RAÍZ, RELACIÓN DIÁMETRO DEL CUELLO/ALTURA, PESO SECO TALLO/RAÍZ, ÍNDICE DE ESBELTEZ Y EL ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON. Se obtiene más información a través de los índices que de variables aisladas, aunque al interpretarlo no nos permite tener una idea del tamaño de la planta (González, 1993).

#### **1.6.1 Relación Tallo/Raíz (Iverson, 1984)**

Es la medida obtenida del cociente entre la longitud del tallo (LT) en cm y la longitud de la raíz (LR) en cm. El rango considerado como optimo es de 1.5-2.5 en lugares sin limitantes ambientales, aunque estos valores pueden variar según la especie (Iverson, 1984). Se debe encontrar la relación deseada en base a las especies y características del sitio de plantación (Prieto *et al.*, 2003)

Es la relación que permite medir el balance del área de absorción y transpiración de agua de una plántula, mientras más elevado son los aportes del tallo en cuanto a biomasa total, más desbalanceada se presentará la planta, generando un menor porcentaje de supervivencia en campo (Strauch, 2001). En cambio una relación baja indicaría una alta supervivencia y buen potencial de crecimiento (González, 1993).

#### **1.6.2 Relación diámetro del cuello/altura**

Es la medida obtenida del cociente entre el diámetro del cuello (DAC) en mm y la longitud de la raíz (LR) en cm. Es una relación de gran valor para la corrección del tamaño de las plántulas y la predicción de supervivencia en campo definitivo siendo



de mucha importancia para determinar el momento cuando las plántulas comienzan a alargarse y pierden el balance (González, 1993).

Un valor adecuado de la relación DAC/Altura para que las plantas sean llevadas a campo definitivo es de 1:66, lo que permite obtener relaciones más estrechas y con ello plantas de mejor calidad (Strauch, 2001). Sin embargo, la determinación del peso radicular puede acarrear problemas en su determinación, pues no es un buen indicador para proveer de aguas y nutrientes a la plántula (González, 1993).

### **1.6.3 Relación Peso seco tallo/Raíz**

Esta medida se obtiene mediante el cociente entre el peso seco del tallo (PST) en g y el peso seco de la raíz (PSR) en g. Esta relación es importante pues la cantidad de biomasa refleja el desarrollo de la planta en vivero. Para demostrar que la parte aérea es igual al radicular el valor debería acercarse a 1, si la biomasa radicular sería mayor entonces el valor de la relación sería menor a 1, y este valor sería mayor si por el contrario la biomasa aérea también lo fuera (Rodríguez, 2008), de tal manera que el valor ideal deberá estar entre 1.5 y 2.5, si los valores fueran mayores, indica desproporción y deficiencia radical para proveer energía a la parte aérea de la planta, entonces este valor no debe ser mayor de 12 principalmente cuando la precipitación es escasa (Thompson, 1984).

### **1.6.4 Índice de Esbeltez de Schmidt Vogt (Schmidt, 1980):**

Este índice combina los parámetros morfológicos de diámetro del cuello de la raíz y la altura del tallo con valores arbitrarios definidos para tal fin. El valor adecuado de referencia para el pino ponderosa es de 1 (Dengler *et al.*, 1990).

Este índice es considerado como la medida más útil para evaluar la calidad de las plántulas y un buen indicador de la habilidad que éstas poseen para soportar daños físicos (González, 1993).

### 1.6.5 Índice de calidad de Dickson, (Dickson *et al.*, 1960).

Ninguna de las características podría, por si solas, describir la calidad de planta, por ello se desarrolló un índice de calidad que permita evaluar en mejor grado las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y lograr predecir el comportamiento en campo definitivo (Dickson *et al.*, 1960).

Este índice resulta del cociente entre el peso seco total de la planta y la suma de las relaciones largo del tallo/diámetro del cuello y peso seco tallo/peso seco raíz, ha sido utilizado exitosamente para seleccionar las plántulas plantables de las no plantables y también, para reflejar el éxito de la plantación de varios tipos de material (González, 1993). De acuerdo a la calidad de planta, esta se definirá por la sobrevivencia y crecimiento inicial que tengan en terreno definitivo. Sin embargo, al no tener resultados, teóricamente los valores más altos de índice de Dickson deberían ser los mejores (Escobar, 1990)

## 1.7 Descripción de la especie *Bertholletia excelsa* HBK

### 1.7.1 Descripción Botánica y taxonómica

La Castaña posee la siguiente posición taxonómica (Mori, *et al.*, 1990)

Reino.....	Vegetal
Subreino.....	Tracheobionta
División.....	Magnoliophyta
Clase.....	Magnoliopsida
Subclase.....	Dillineidae
Orden.....	Lecythidales
Familia.....	Lecythidaceae
Subfamilia.....	Lecythidoideae
Género .....	<i>Bertholletia</i>
Especie.....	<i>Bertholletia excelsa</i> , H.B.K.

### 1.7.2 Características de la especie

La castaña se encuentra naturalmente en los bosques amazónicos del Perú, Bolivia, Brasil, Colombia y Venezuela, aunque en estos dos últimos países no hay densidades productivas. En el Perú se encuentra naturalmente en la región de Madre de Dios en altitudes que oscilan entre 180-350 msnm (INRENA-ITTO 1998).

La castaña vegeta bien en condiciones naturales en climas tropicales calurosos y húmedos, con periodos de estiaje definidos (Corvera, 2002) y requiere las siguientes condiciones:

- Temperatura máxima : 38.9 °C
- Temperatura media : 24.3 °C a 27.2 °C
- Temperatura mínima : 18.9 °C
- Humedad relativa: 66% a 91%
- Precipitación pluvial: 1,400 a 2,800 mm, (Cuculiza, 1998).

El área de distribución natural del árbol de castaña corresponde a los suelos originados por sedimentos aluviales antiguos, los cuales reciben una denominación de Terraza alta (30 a 50 metros sobre el nivel del río) o Terraza media no inundable (20 a 30 metros sobre nivel del río) (Corvera, 2002).

Los mejores suelos son los firmes y profundos de textura media a pesados, con inclusión de arenas y suelos podzólicos rojos y amarillos, pero no mal drenados y libre de encharcamiento. De naturaleza franco arcilloso, franco arcillo arenoso. Con pH entre 4.5 y 6.0. El nivel freático debe ser profundo como mínimo de 3.5 a 4 metros en la época húmeda. Se debe tener en cuenta que la castaña tiene raíz pivotante bien desarrollada, por esta razón los suelos con buen drenaje son los más indicados. (Corvera, 2002).

El árbol de la castaña es de porte grande y puede llegar a medir hasta 40 m de altura. Tiene un fuste cilíndrico, liso y desprovisto de ramas hasta la copa; la

corteza es oscura y hendida; las hojas son deciduas, en forma cóncava, con tomento suave y lámina cartáceo-coriácea (Cestedo, 2002).

Los frutos son cápsulas de tipo pixidio incompleto, llamado popularmente "coco", el cual es esférico o ligeramente achatado con cáscara dura y leñosa. El peso de cada fruto varía entre 200 y 2,000 g (Cestedo, 2002). En la región Madre de Dios se han identificado hasta tres tamaños de cocos: grandes (mayores de 11 cm de diámetro), medianos (entre 9 y 11 cm), y pequeños (menores de 9 cm), guardando una relación con el tamaño de las almendras, existiendo las de tamaño mediano en mayor cantidad en los bosques de la región. Los cocos presentan hasta tres formas: redondas, alargadas y elipsoides, siendo las de mayor abundancia las redondas (Corvera *et al.*, 2010).

Las semillas presentan diferencias en su tamaño, cantidad por kilogramo, y dureza del tegumento leñoso; en Madre de Dios se han caracterizado hasta 4 tamaños de semillas: Grandes, medianos, pequeños y muy pequeños. El número de semillas por kilogramo varía desde 180-200 para las grandes y 260-300 para las pequeñas (Corvera *et al.*, 2010).

El periodo de floración para la Región de Madre de Dios comprende de Noviembre a Enero; la fructificación, de Febrero hasta Noviembre; y la diseminación de frutos desde Diciembre hasta Febrero. Se observó que en Setiembre las hojas caen. Desde el inicio de la floración (formación de frutos nuevos) hasta la maduración del fruto transcurren aproximadamente 13 meses. Es común encontrar en el árbol simultáneamente flores y frutos maduros o casi maduros. (INRENA – ITTO 1998).

La floración está íntimamente ligada a las condiciones climáticas de cada región. La inflorescencia es espiciformes, axilar o en panículas terminales, de pocas ramas y erectas; las flores son zigomórficas de 2 a 3 sépalos y 6 pétalos amarillos; ovario ínfero, tetralocular o pentalocular, lóculos generalmente con cuatro a seis óvulos (Cestedo, 2002).

La floración se presenta en las ramas fruteras por debajo de las inflorescencias del año anterior: primero brotan las hojas, luego aparecen los botones florales en las extremidades de las ramas. La antesis de las flores (apertura floral) se inicia en las noches y concluye por la mañana y en la tarde del mismo día caen estas flores (Müller, 1980).

La polinización es el proceso de transferencia del polen desde el lugar en donde se produce hasta el lugar donde se encuentra la oófera. Se puede producir con ayuda del viento, agua, insectos, pájaros, murciélagos u otros medios. La polinización generalmente es seguida por la fertilización (Wilson y Loomis, 1968).

La constitución y morfología de la flor determina el tipo o modo de polinización, fecundación. Destacamos la importancia que tiene la parte del androceo denominado “sombbrero”, este proviene de la extensión del eje floral y presenta una estructura en forma de yelmo, con prolongamientos acuminados o puntiagudos, son estaminoides unidos. Por lo cual solo insectos grandes, pesados y fuertes pueden levantar el “sombbrero” o yelmo para succionar el néctar. Estos insectos traen el polen de otras flores de castaña, en el dorso de su cuerpo (detrás de la cabeza) lo dejan en el estigma y se llevan el polen de las anteras. Este tipo de flor es típicamente entomófila (Cuculiza, 2000).

Las especies de abejas que participan en la polinización de la castaña observadas en Madre de Dios fueron: *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) sp. 1 (Copa), *Bombus transversalis*, *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) sp. 2 (Roli), (Chancasanampa, Reynoso, 2008)

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Descripción del área de estudio

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) es una Institución comprometida con la generación de ciencia y tecnología como uno de los factores estratégicos para el desarrollo de la Amazonía Peruana.

Para cumplir esta premisa, el IIAP, cuenta en la Región de Madre de Dios con una Gerencia Regional y a su vez con tres centros de Investigaciones: “Fitzcarrald”, “Roger Beuzeville Zumaeta” y “María Cristina”

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Experimental Acuícola y Agroforestal “Roger Beuzeville Zumaeta”, en la cual tiene instalado un vivero de producción de plantas agroforestales con capacidad para producir 100000 plantas, las cuales ,generalmente, se realizan en bolsas plásticas negras de diferentes tamaños, utilizando principalmente como sustrato: mezclas de tierra orgánica, aserrín, arena y estiércol; la cual es utilizada por todos los viveros en la región de Madre de Dios, con algunas diferencias en su formulación.

El agua de riego provienen de una quebrada que ha sido represada, donde lo mas saltante es la turbidez que presenta y no existe ningún tratamiento previo antes del riego.

La ubicación del vivero según la posición geográfica es:

- Zona UTM 19,
- Datum WGS – 84,
- Coordenadas Este: 465730; Coordenadas Norte: 8600061),
- Altitud 236msnm,
- ubicado a 19.5 Km de la ciudad de Puerto Maldonado, Región de Madre de Dios.

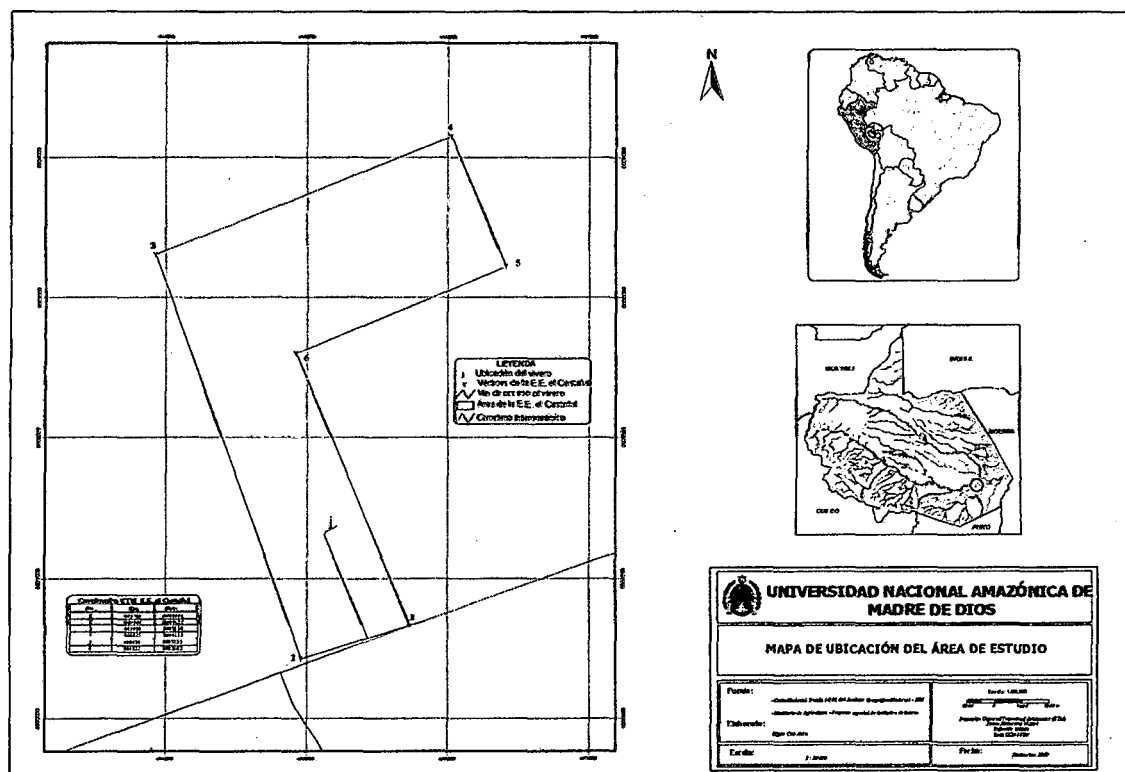


Figura 1 Mapa de ubicación de la estación experimental "Roger Beuzeville Zumaeta"

## 2.2 Caracterización del medio físico

### 2.2.1 Climático

La región de Madre de Dios posee una precipitación de 2000 mm anuales, una temperatura máxima promedio de 38.7 °C y una mínima de 22.5 °C, sin embargo en los meses de Junio, Julio y Agosto, la temperatura alcanza un descenso mínimo de 8 °C (ANIA – 2004).

### 2.2.2 Fisiográfico y edafológico

El lugar corresponde a las zonas de suelo aluviales antiguos situados en terrazas medias a altas (ONERN, 1972). La topografía predominante es casi plana. El drenaje de estos suelos es bien definido, el área presenta drenaje moderado a bien drenado.

Químicamente son suelos de reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5-5.5), medianamente provistos de materia orgánica solamente en el horizonte A1. El contenido de fósforo disponible es bajo y el potasio esta en cantidades adecuadas. Un elemento que es perjudicial para las plantas es el aluminio, el porcentaje de saturación de este catión fluctúa entre 50 y 70% (ONERN, 1972). La fertilidad natural de estos suelos es baja, siendo necesaria la aplicación de fuertes dosis de correctivos y fertilizantes, si se quiere resultados satisfactorios.

### **2.2.3 Vegetación**

Ecológicamente se clasifica como bosque estacional semi siempre verde y de acuerdo con el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1972) corresponde principalmente a bosques húmedos y muy húmedos subtropicales.

Según la ocurrencia de las especies y sus comunidades por la variación altitudinal, entonces ligados al clima, se establece las zonas de vegetación (Rauh, 1979) y las regiones florísticas (Weberbauer, 1945), que distinguen los bosques perennifolios de neblina de las laderas de la cordillera oriental (1200-2500 msnm) o selva alta y de selva baja (menor de 800 msnm).

## **2.3 Descripción del material genético vegetal**

Las semillas germinadas y utilizadas en el presente trabajo de investigación provienen de árboles identificados como semilleros del rodal con que cuenta la EEAA "Roger Beuzeville Zumaeta", las cuales fueron cosechadas en el mes de enero y utilizadas inmediatamente luego de su recolección y fueron desinfectados y seleccionados para asegurar su sanidad. Las plántulas utilizadas fueron germinadas en un sustrato de arena, tuvieron un promedio de 2 meses de edad y presentaron dos pares de hojas a las que se realizaron una poda de raíz al momento de realizar el repique a los contenedores. En esta etapa no se han tomado datos de tamaño inicial, pues se procuró que el tamaño fuera el mismo para todos.



## 2.4 Descripción del vivero y de los contenedores

El vivero utilizado para esta investigación correspondió a uno de tipo arco, preparado exclusivamente para tal fin, con dimensiones de 3 metros de ancho y 12 m de largo, sobre las cuales se han construido dos mesas para contener a las bandejas de 0.8 m de alto para evitar el ataque de roedores.

El vivero tuvo una sombra proporcionada por malla raschell de 35% y de color negro, la cual al momento del repique e instalación de los tratamientos, se adicionó otra malla para tener un 70% de sombra durante los primeros quince días.

Los contenedores utilizados fueron de plástico rígido de color negro con una capacidad de 400 cc con estrías longitudinales para dirigir el crecimiento radicular, y colocadas en sus bandejas de 25 unidades de capacidad cada una.

## 2.5 Descripción de los sustratos utilizados

Para la formulación de los sustratos se utilizaron componentes de origen orgánico e inorgánico, la cascarilla de arroz inicialmente fue orgánica, pero al pasar por el proceso de carbonización esta se considera un componente inorgánico.

**Tabla 1 Descripción de los componentes usados en la formulación de los sustratos**

<b>Componente orgánico</b>	<b>Componente inorgánico</b>
Bagazo de caña de azúcar	Cascarilla de arroz carbonizada
Tuza de maíz	Arena
Partículas de castaña	
Aserrín	

### **2.5.1 Bagazo de caña.**

Este material actualmente se encuentra en poca cantidad en Madre de Dios, del cual solo se extrae el jugo y luego es eliminado luego del cual se denomina “bagazo de caña” por lo que su adquisición no repercute en costo alguno, inicialmente este material fue picado con el uso de machete hasta alcanzar dimensiones de 2 a 5 mm, y luego compostada por espacio de 4 meses hasta alcanzar un color pardo oscuro y suave al tacto.

### **2.5.2 Tuza de maíz.**

Este material fue relativamente fácil de conseguir, pues muchas familias siembran esta gramínea debido a su gran demanda en el mercado local de lo cual solo se usan los granos y los subproductos son desechados y quemados.

Cuando se recolectó este material ya tenía por lo menos 6 meses de haber sido desechado a la intemperie, y aún no se había descompuesto totalmente, por lo que se realizó el compostado por espacio de 2 meses más, hasta alcanzar una estabilización en la descomposición, para luego ser cernido en malla de 5mm, logrando partículas de 2 a 5mm y desechando las partículas mas pequeñas.

### **2.5.3 Partículas de castaña.**

Este producto es fácilmente encontrado en Madre de Dios, pues una de las actividades principales es la extracción de la nuez de la castaña, por lo que muchas empresas desechan la cáscara a la intemperie o lo queman.

La cáscara de castaña recolectada para el trabajo es el residuo que se obtiene al extraer la nuez, vale decir es el tegumento leñosos que protege la nuez el cual estuvo descomponiéndose a la intemperie por espacio de un año, con la finalidad de homogenizar su descomposición se adicionó agua y se cubrió con una manta de plástico por espacio de dos meses.

Este material fue desmenuzado manualmente y cernido hasta alcanzar tamaños de 2 a 5mm.

#### **2.5.4 Aserrín.**

Este material, se encuentra bastante en la región, es el desecho industrial del aserrío de la madera shihuahuaco. El aserrín colectado ha estado en descomposición a la intemperie por espacio de 4 meses, para luego ser compostado por espacio de 2 meses más, la característica principal de este aserrín es que fueron partículas muy finas con dimensiones menores a 1 mm.

#### **2.5.5 Cascarilla de arroz carbonizada.**

La cascarilla de arroz fue colectada de las “piladoras”, locales que se dedican al pilado del arroz y que sus mayores producciones se encuentran entre los meses de abril a Agosto. En años anteriores este producto era botado al río o quemado para eliminarlo, sin embargo en la actualidad puede ser difícil conseguirlo pues casi todo este material es utilizado por las granjas de producción de aves limitando su disponibilidad.

Esta cascarilla de arroz para ser utilizada fue carbonizada evitando la formación de cenizas, por lo que este proceso se realizó con mucho cuidado.

#### **2.5.6 Arena.**

La arena es un material abundante en la región y se puede encontrar en todos los lechos de los ríos de Madre de Dios y por ser arrastrado por el río viene impregnado por sedimentos de limo y materia orgánica.

La arena utilizada corresponde a la denominación de fino con una densidad real de  $1.5 \text{ g/cm}^3$  (Hillel, 1980).

Cada componente de los sustratos fue desinfectado solamente con agua hervida, el cual se vertió sobre los componentes en forma individual y cubiertos con plástico para mantener el calor en el interior por más tiempo para cumplir eficientemente la desinfección, luego de enfriarse y secarse se procedió a la mezcla según las proporciones establecidas.

Los sustratos utilizados fueron 12 en total, manejándose las proporciones de 3-2-1; 2-3-1 y 3-3-0, donde el primer componente de los sustratos probados variaron entre Bagazo de caña de Azúcar, Tuza de maíz, partículas de castaña y Aserrín, para cada proporción de mezcla establecida, el segundo sustrato estuvo representado por la cascarilla de arroz carbonizada y el tercer componente fue arena, que en algunos casos como se ve en la formulación no fue utilizada.

Como se mencionó anteriormente los componentes de los tratamientos fueron medidos en forma proporcional (partes).

Ejemplo:

T<sub>01</sub> = 3 partes de Bagazo de caña, 2 partes de Carbón de cascarilla de arroz, 1 parte de arena

Los tratamientos que se utilizaron en el desarrollo del trabajo de investigación fueron:

**Tabla 2** Distribución de los componentes de los sustratos y sus proporciones

Tratamientos/ sustratos.	Bc	Tz	Pc	As	Ca	Ar
1	3	-	-	-	2	1
2	2	-	-	-	3	1
3	3	-	-	-	3	0
4	-	3	-	-	2	1
5	-	2	-	-	3	1
6	-	3	-	-	3	0
7	-	-	3	-	2	1
8	-	-	2	-	3	1
9	-	-	3	-	3	0
10	-	-	-	3	2	1
11	-	-	-	2	3	1
12	-	-	-	3	3	0

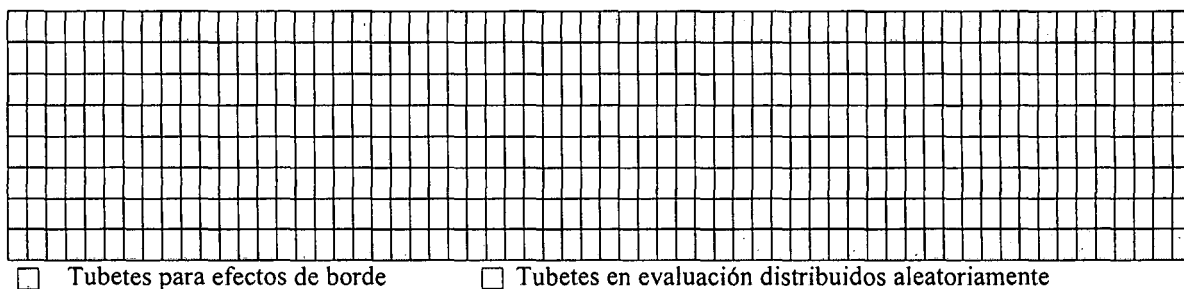
Donde: Bc = Bagazo de caña, Tz = tuza de maíz, Pc = partículas de castaña, As = aserrín, Ca = Cascarilla de arroz carbonizada, Ar = arena.

## 2.6 Diseño experimental, Tratamiento y análisis de datos.

El diseño experimental desarrollado fue completamente aleatorizado (DCA) con 12 tratamientos y 40 repeticiones para cada uno (cada individuo se consideró una repetición).

Para diferenciar cada tratamiento/sustrato se tomó en cuenta una numeración correlativa (del 1 al 480), por lo cual el sustrato 1 estuvo representado del 1 al 40, sustrato 2, del 41 al 80, así sucesivamente hasta el sustrato 12 del 441 al 480, con la cual estuvieron marcados cada uno de los tubetes.

Además se colocó una fila de plantas que no serán evaluadas alrededor de todas las unidades experimentales con la finalidad de evitar el efecto del borde.



**Figura 2** Croquis de distribución de las unidades experimentales

En este trabajo, los datos fueron almacenados y calculados en el programa informático Excel (Anexo 1) y para las pruebas estadísticas, se empleó el programa estadístico Infostat versión 2012.

Como se trabajó con variables continuas y estos pueden generar un amplio rango de dispersión entre los datos de los distintos tratamientos, estos datos fueron sometidos a una prueba de Normalidad de Shapiro Wilks modificado (Anexo 2) una vez cumplida la normalidad, se procedió a un análisis de varianza ANOVA unifactorial, en la que se comparó la relación de cada variable medida con el factor "tratamiento". En el caso de que el valor p resultara significativo, se confirma la relación entre la variable y el factor, y se procedió al empleo de las pruebas Post Host para la diferenciación de

grupos mediante el test HDS de Tuckey de comparación múltiple de las medias para un nivel de significación  $p < 0.01$  (Anexo 3).

## **2.7 Análisis de las propiedades físicas de los sustratos**

Para la evaluación de las propiedades físicas de los sustratos se utilizó la metodología de los porómetros (Dilger, 1998).

Esta evaluación se realizó en las instalaciones del IIAP contando para ello con un tanque de inmersión, porómetros, balanza analítica y estufa eléctrica, (Anexo 4) siendo el procedimiento el siguiente:

### **2.7.1 Toma de muestras de los sustratos en evaluación.**

Se ha utilizado un 22.30% de volumen de cada sustrato en evaluación para realizar el análisis de las propiedades físicas, las cuales se distribuyeron en 5 porómetros de aprox. 715 cc c/u.

Se elaboraron 10 porómetros (Dilger, 1998) cada uno en cilindros o secciones de tubo de plástico (PVC de desagüe) de dimensiones conocidas que rondaban los 7,50 cm (3" comercial) de diámetro y 15 cm de altura.

En uno de los extremos se fijó con pegamento una tapa plástica (tapón de 3" PVC) en la cual se perforaron cuatro orificios de 5 mm de diámetro en forma equidistante en su borde perimetral. Se preparó, además, un conector que consistía en una sección de tubo con una altura aproximada de 5 cm cortado verticalmente por un lado.

Inicialmente se procedió a medir el volumen de cada porómetro utilizando para ello simplemente agua, lo cual se denominó "Volumen de contenedor", además se determinó el peso para luego etiquetarlo en el mismo porómetro junto a una numeración correlativa (del 1 al 10) lo que facilitó la obtención de datos.

A los porómetros se le fijaron los anillos con cinta adhesiva por encima de la altura total del porómetro, de tal manera que alcanzaron los 18 cm de altura total.

Las muestras de los sustratos se colocaron dentro de los porómetros de tal manera que excedieran la altura del porómetro, casi hasta el borde del anillo adicional, para luego dejar caer dos veces desde una altura de 7.5 cm sobre una tablilla de madera con la finalidad de homogenizar el llenado. Los porómetros con las muestras fueron colocados en un tanque de inmersión de vidrio con agua cuyo nivel alcanzaba justo debajo del borde superior de los porómetros, de manera que se forzó el humedecimiento de las muestras desde los orificios del fondo, permitiendo a su vez la salida libre del aire por la cara superior.

Dependiendo del tipo de muestra, la saturación aparente se alcanzó luego de algunas horas; sin embargo, para uniformizar el proceso, todas las muestras fueron dejadas en el agua hasta el día siguiente.

Cubriendo los orificios para evitar la pérdida de agua, se procedió a extraer los porómetros del tanque y luego se les retiró anillo, seguidamente con la ayuda de una espátula se separó el exceso de sustrato hasta quedar al ras.

Posteriormente se cubrió con papel toalla y se sujetó con una liga para evitar pérdida del sustrato del porómetro y se vuelve a colocar en el tanque por espacio de 30 minutos con el nivel del agua por encima del porómetro retirando los tapones de los orificios.

Pasado los 30 minutos, se extrajeron los porómetros del tanque, teniendo cuidado en tapar bien los orificios retirando el papel toalla y la liga, luego se colocó en recipientes donde estuvieron por espacio de 30 minutos dejando escurrir el agua que fué medida inmediatamente al que se le denominó "Volumen drenado". Una vez escurrido el agua, se procedió a pesar la muestra húmeda "Peso húmedo de la muestra" y colocada en recipientes para ser llevadas al horno a 105 °C por 24 horas y obtener el peso seco "Peso seco de la muestra". Los datos fueron registrados en una ficha de campo, (Anexo 5).

**Tabla 3 Propiedades físicas de los sustratos y sus fórmulas.**

<b>Propiedad física</b>	<b>Fórmula</b>
Porosidad total %	$(V_a + (PH - PS/P_a))/V_c * 100$
Porosidad de aireación %	$(V_a/V_c) * 100$
Capacidad de retención de agua %	$((PH - PS)/V_c) * 100$
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	$PS/V_c$
Densidad real o de partículas (g/cm <sup>3</sup> )	$D_a/(1-PT/100)$

V<sub>a</sub> = volumen drenado (cm<sup>3</sup>)

PS = peso seco de la muestra (g)

V<sub>c</sub> = volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

D<sub>a</sub> = Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

PH = peso húmedo de la muestra (g)

P<sub>a</sub> = peso específico del agua (1 g/cm<sup>3</sup>)

PT = porosidad total (%)

## 2.8 Análisis de las propiedades químicas

En cuanto al análisis químico de los sustratos, solo se han obtenido los datos de pH y CE, pues la investigación estuvo centrada principalmente en determinar las características físicas, por lo se enviaron muestras al laboratorio de Análisis de suelos, Aguas y Fertilizantes de la facultad de Agronomía de La UNALM (Anexo 6).

## 2.9 Evaluación morfológica.

La evaluación morfológica estuvo dividida en dos grupos bien diferenciados una de campo y otra de gabinete.

La fase de campo a su vez tuvo dos momentos: siendo la primera la no destructiva en la que se tomaron datos de las plántulas en el vivero (Número de hojas, DAC Altura del tallo) y el momento destructivo donde se obtuvieron las medidas húmedas y secas de la parte aérea y radical (Anexo 5).



La fase de gabinete correspondió principalmente a la obtención de los índices morfológicos, utilizando los datos obtenidos anteriormente y con ayuda de una PC y programas informáticos.

Todas estas mediciones se realizaron al final del experimento (al cumplirse los 5 meses del repique en los tubetes). Estas mediciones se realizaron al total de las plantas evaluadas (480 individuos), por lo que al final el procedimiento fue destructivo.

### **2.9.1 Parámetros morfológicos evaluados:**

**Número de hojas verdaderas**, se realizó el conteo de todas las hojas ya formadas (verdaderas), obviándose aquellas que aún se encontraban enrolladas y no habían aún aperturado bien toda su área foliar, los datos obtenidos se registraron en los formatos elaborados para tal fin.

**DAC**, Este parámetro fue medido en la base del tallo, donde esta se une con la semilla de *Bertholletia excelsa* HBK con la ayuda de un vernier; para facilitar el trabajo se retiraba cada tubete de la bandeja y se medía cuidadosamente registrándolo en el formato.

**Altura**, esta medida se tomó tanto de la parte aérea como radicular; para la parte aérea se midió desde el cuello de la planta (inmediatamente después de la emergencia del sustrato) hasta el borde superior de la yema apical utilizando una regla graduada, se ha tenido cuidado en no confundir la yema apical con la hoja nueva; en lo que respecta a la parte radicular, se ha tenido que liberar con cuidado del sustrato en la que se encontraba la raíz, además se tomó la decisión de no considerar a la semilla de la castaña como parte del sistema radicular, solo para efectos de esta medición pues como se sabe, los polos germinativos de la castaña se encuentran ubicados en cada extremo de la semilla, pero que para efectos de repique la semilla se ubica introducida en el sustrato en la que se mantiene intacta hasta por un año y medio, tiempo en el cual recién comienza a lignificarse y convertirse parte de la raíz, por lo tanto, se realizó la medición inmediatamente después de donde terminaba la semilla hasta la porción más

larga del sistema radicular, evitando que mantenga su estructura tal como se encontraba en el sustrato.

Cabe señalar entonces que la semilla de castaña se ha descartado de toda medición durante la obtención de los diferentes datos morfológicos.

**Peso fresco:** Esta medida se realizó tanto de la parte aérea y radicular, el total fue hallado realizando la suma de los dos valores hallados anteriormente. Para realizar esta medida se ha tenido que cortar la planta tanto la parte aérea desde donde se inició la medición de la altura así como de la parte radicular. Para esta operación se utilizó una balanza analítica. Con la finalidad de no perder parte de la raíz como de la parte aérea, estos se colocaron en sobres confeccionados con papel y rotulados con su codificación.

**Peso seco:** Para realizar esta medición se puso a secar por 24 horas a 105 °C (AOAC. 1990) la parte aérea y radicular en sus respectivos sobres, para que luego de transcurrido ese tiempo ser pesados retirando el sobre que los contenía.

### 2.9.2 Índices morfológicos

Para obtener los índices morfológicos evaluados se desarrollaron las siguientes formulas:

**Tabla 4 Índices morfológicos de los sustratos y sus fórmulas.**

Índices morfológicos	Abrev.	Fórmulas
Relación Tallo/Raíz	ITR	$h \text{ tallo cm} / h \text{ raíz cm}$
Relación DAC/Altura	DAC/h	$DAC \text{ mm} / h \text{ tallo cm}$
Relación PS Tallo/Raíz	PS T/R	$Ps \text{ tallo g} / Ps \text{ raíz g}$
Índice de Esbeltez	IE	$\emptyset \text{ tallo mm} / ((h \text{ tallo cm} / 10) + 2)$
Índice de Dickson	IQD	$PT \text{ g planta} / (h \text{ tallo cm} / DACmm) + (Ps \text{ tallo g} / Ps \text{ raíz g})$

h	= Altura	cm	= Centímetro
DAC	= Diámetro altura del cuello	mm	= Milímetro
Ps	= Peso seco	g	= Gramo
∅	= Diámetro	PT	= Peso Total

## 2.10 Características edafoclimáticas

El IIAP cuenta con una estación meteorológica digital Vantage Pro 2 <sup>TM</sup> en la cual se registraron los datos climatológicos ocurridos cada hora durante todo el tiempo que duró el experimento, el cual ya promediada se presenta para servir como referencia.

**Tabla 5 Datos meteorológicos tomados en la EEA "Fitzcarrald" Km 21 CMQ\***

Fecha	Temp. Ambiente °C	Temp. Máxima °C	Temp. Mínima °C	Humedad %	Punto de rocío	Presión Barométrica Hg	Precip. Total mm	Radiac. Solar máxima	Evapotr.
Febrero	25.80	26.14	25.47	92.96	24.52	496.90	193,4	257.85	0.10
Marzo	26.52	26.97	26.15	91.41	24.91	496.90	198,2	178.13	0.12
Abril	25.37	25.79	24.95	89.83	23.45	496.90	86,4	273.58	0.12
Mayo	23.22	23.60	22.86	89.54	21.35	496.90	14,6	203.08	0.08
Junio	23.56	24.05	23.05	85.59	20.83	496.90	2,2	137.28	0.09
Julio	20.91	21.34	20.49	87.66	18.59	496.90	21,8	118.06	0.08

- Fuente: Elaboración propia con datos tomados de la Estación Meteorológica Automatizada - del IIAP, Año 2010, durante el trabajo de investigación,

## CAPITULO III

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1 Análisis físicos de los sustratos

En la tabla 6, se muestran los resultados de los análisis físicos de los sustratos a los que al realizarles las pruebas de ANVA, algunos tratamientos mostraron resultados significativos estadísticamente por lo que se realizó las pruebas de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ .

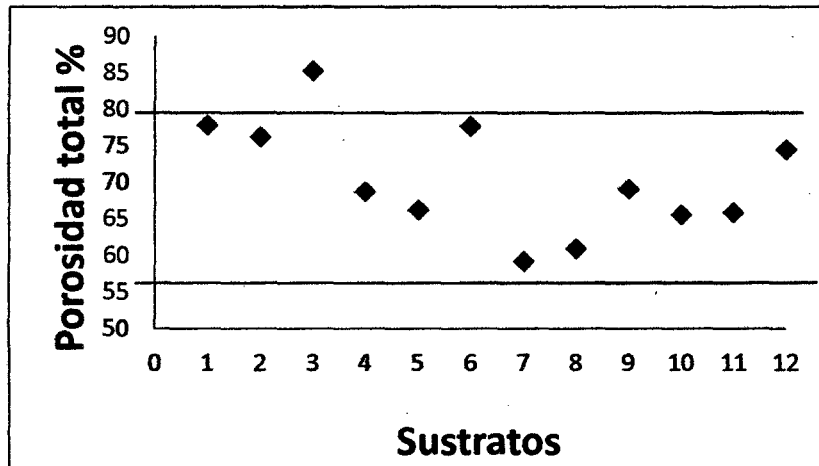
**Tabla 6 Análisis de varianza y significación de propiedades físicas de los sustratos evaluados**

Sustratos	Porosidad total (%)		Porosidad de aireación (%)		Capacidad de retención de agua (%)		Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )		Densidad real o de partículas (gr/cm <sup>3</sup> )	
	Medias	Sig.	Medias	Sig.	Medias	Sig.	Medias	Sig.	Medias	Sig.
		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01
1	77.78	B	20.84	CD	56.94	BC	0.33	B	1.49	A
2	76.19	BC	21.56	C	54.63	C	0.34	B	1.44	A
3	85.24	A	37.88	A	47.36	E	0.10	D	0.67	E
4	68.70	DE	17.44	DE	51.26	D	0.36	B	1.15	BC
5	66.16	DE	19.20	CDE	46.96	E	0.35	B	1.03	CD
6	77.63	BC	35.79	A	41.84	F	0.12	D	0.54	F
7	59.14	F	15.64	EF	43.50	F	0.47	A	1.16	BC
8	60.89	F	12.41	F	48.48	DE	0.46	A	1.19	B
9	69.04	D	26.00	B	43.04	F	0.23	C	0.75	E
10	65.51	E	5.04	G	60.47	A	0.50	A	1.44	A
11	65.78	E	7.34	G	58.44	AB	0.48	A	1.38	A
12	74.44	C	16.08	EF	58.36	AB	0.25	C	0.97	D

Sustrato 1 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 2 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 3 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 4 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 7 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 8 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 9 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 10 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 11 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 12 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3).  
Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 3.1.1 Porosidad total

El mayor valor de la media obtenida para la porosidad total de los sustratos correspondió al sustrato 3 con 85.24%, y el de menor valor fue para el sustrato 7 con 59.14% (Tabla 6), existiendo además diferencias significativas estadísticamente entre sustratos para  $p < 0.01$  para la prueba de Tuckey, en la que el sustrato 3 (85.24%) fue estadísticamente superior al resto de los sustratos evaluados, y los sustratos 7 (59.14%) y 8 (60.89%) fueron los más bajos pero iguales estadísticamente.



**Figura 3 Niveles óptimos de porosidad total para un sustrato ideal**

Martínez (2011), trabajando con sustratos similares al 1, 4, 7 y 10 (componentes del sustrato y las proporciones similares), encontró valores de 70.63%, 60.48%, 40.60% y 53.20% respectivamente, siendo estos resultados muy parecidos a los encontrados en el presente trabajo a excepción del sustrato 7, lo que podría deberse a la diferencia del tamaño de partículas y tiempo de compostaje de la cascarilla de castaña (diámetros menores de 0.5 mm y compostaje de 3 años utilizados por Martínez y de 2 a 5mm y un año de compostaje utilizados en el presente trabajo).

Corrente (2003), Trabajando con sustratos para castaña en bolsas plásticas, TEB (tierra- estiércol de bobino) en la proporción 2:1, 1:1, 1:2 y 1:4, encontró valores de porosidad total de 64.3%, 65.7%, 67.5% y 69.5% respectivamente, los demás sustratos donde solo modificó el segundo componente por Paja de

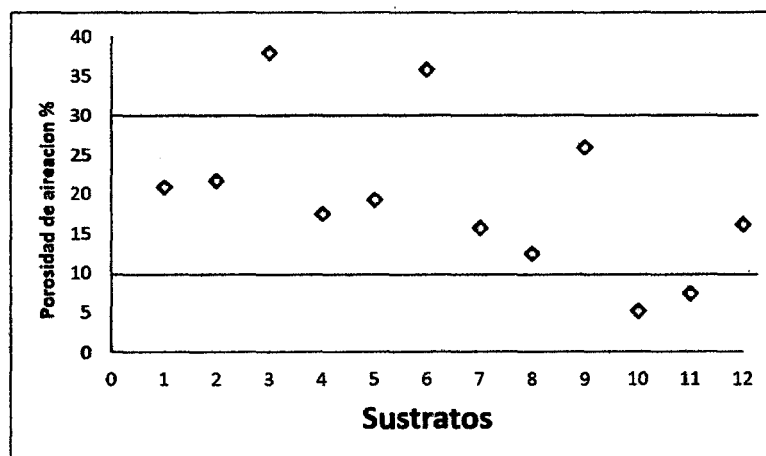
arroz carbonizada, aserrín descompuesto y paja de café curtido estuvieron por debajo de 60%.

Muchos autores sugieren rangos de 60%-80% de porosidad total para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1989) por lo que solo los sustratos 3 y 7 quedarían fuera del rango recomendado, pero por escasas diferencias (Figura 3).

### 3.1.2 Porosidad de aireación

De los resultados de la Porosidad de aireación (Tabla 6) se puede afirmar que la media más alta también corresponde al sustrato 3 (37.88%) y la media con menor valor corresponde al tratamiento 10 (5.05%).

Esta propiedad física también presentó diferencias significativas entre tratamientos, por lo que para la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  los sustratos 3 (37.88%) y 6 (35.79%) fueron los que obtuvieron valores mayores pero iguales estadísticamente, y los sustratos 10 (5.05%) y 11 (7.34%) fueron iguales estadísticamente y de menor valor.



**Figura 4 Rangos óptimos para la porosidad de aireación de un sustrato ideal**

Al considerar que los valores adecuados de porosidad de aireación para un sustrato ideal se encuentra dentro del rango de 10% - 30% (Pastor, 1999) se puede afirmar que solo los sustratos 3 (37.88%), 6 (35.79%), 10 (5.05%) y 11

(7.34%) no se ajustan a esta exigencia (Figura 4), otros autores recomiendan como valores óptimos de porosidad de aireación de 20% a 25% (Havis & Hamilton, 1976), de 25% a 35% (Whitcomb, 1988) y de 45% a 50% (Puustjarvi & Robertson, 1975), aunque un alto valor de aireación favorece un libre drenaje originando una disminución de la capacidad de retención de agua, lo que originaría riegos más frecuentes (Raviv *et al.*, 1993).

Por otro lado, sustratos con valores muy bajos de porosidad de aireación demuestran que existen pocos macroporos y que los componentes del sustrato tienen partículas finas aumentando la cantidad de microporos (Puustjarvi & Robertson, 1975), y causarían problemas a las raíces de las plantas por su poca disponibilidad de oxígeno (Spomer, 1980).

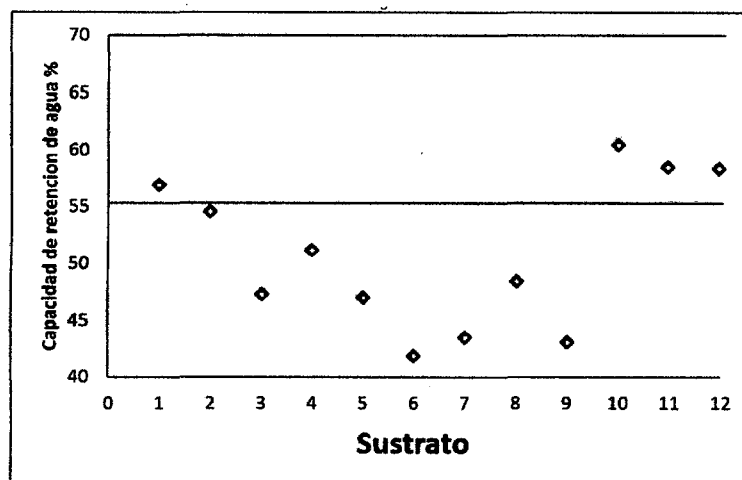
Los valores hallados de porosidad de aireación en el presente trabajo para los sustratos 1 (20.84%), 4 (17.44%), 7 (15.64%) y 10 (5.05%) son muy parecidos a los encontrados por Martínez (2011) 22.25%, 12.45%, 5.56% y 5.68%, respectivamente, al igual que en el análisis de la porosidad total, se puede observar que solo el sustrato 7 se muestra una gran diferencia entre sus medias, lo cual se justificaría por el tamaño de las partículas y el tiempo de compostaje, al igual que se afirmó anteriormente.

### **3.1.3 Capacidad de retención de agua**

Para la variable Capacidad de retención de agua (Tabla 6), el mayor valor de la media obtenida en el presente trabajo de investigación le correspondió al sustrato 10 (60.47%) y el de menor valor hallado correspondió al sustrato 6 (41.84%).

En esta variable, también existieron diferencias significativas estadísticamente entre tratamientos para  $p < 0.01$ , siendo el de sustrato 10 (60.47) el que fue superior y diferente estadísticamente a los demás, y los sustratos que tuvieron

los valores más bajos fueron 6 (41.84%), 7 (43.50%), y 9 (43.04%) pero que resultaron iguales estadísticamente.



**Figura 5 Rangos óptimos para la capacidad de retención de agua de un sustrato ideal**

De estos resultados se puede afirmar que solo los sustratos 1 (56.94%), 10 (60.47%), 11 (58.44%) y 12 (58.36%) (Figura 5), estuvieron dentro del rango adecuado de sustrato ideal 55% - 70% (Pastor, 1999), siendo el sustrato 1 formulado en base a Bagazo de caña y los tres restantes tuvieron como base el aserrín de madera compostada.

Los valores de Capacidad de retención de agua son parecidos a los hallados por Martínez (2001), quien menciona que los valores más altos fueron obtenidos por el sustrato en base a Bagazo de caña de azúcar-carbón de cascarilla de arroz-arena, y el de menor valor Partículas de cáscara de castaña-carbón de cascarilla de arroz-arena en la proporción 3-2-1; sin embargo, Corrente (2003), en todos los sustratos que trabajó generalmente con diferentes proporción de tierra y en bolsas, encontró que todos los valores de capacidad de retención de agua fueron muy bajos.

### 3.1.4 Densidad aparente

El sustrato 10 ( $0.50 \text{ g/cm}^3$ ) obtuvo el mayor valor de la media en la variable densidad aparente, siendo el sustrato 3 ( $0.10 \text{ g/cm}^3$ ) el de menor valor (Tabla 6).



Al desarrollar el análisis de varianza existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, por lo que al aplicar las pruebas de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  se encontró que los sustratos 7 ( $0.47 \text{ g/cm}^3$ ), 8 ( $0.46 \text{ g/cm}^3$ ), 10 ( $0.50 \text{ g/cm}^3$ ) y 11 ( $0.48 \text{ g/cm}^3$ ), presentan mayor valor pero son iguales estadísticamente y los tratamientos 3 ( $0.10 \text{ g/cm}^3$ ) y 6 ( $0.12 \text{ g/cm}^3$ ) son los que obtuvieron menor valor y son iguales estadísticamente.

Se puede considerar el valor  $\leq 0.40 \text{ g/cm}^3$  como el rango óptimo que debe tener un sustrato ideal (Pastor, 1999), dentro de este valor, solo los sustratos 7, 8, 10 y 11 no se ajustarían a las características de sustrato ideal según la variable densidad aparente (Figura 6).

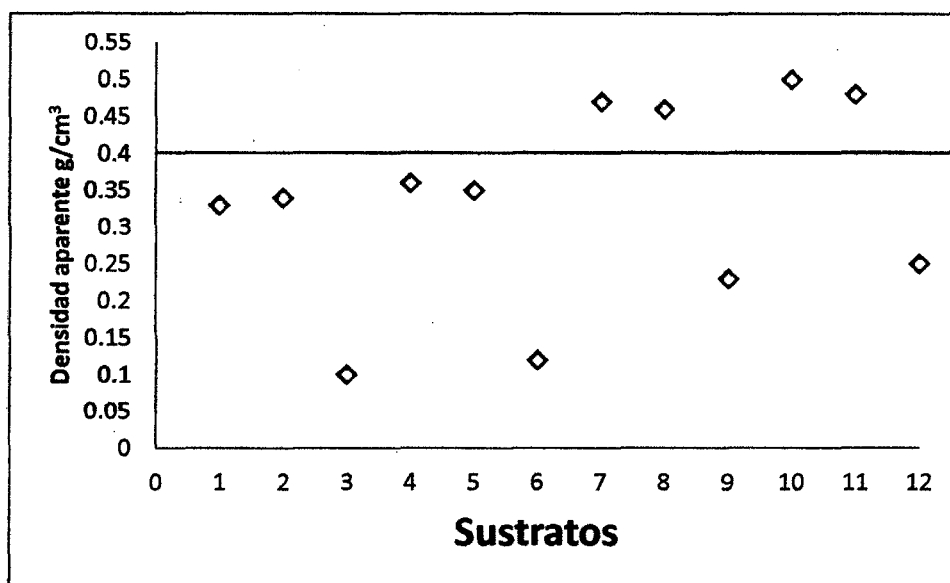


Figura 6 Valores referencial para la densidad aparente de un sustrato ideal

Los resultados de la densidad aparente obtenidos en el presente trabajo para los sustratos 1 ( $0.10 \text{ g/cm}^3$ ), 4 ( $0.36 \text{ g/cm}^3$ ), 7 ( $0.47 \text{ g/cm}^3$ ) y 10 ( $0.50 \text{ g/cm}^3$ ), son muy similares a los hallados por Martínez (2011),  $0.327 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.330 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.461 \text{ g/cm}^3$  y  $0.359 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, Corrente (2003), sin embargo encontró valores de densidad aparente muy altos cuando sus sustratos estaban compuestos con mayor proporción de tierra, lo cual es lógico debido a la densidad de este material.

### 3.1.5 Densidad real

La mayor densidad de partículas o densidad real (Tabla 6), correspondió al sustrato 1 ( $1.49 \text{ g/cm}^3$ ) y el menor valor al sustrato 6 ( $0.54 \text{ g/cm}^3$ ). Estadísticamente, también existieron diferencias significativas al 91% entre tratamientos, siendo los sustratos 1 ( $1.49 \text{ g/cm}^3$ ), 2 ( $1.44 \text{ g/cm}^3$ ), 10 ( $1.44 \text{ g/cm}^3$ ), 11 ( $1.38 \text{ g/cm}^3$ ), los de mayor valor pero iguales estadísticamente.

Al comparar con los valores de referencia (Pastor, 1999), para la densidad real  $1.45 \text{ g/cm}^3 - 2.65 \text{ g/cm}^3$ , observamos que solo el sustrato 1 lograría ubicarse dentro del rango sugerido (Figura 7).

Martínez (2011), trabajando con un sustrato similar al sustrato 1, encontró un valor de densidad real de  $1.27 \text{ g/cm}^3$  siendo a su vez el más alto dentro los sustratos que trabajó, al igual que lo hallado en el presente trabajo de investigación.

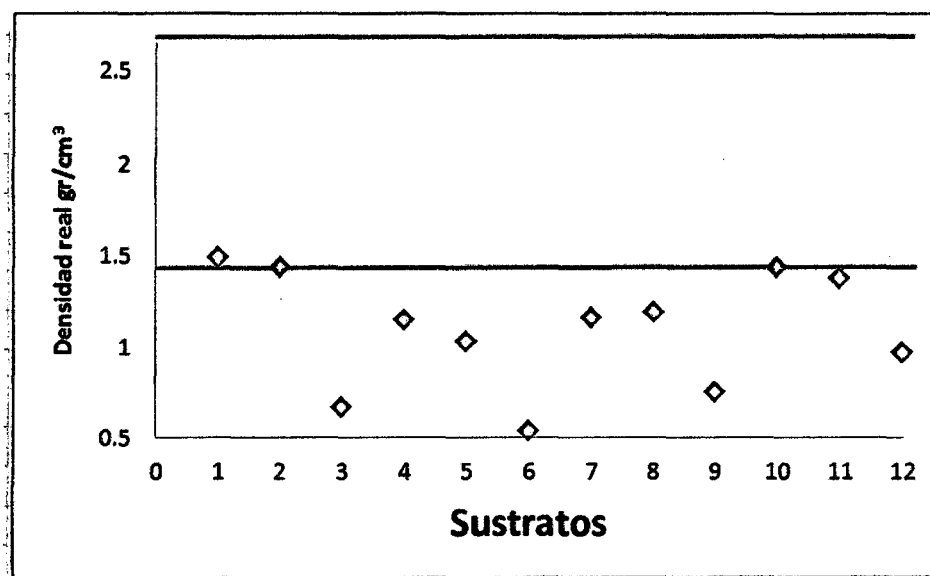


Figura 7 Valor referencial de densidad real para un sustrato ideal

Haciendo un resumen de las propiedades físicas podríamos afirmar que solo el sustrato 1 se encuentra dentro del rango sugerido para un sustrato ideal.

Todos los sustratos que no tienen arena en su formulación (3, 6, 9, 12) muestran diferencias muy claras en sus propiedades físicas frente a los que lo tienen (1,2,4,5,7,8,10 y 11), pues los resultados demostraron que aumentó la porosidad total, mejoró la porosidad de aireación, disminuyó la capacidad de retención de agua, la densidad aparente y densidad real, debido a que la densidad real de la arena fina es de aproximadamente  $1.5 \text{ g/cm}^3$  (Hillel, 1980), contiene residuos de arcilla y material orgánico y ocupa los espacios porosos comprimiendo el sustrato (Huacuja, 2009).

### 3.2 Análisis químicos de los sustratos

Los resultados obtenidos para el análisis químico de los sustratos, fueron realizados por el laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria “La Molina” (Tabla 7), por lo que no se muestran resultados de análisis estadísticos.

**Tabla 7 Resultados de análisis químicos de los sustratos evaluados.**

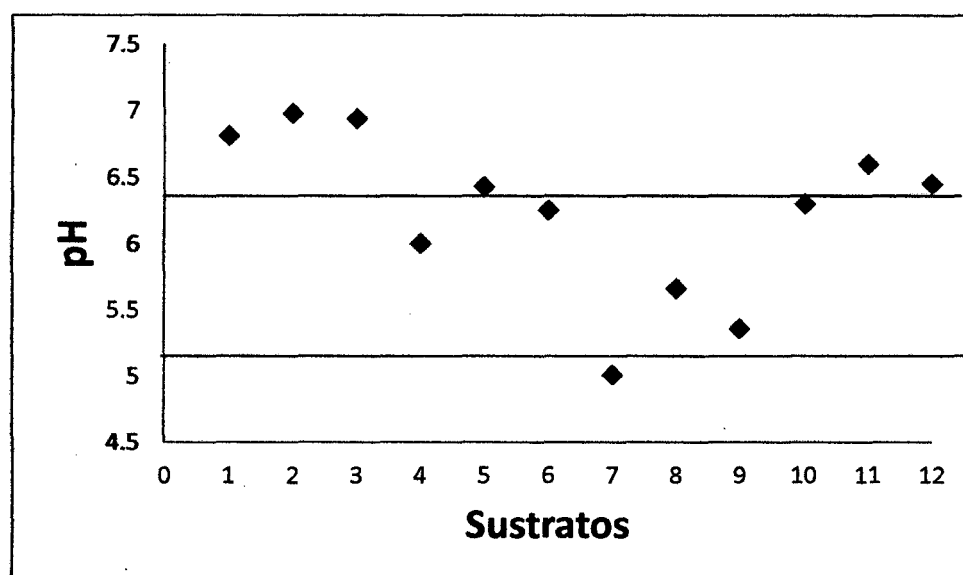
Sustrato	pH (eps)	CE (eps) $\text{dS/m}^{-1}$
1	6.81	0.95
2	6.98	1.33
3	6.94	1.71
4	6.00	1.00
5	6.43	1.34
6	6.25	1.50
7	5.01	1.73
8	5.66	1.69
9	5.36	2.21
10	6.30	0.70
11	6.60	1.17
12	6.45	1.17

pH=potencialidad de hidrógeno, CE= Conductividad eléctrica Sustrato 1 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 2 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 3 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 4 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 7 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 8 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 9 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 10 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 11 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 12 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3).

### 3.2.1 Potencialidad de hidrógeno pH

El sustrato que obtuvo el mayor valor de pH (Tabla 7) fue el sustrato 2 (6.98) siendo el valor prácticamente neutro y el de menor valor fue el sustrato 7 (5.01) siendo ligeramente ácido; sin embargo, solo los sustratos 4 (6.00), 6 (6.25), 8 (5.66), 9 (5.36) y 10 (6.30) estarían dentro del rango considerado como sustrato ideal que es de 5.2 – 6.3 (Pastor, 1999).

Los sustratos 1 (6.81), 2 (6.98), 3 (6.94) y 11 (6.60), tendrían valores más altos (Figura 8), generados por la naturaleza de su principal componente bagazo de caña de azúcar (VIFINEX, 2002), además los valores de pH de los sustratos 7, 8, y 9 que tienen valores más bajos porque uno de sus componentes es partículas de cáscara de castaña que poseen 57% de lignina (Basso & Cukierman, 2003).



**Figura 8 Rangos óptimos referenciales de pH para un sustrato ideal**

Para los sustratos 1, 4, 7, y 10, los valores de pH encontrados fueron 6.6, 6.5, 6.4 y 6.6 (Martínez, 2011), muy similar a los encontrados en el presente trabajo 6.81, 6.0, 5.01 y 6.3 respectivamente, solo el sustrato 7 muestra diferencias debido a que cuando tiene mayor tiempo de descomposición el pH se incrementa (Landis *et al.*, 1989).

### 3.2.2 Conductividad eléctrica (CE)

De los sustratos evaluados (Tabla 7), el mayor valor de la C.E. la obtuvo el sustrato 9 ( $2.21 \text{ dSm}^{-1}$ ) y el menor, el sustrato 10 ( $0.70 \text{ dSm}^{-1}$ ); por lo que se puede afirmar que todos los tratamientos mantienen valores bajos de sales disueltas encontrándose dentro del rango óptimo comprendido  $< 3.5 \text{ dSm}^{-1}$  (Pastor, 1999). Si consideramos los valores para sustratos orgánicos entre  $0.75 \text{ dSm}^{-1}$  y  $1.99 \text{ dSm}^{-1}$  (Bunt, 1988) solo los sustratos 9 y 10 quedarían fuera del rango sugerido (Figura 9).

De esta manera, se asume que no existió efectos detrimentes en el crecimiento y rendimiento porque los valores de CE son menores de  $2 \text{ dSm}^{-1}$  (Moreno, 1970), pero de  $2 \text{ dSm}^{-1}$  a  $4 \text{ dSm}^{-1}$  puede verse perjudicado el rendimiento para plantas muy sensibles (Bunt, 1988).

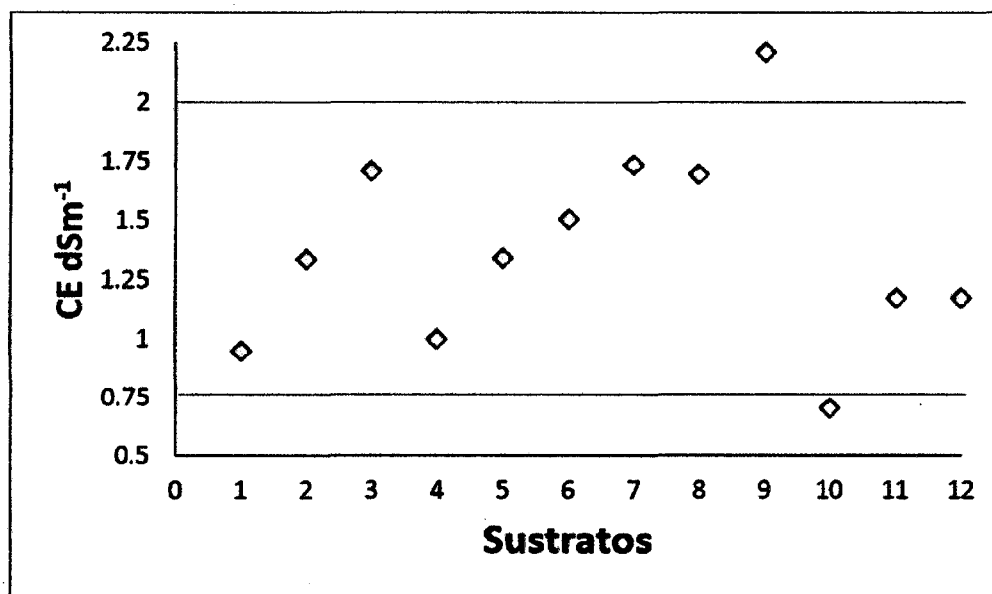


Figura 9 Rangos obtenidos de CE de los sustratos evaluados

Estos resultados se ajustan a los encontrados por Martínez (2011), quien encontró valores bajos de sales disueltas en los sustratos en base a bagazo de caña de azúcar, tuza de maíz, partículas de castaña y aserrín, con proporciones parecidas a los sustratos 1, 4, 7, y 9 evaluadas en el presente trabajo de investigación.

### 3.3 Parámetros morfológicos

Los resultados de las medias y pruebas de significación para los parámetros morfológicos de Numero de hojas, Diámetro altura del cuello (DAC), Altura del Tallo, Altura de la raíz y altura total se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8** Valores promedios determinados para los parámetros morfológicos obtenidos en plántulas de *Bertholletia excelsa* HBK.

Sustratos	N° de hojas		DAC (mm)		Altura tallo (cm)		Long. raíz (cm)		Altura total (cm)	
	medias	Sig.	medias	Sig.	medias	Sig.	medias	Sig.	medias	Sig.
		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01
1	12.93	A	4.02	A	21.19	A	10.95	AB	32.14	A
2	9.78	ABC	3.23	BC	17.92	ABC	10.05	BC	27.97	ABC
3	8.60	BC	2.85	BCD	13.28	BCD	13.65	A	26.93	ABCD
4	10.83	AB	3.39	AB	18.40	AB	10.90	AB	29.29	AB
5	8.95	BC	2.88	BCD	15.15	BCD	9.51	BCD	24.66	ABCD
6	8.48	BC	2.63	CD	12.93	CD	8.37	BCD	21.30	CDE
7	6.95	C	2.40	D	10.62	D	6.23	D	16.66	E
8	7.60	BC	2.75	BCD	13.36	BCD	6.88	CD	20.23	DE
9	10.55	AB	3.33	ABC	17.56	ABC	11.09	AB	28.64	ABC
10	9.28	BC	2.74	BCD	13.45	BCD	8.63	BCD	22.08	BCDE
11	8.68	BC	2.77	BCD	13.52	BCD	9.25	BCD	22.77	BCDE
12	8.20	BC	2.73	BCD	12.85	CD	10.38	BC	23.23	BCDE

DAC= Diámetro a la altura del cuello, Sig.= Significación de Tuckey al 99%, Sustrato 1 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 2 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 3 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 4 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 7 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 8 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 9 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 10 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 11 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 12 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3).  
Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 3.3.1 Número de Hojas

Los resultados obtenidos en la evaluación de los sustratos permitieron constatar que existe un efecto del sustrato en el número de hojas verdaderas presentes en las plántulas de Castaña (*Bertholletia excelsa* HBK).

La mayor cantidad de hojas lo obtuvo el sustrato 1 (12.93), y el sustrato 7 (6.95) obtuvo la menor cantidad de hojas (Cuadro 8), de igual forma al realizar el análisis de varianza se pudo constatar diferencias significativas entre los sustratos, por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  donde el sustrato 1 es estadísticamente significativo sobre el sustrato 7, y el resto de sustratos, si bien tienen diferencias en sus promedios sin embargo, son iguales estadísticamente.

Los resultados de las medias (Figura 10), se ajustarían a lo expresado por (Müller, 1982), quien menciona que la castaña logra esa cantidad de hojas cuando tiene 4 a 8 meses después del repique y en el presente trabajo de investigación la evaluación se realizó a los 5 meses.

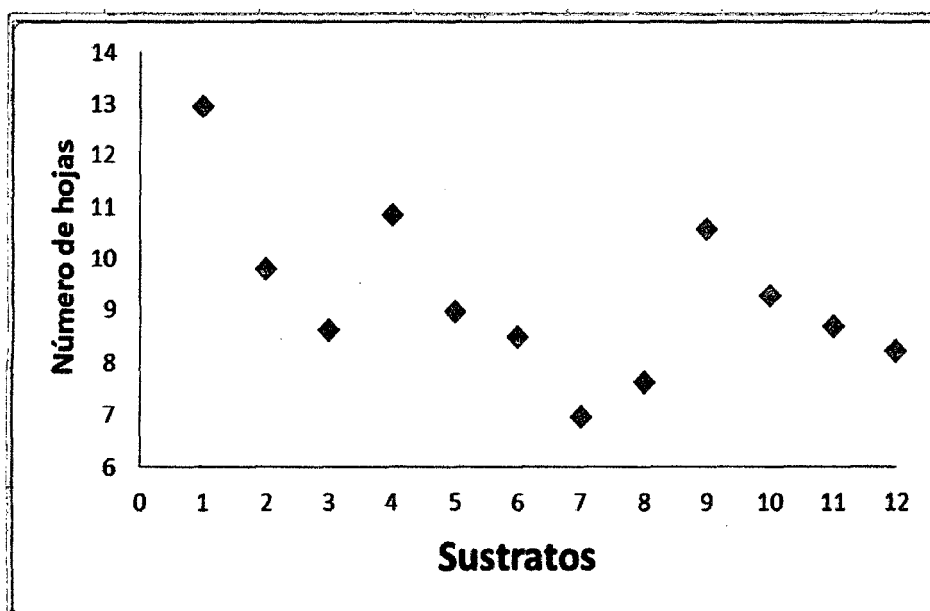


Figura 10 Número de hojas verdaderas por sustrato

Martínez (2011), trabajando con sustratos parecidos a los sustratos 1, 4, 7 y 10, encontró que el mayor número de hojas verdaderas le correspondió al sustrato 4 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de castaña-Arena proporción 3-2-1) tanto para las especies de cedro y caoba, valores que difieren al hallado en el presente trabajo, de lo que se puede inferir que cada especie manifiesta una respuesta particular a determinado sustrato (Di Benedetto, Molinari, Boschi, Klassman & Benedicto, 2000).

### 3.3.2 DAC (Diámetro a la altura del cuello)

El DAC es uno de los atributos morfológicos más utilizados debido a su facilidad de medición y su predicción en la supervivencia y desarrollo post trasplante (Mexal y Landis 1990), además, se puede afirmar que están directamente relacionados con el número de hojas, pues, en el presente trabajo de investigación (Cuadro 8) los valores de las medias para estas variables fueron los más altos, obteniéndose para el sustrato 1 (4.02 mm de DAC y 21.19 cm de altura) y la menor media fue para el sustrato 7 (2.4 mm y 10.62 cm).

Los resultados de las medias obtenidas fueron significativas estadísticamente entre sustratos para la prueba de Tuckey  $p < 0.01$ , donde el sustrato 1 es superior y diferente estadísticamente sobre el sustrato 7 y los demás sustratos serían iguales estadísticamente.

Este resultado es consistente por lo encontrado por Pinchi (2009), al trabajar con un sustrato en base a Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-arena, en la proporción 5-3-2, donde obtuvo los valores más altos para el incremento de DAC de la especie castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) y lo expresado por García (1996), quien menciona que trabajando con *P. pseudostrobus* y *P. douglasiana*, indica que las características óptimas de planta ideal para reforestación, deben tener un DAC de 3 a 4 mm.

Al considerar como referencia de un DAC óptimo lo referido por García (1996), se puede afirmar que los sustratos 1, 2, 4 y 9 (4.02 mm, 3.23 mm, 3.39



mm, 3.33 mm respectivamente), se encuentran dentro del rango óptimo (Figura 11), lo cual se vería reflejada como una mayor sobrevivencia en campo (Mexal y Landis 1990).

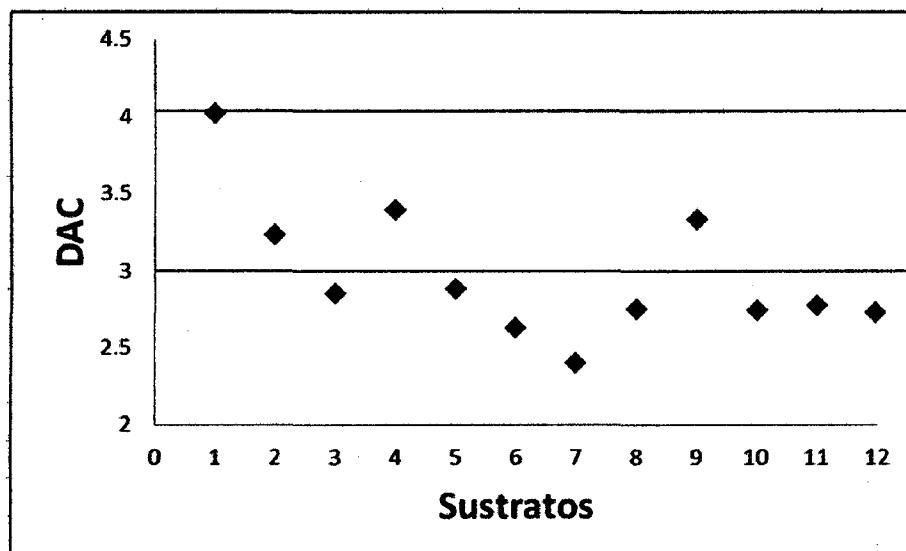


Figura 11 Rango de DAC para una planta ideal.

### 3.3.3 Altura del Tallo

Este parámetro es fácil de medir; sin embargo, no transmite información por sí sola permitiendo solo recabar una aproximación del área fotosintetizante y transpirante pero ignora la arquitectura del tallo (Birchler, Rowse, Royo & Pardos, 1998).

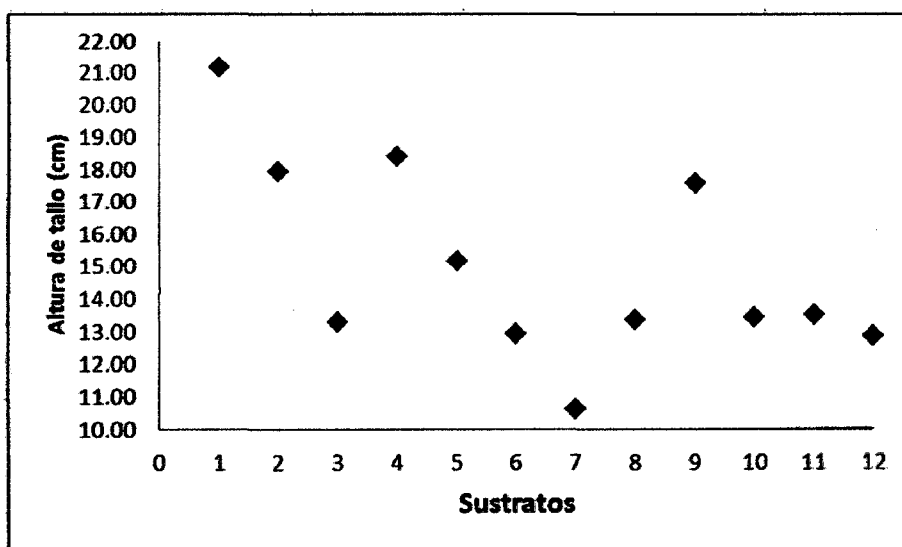


Figura 12 Valores medios de las alturas del tallo

En la evaluación de este parámetro se ha obtenido al sustrato 1 (21.19 cm) como el que posee el mayor valor de la media y el sustrato 7 (10.62 cm) con el de menor valor (Figura 12), similar resultado encontró Pinchi al trabajar con un sustrato en base a Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-arena en la proporción 5-3-2, donde obtuvo los valores más elevados para la altura de tallo de la especie castaña (*Bertholletia excelsa* HBK), (Pinchi, 2009).

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 8) se encontró diferencias significativas entre los sustratos por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  pudiéndose demostrar que el sustrato 1 es diferente estadísticamente del sustrato 7, además, los tratamientos 4 (18.4cm), 2 (17.92cm), y 9 (17.56cm) serían iguales estadísticamente. Si bien la altura del tallo no refleja la calidad de la planta, es importante considerar la ventaja inicial en el tamaño de la planta pues esta se mantiene en el tiempo (Thompson, 1984).

Los valores para la altura de las especies latifoliadas serían: Bajo < de 12 cm, Medio de 12-14.9 cm y alto > de 15 cm (Sáenz *et al.*, 210). Martínez (2011), al desarrollar un trabajo de investigación con 4 sustratos similares a los sustratos 1 (Bagazo de caña – Carbón de cascarilla de arroz-Arena), 4 (Tuza de Maíz – Carbón de cascarilla de arroz-Arena), 7 (Partículas de castaña– Carbón de cascarilla de arroz-Arena), y 10 (Aserrín–Carbón de cascarilla de arroz-Arena), obtuvo mejor respuesta al parámetro altura de tallo con el sustrato en base a Tuza de maíz, seguido por el sustrato en base a castaña, en tercer lugar el sustrato en base a bagazo de caña y último en base a aserrín, lo cual difiere con lo encontrado en el presente trabajo de investigación donde para el parámetro altura del tallo, solamente considerando los 4 sustratos de referencia, se obtuvo mejor respuesta en el sustrato en base a bagazo de caña, seguido por el sustrato en base a tuza de maíz, luego el sustrato en base a aserrín y finalmente el sustrato que tuvo como base la cascarilla de castaña; estas diferencias son comunes según las diferentes especies, pues estas manifiestan diferencias en la sensibilidad al efecto de los sustratos (Martínez, 2011).

### 3.3.4 Longitud de la Raíz

El mayor valor medio de la longitud de la raíz se obtuvo en el sustrato 4 (13.65 cm) y el de menor valor la obtuvo el sustrato 7 (6.23 cm) (Figura 13); sin embargo, estos valores no son consistentes cuando se evalúa su peso seco (Cuadro 9), esto es debido a que si bien presenta una altura considerable esta es influenciada por la longitud de la raíz principal pudiendo en algunos casos presentar poca masa radicular secundaria lo que es importante considerarlo ya que en las raíces finas es donde se desarrolla la actividad de absorción de agua y nutrientes por ser más activas y permeables frente a las gruesas, cuya misión se concreta fundamentalmente en el anclaje de las plantas (Thompson, 1984).

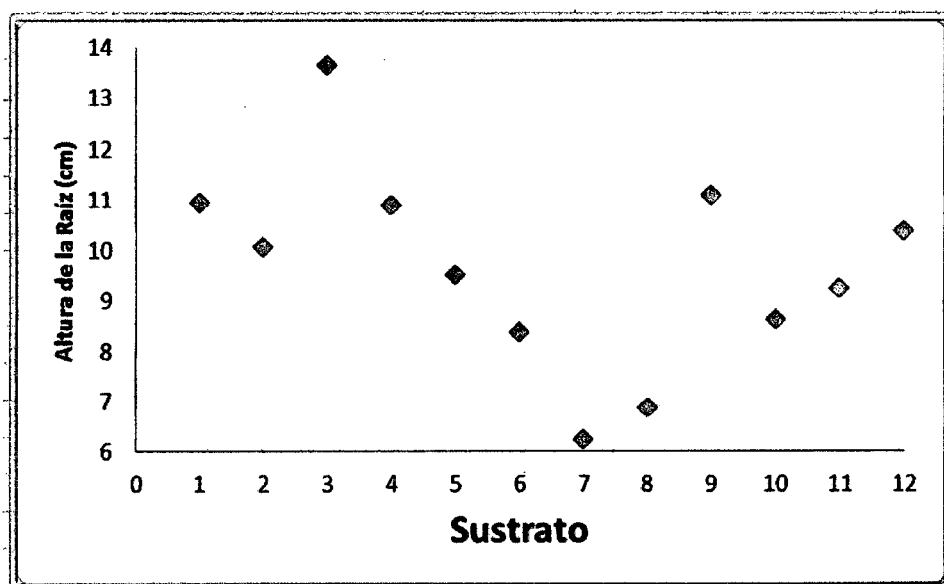
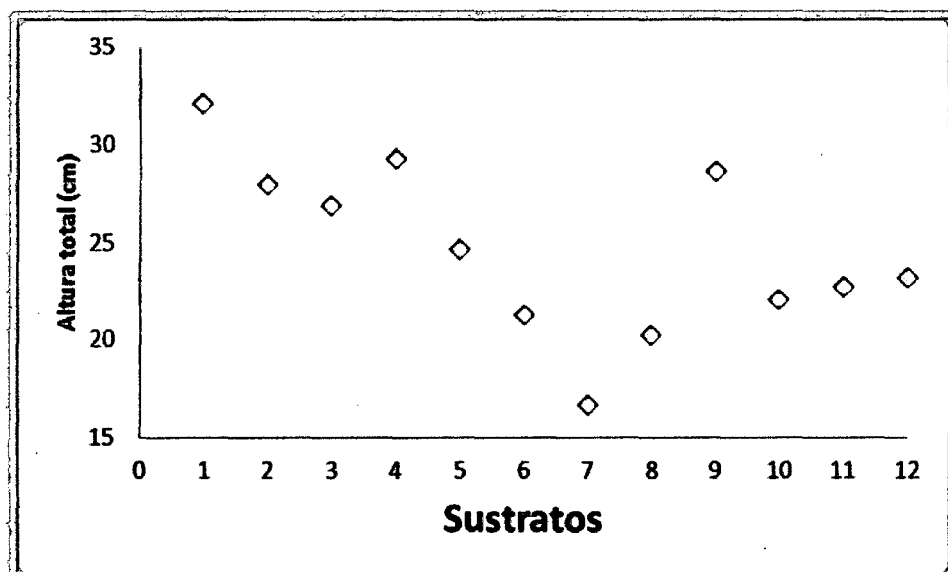


Figura 13 Valores medios de la longitud de la raíz

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 8) se encontró diferencias significativas entre los sustratos, por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  en la que se pudo demostrar que el sustrato 3 es diferente estadísticamente del sustrato 7, además, los sustratos 1 (10.95 cm), 4 (10.9 cm), y 9 (11.09 cm) serían iguales estadísticamente, pero de menor valor que el sustrato 3.

### 3.3.5 Altura total

Para el parámetro altura total, los resultados obtenidos de las medias demuestran que el valor más alto correspondió al sustrato 1 (32.14 cm), seguida de los sustratos 4 (29.29 cm) y el sustrato 9 (28.64 cm) mientras que el de menor valor fue para el sustrato 7 (16.66 cm) (Figura 14).



**Figura 14** Valores medios de la altura total

Se ha realizado el análisis de varianza del parámetro altura total (Cuadro 8), y se encontró diferencias significativas entre los sustratos, por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ , donde el sustrato 1 es el de mayor valor y diferente estadísticamente del sustrato 7 que resultó el de menor valor.

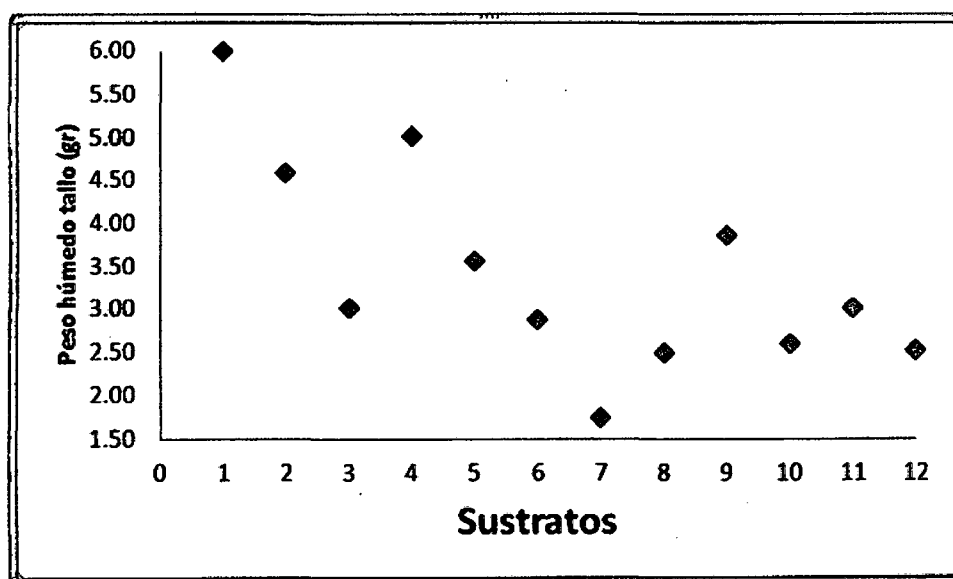
Pese a los resultados encontrados en el parámetro longitud de raíz, donde estos no guardan relación con los de altura de tallo, no lograron variar mucho los resultados del parámetro altura total, manteniéndose los resultados más parecidos a la altura del tallo pues los valores en el parámetro altura de raíz fue más parejo, esto debido principalmente a la gran cantidad de reserva nutritiva contenida por la semilla de castaña (Corvera *et al.*, 2011).

**Tabla 9** Peso húmedo y seco del tallo y raíz de las plántulas de *Bertholletia excelsa* HBK

sustratos	Peso húmedo tallo (g)		Peso Húmedo raíz (g)		Peso Húmedo total (g)		Peso seco tallo (g)		Peso seco raíz (g)		Peso seco total (g)	
	medias	Sig.	Medias	Sig.	medias	Sig.	medias	Sig.	medias	Sig.	medias	Sig.
		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01
1	6.00	A	2.31	A	8.31	A	2.13	A	0.57	A	2.70	A
2	4.59	ABC	1.62	AB	6.21	AB	1.40	B	0.39	AB	1.79	BC
3	3.01	CDE	1.10	BCD	4.10	BCD	0.97	BC	0.25	BCD	1.22	BCD
4	5.02	AB	1.35	BC	6.37	AB	1.56	AB	0.34	BC	1.90	B
5	3.55	BCDE	0.94	BCD	4.49	BCD	1.16	BC	0.22	BCD	1.39	BCD
6	2.87	CDE	0.74	CD	3.61	CD	0.94	BC	0.16	CD	1.10	BCD
7	1.74	E	0.43	D	2.18	D	0.70	C	0.11	D	0.80	D
8	2.49	DE	0.53	D	3.02	CD	0.91	BC	0.16	CD	1.07	CD
9	3.86	BCD	1.35	BC	5.21	BC	1.41	B	0.35	B	1.76	BC
10	2.59	DE	0.58	D	3.17	CD	1.02	BC	0.21	BCD	1.24	BCD
11	3.00	CDE	0.73	CD	3.73	CD	1.18	BC	0.27	BCD	1.45	BCD
12	2.51	DE	0.70	CD	3.21	CD	1.03	BC	0.24	BCD	1.28	BCD

Sig.= Significación de Tuckey al 99%, Sustrato 1 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 2 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 3 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 4 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 6 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 7 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 8 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 9 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 10 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 11 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 12 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3). Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 3.3.6 Peso húmedo tallo

**Figura 15** Valores medios del peso húmedo del tallo

Los resultados de las medias obtenidas para el parámetro peso húmedo del tallo, muestran al sustrato 1 (6 g) como el valor más alto de peso húmedo del tallo y al sustrato 7 (1.74 g) como el sustrato de menor valor, además, el sustrato 1 es 71% más que el sustrato 7 y 16.33% más que el que ocupa el segundo lugar (sustrato 4) (Figura 15).

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 9) se encontró diferencias significativas entre los sustratos, por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ , en la que se pudo demostrar que el sustrato 1 es el de mayor valor y es diferente estadísticamente del sustrato 7 que obtuvo el menor valor de la media.

### 3.3.7 Peso húmedo raíz

Para el parámetro peso húmedo de raíz, los valores obtenidos para las medias (Figura 16) demuestran que el sustrato 1 (2.31 g) obtuvo el mayor valor y el sustrato 7 (0.43 g) presentó el menor valor en relación a los demás sustratos, además, el sustrato 1 representa el 81.39% más del sustrato 7, y es mayor por 29.87% del sustrato 2 (1.62 g) que es el que obtuvo el segundo lugar en relación al valor de la media.

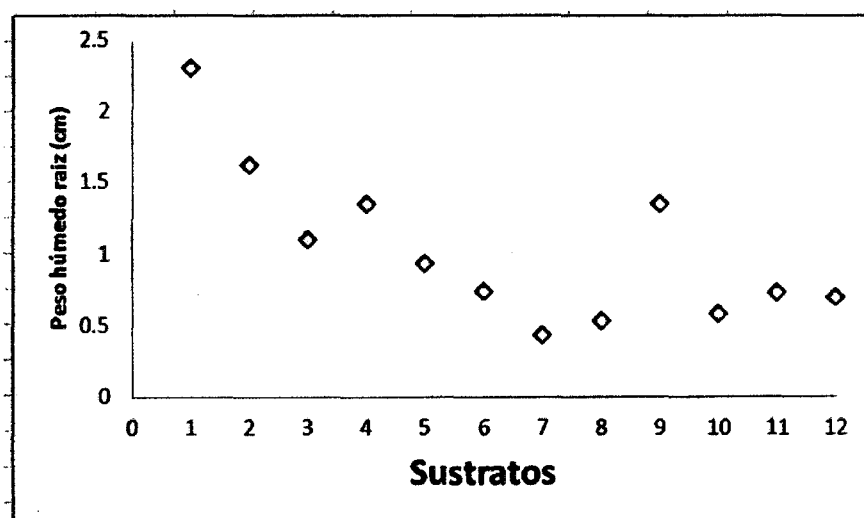


Figura 16 Valores medios del peso húmedo de la raíz.

Se ha realizado el análisis de varianza (Cuadro 9) donde se encontró diferencias significativas entre los sustratos por lo que fue necesario realizar la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ , en la que se confirmó que el sustrato 1 (2.31 g) es el de mayor valor y es diferente estadísticamente de los sustratos 7 (0.43 g), 8 (0.53 g) y 10 (0.58 g), los mismos que a su vez obtuvieron los menores valores de las medias pero que son iguales estadísticamente.

En la evaluación de este parámetro, el sustrato 3 (1.1 g), no obtuvo el mayor valor de la media, como si sucedió al evaluar la altura de raíz, lo cual confirmaría que solo presentó raíz principal y muy pocas raíces secundarias.

### 3.3.8 Peso húmedo total

Evaluando los resultados de las medias (Figura 17) se puede constatar que el sustrato 1 (8.31 g) ocupa el primer lugar seguido del sustrato 4 (6.37 g) que ocupa el segundo lugar y el sustrato 2 (1.61 g) ocuparía el tercer lugar, el sustrato que ocuparía el último lugar por obtener el menor valor de la media es el sustrato 7 (2.18 g). Además, el sustrato 1 es 73.77% mayor que el sustrato 7, también representa un 23.35% más que el sustrato 4 que ocupa el segundo mayor valor de la media y es mayor por un 25.27% del sustrato 2 que ha ocupado el tercer lugar.

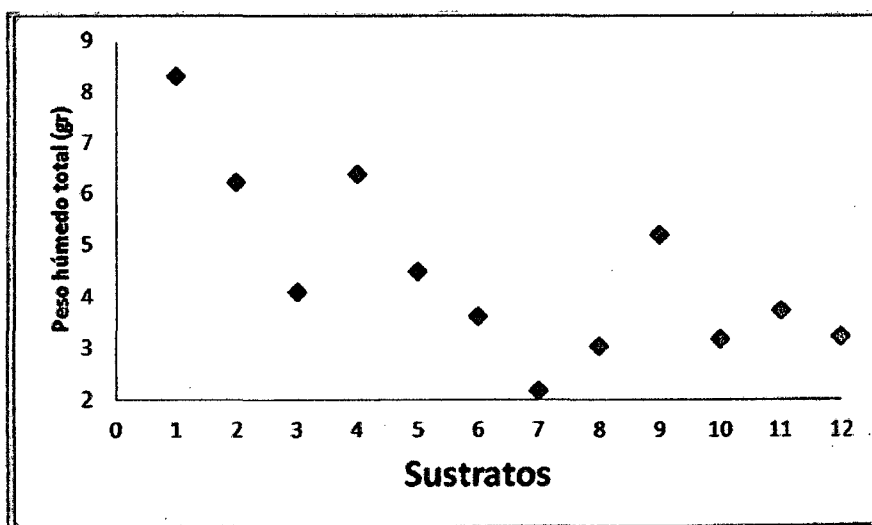


Figura 17 Valores medios del peso húmedo total

Las pruebas para el análisis de varianza (Cuadro 9) muestran diferencias estadísticas significativas entre los sustratos, por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ , en la que se confirmó que el sustrato 1 (8.31 g) es el de mayor valor y diferente estadísticamente del sustrato 7 (2.18 g) que es el que obtuvo el menor valor de la media pero el sustrato 1 es igual estadísticamente a los sustratos 4 (6.37 g) y el sustrato 2 (6.21 g).

### 3.3.9 Peso seco tallo

Los resultados de las medias obtenidas para este parámetro, muestran como resultado que el sustrato 1 (2.13 g) obtuvo el mayor valor seguido del sustrato 4 (1.56 g) que ocupa el segundo lugar y el sustrato 9 (1.41 g) ocuparía el tercer lugar, el sustrato que ocuparía el último lugar por obtener el menor valor de la media es el sustrato 7 (0.70 g) (Figura 18), donde el sustrato 1 es 67.14% mayor que el sustrato 7, además, representa un 26,76% más que el sustrato 4 que ocupa el segundo mayor valor de la media, y es mayor por un 33.80% del sustrato 9 que ha ocupado el tercer lugar.

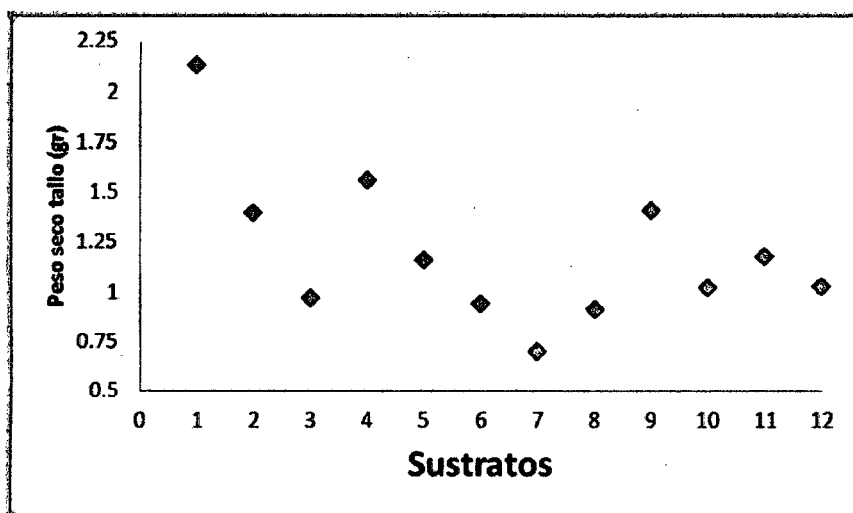


Figura 18 Valores medios del peso seco del tallo

Al realizar las pruebas para el análisis de varianza (Cuadro 9) se encuentran diferencias estadísticas significativas entre los sustratos y al realizar la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  se confirmó que el sustrato 1 (2.13 g) es el de mayor valor y diferente estadísticamente del sustrato 7 (0.70 g) que es el que obtuvo el menor valor de la media, pero el sustrato 1 es igual



estadísticamente al sustrato 4 (1.56 g), el resto de los sustratos si bien difieren en sus medias resultaron iguales estadísticamente.

### 3.3.10 Peso seco raíz

Para este parámetro, los resultados de las medias obtenidas muestran como resultado al sustrato 1 (0.57 g) como el de mayor valor, seguido del sustrato 2 (0.39 g) y el sustrato 9 (0.35 g) ocuparía el tercer lugar, el sustrato que ocuparía el último lugar por obtener el menor valor de la media también en este caso es el sustrato 7 (0.11 g) (Figura 19), estos resultados mostrarían al sustrato 1 como 80.70% mayor que el sustrato 7, además, es 31.58% más que el sustrato 2 que ocupa el segundo mayor valor de la media, y es mayor por un 38.60% del sustrato 9 que está ubicado en el tercer lugar en relación al valor de sus medias.

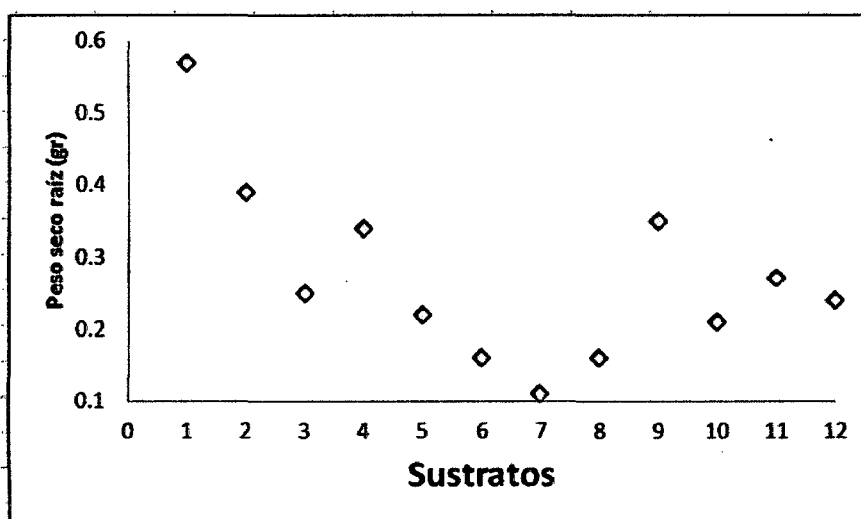


Figura 19 Valores medios del peso seco de la raíz

Según el análisis de varianza (Cuadro 9) se encuentran diferencias estadísticas significativas entre los sustratos, y al realizar la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  se confirmó que el sustrato 1 (0.57 g) es el de mayor valor y diferente estadísticamente del sustrato 7 (0.11 g) que es el que obtuvo el menor valor de la media, pero el sustrato 1 es igual estadísticamente al sustrato 2 (0.39 g), el resto de los sustratos resultaron iguales estadísticamente.

### 3.3.11 Peso seco total

Los resultados de las medias obtenidas para este parámetro muestran al sustrato 1 (2.70 g) como el de mayor valor, al igual que las obtenidas en todas las pruebas de peso húmedo y seco tanto de la parte aérea como radicular de las plantas evaluadas, seguido del sustrato 4 (1.90 g) y el sustrato 2 (1.79 g) ocuparía el tercer lugar, siendo el cuarto lugar para el sustrato 9 (1.76 g), el sustrato que ocuparía el último lugar por obtener el menor valor de la media también en este caso es el sustrato 7 (0.80 g) (Figura 20), estos resultados mostrarían al sustrato 1 como 70.37% mayor que el sustrato 7 que es el que obtuvo el menor valor de las medias, además, es 29.63% más que el sustrato 4 que ocupa el segundo mayor valor de la media, y es mayor por un 33.70% del sustrato 2 que está ter en el tercer lugar, además es mayor por un 34.81% del sustrato 9.

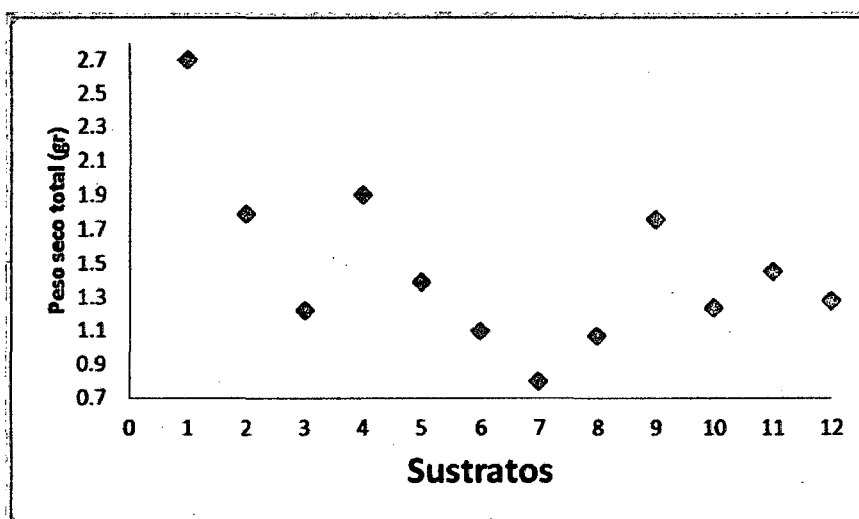


Figura 20 Valores medios del peso seco total

Según el análisis de varianza (Cuadro 9) se encuentran diferencias estadísticas significativas entre los sustratos, y al realizar la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ , se confirmó que el sustrato 1 (2.70 g) es el de mayor valor y diferente estadísticamente del sustrato 4 (1.80 g) que ocupa el segundo lugar y también tanto el sustrato 1 como el 4 son diferentes estadísticamente del sustrato 7 que ocupó el último lugar por ser el de menor valor de la media.

### 3.4 Índices morfológicos

La relaciones e índices morfológicos, nos ayudan a describir atributos abstractos de una plántula mediante la combinación de parámetros morfológicos que se manifiesta con el funcionamiento en campo de algún parámetro individual (Gonzales, 1993), estos resultados se muestran en la tabla 10.

**Tabla 10 Índices morfológicos de las plántulas de *Bertholletia excelsa* HBK**

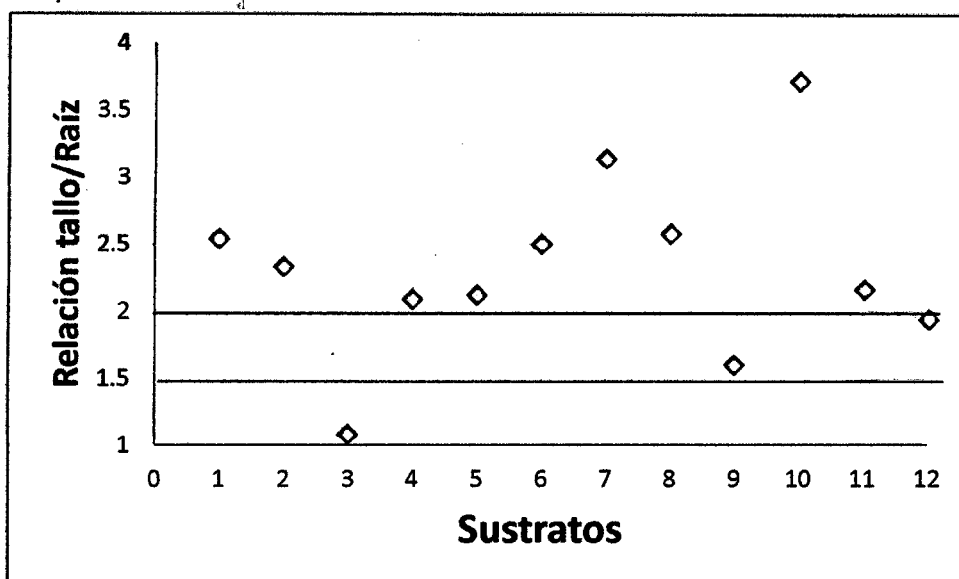
Sustratos	Tallo/raíz		DAC/altura		PS Tallo/raíz		Esbeltez		Dickson	
	Medias	Sig.	Medias	Sig.	Medias	Sig.	Medias	Sig.	Medias	Sig.
		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01
<b>1</b>	2.54	AB	1:52	A	4.07	C	0.96	A	0.23	A
<b>2</b>	2.33	AB	1:54	A	5.76	BC	0.84	AB	0.14	B
<b>3</b>	1.08	B	1:46	A	4.49	C	0.85	AB	0.09	BCDE
<b>4</b>	2.09	AB	1:53	A	6.03	ABC	0.87	AB	0.14	BC
<b>5</b>	2.12	AB	1:51	A	6.54	ABC	0.80	B	0.10	BCDE
<b>6</b>	2.50	AB	1:47	A	9.05	AB	0.79	B	0.07	DE
<b>7</b>	3.14	AB	1:44	A	9.66	AB	0.77	B	0.05	E
<b>8</b>	2.58	AB	1:49	A	10.04	A	0.82	B	0.08	CDE
<b>9</b>	1.60	B	1:24	B	4.73	C	0.89	AB	0.14	BCD
<b>10</b>	3.72	A	1:48	A	6.29	ABC	0.80	B	0.09	BCDE
<b>11</b>	2.16	AB	1:52	A	6.01	ABC	0.84	AB	0.10	BCDE
<b>12</b>	1.94	AB	1:47	A	5.79	BC	0.82	B	0.10	BCDE

Sig.= Significación de Tuckey al 99%, Sustrato 1 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 2 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 3 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 4 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 5 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 6 (Tuza de maíz-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 7 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 8 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 9 (Cáscara de castaña-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3), 10 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 3-2-1), 11 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz-Arena, proporción 2-3-1), 12 (Aserrín-Carbón de cascarilla de arroz, proporción 3-3). Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

#### 3.4.1 Relación Tallo /Raíz

Según la relación Tallo/raíz (Figura 21) el sustrato 10 obtuvo el mayor valor de la media (3.72) y el de menor valor de la media fue para el sustrato 3 (1.08), dentro los valores obtenidos solo el sustrato 9 (1.6) y 12 (1.94) estaría dentro del rango considerado como optimo 1.5 - 2 aunque estos valores pueden variar

según la especie (Iverson, 1984), en la especie castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) aún no se ha definido la relación adecuada que permita un equilibrio de esta relación asociada con la supervivencia en campo definitivo



**Figura 21** Rango de valores óptimos de la relación Tallo/Raíz para una planta ideal

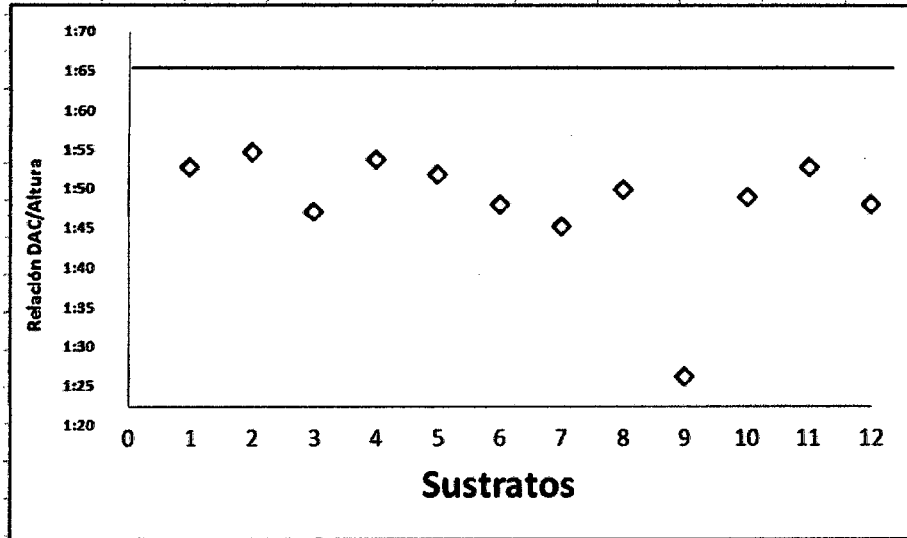
Este rango permitiría considerar a los sustratos 10 (3.72) y 7 (3.14) como los sustratos con las medias más lejanas del rango óptimo. Este parámetro también mostró diferencias estadísticas para  $p < 0.01$  (Tabla 10) donde el sustrato 10 (3.72) obtuvo el mayor valor y fue diferente estadísticamente a los sustratos 3 (1.8) y 9 (1.9) que resultaron los de menor media pero iguales estadísticamente, los demás sustratos, resultaron estadísticamente iguales entre sí.

### 3.4.2 Relación DAC/Altura

En la evaluación de la relación DAC/Altura, el sustrato 2 (1:54) obtuvo la media de mayor valor y el sustrato 9 (1:24) tuvo el menor valor de la media.

El análisis de varianza muestran diferencias estadísticas, por lo que se realizó la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$ , (Tabla 10) en la que el sustrato

9 fue el que obtuvo el menor valor de la media y es diferente estadísticamente al resto de los sustratos, los cuales obtuvieron el mayor valor pero resultaron iguales estadísticamente.

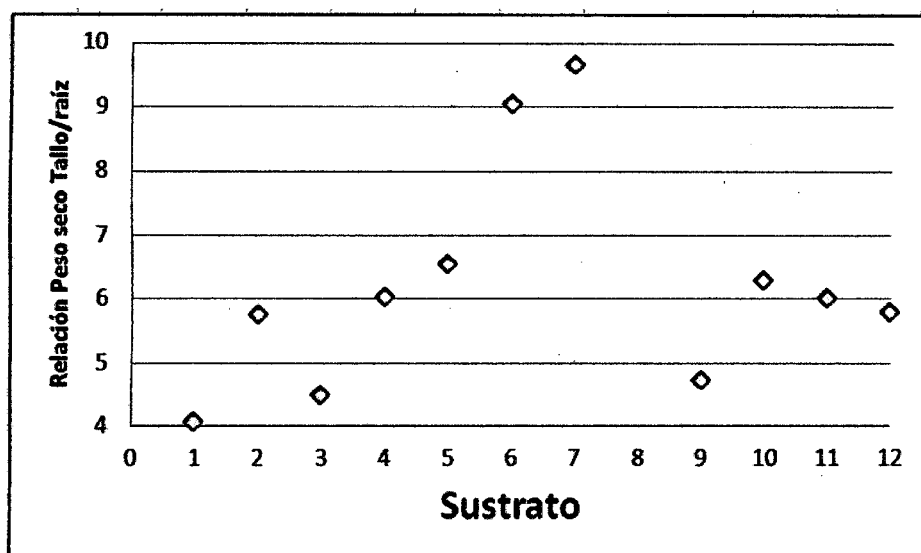


**Figura 22** Rango de valores óptimos para la relación DAC/Altura de una planta ideal

Considerando la relación 1:66 del DAC/Altura, como el valor óptimo para considerar una planta de calidad (Strauch, 2001), pues asegura mayor resistencia y mejor fijación al suelo (Sturion & Antunes, 2000), se puede afirmar que ningún sustrato estuvo dentro del rango sugerido, aunque los sustratos 1, 2, 4, 5 y 11, estuvieron muy cerca de este valor, a diferencia del sustrato 9 que se ubicó más lejos del valor sugerido (Figura 22).

### 3.4.3 Relación Peso seco Tallo/Raíz

Para la Relación peso seco tallo/raíz, el sustrato 8 (10.4) obtuvo la media más alta, y el sustrato 1 (4.07), tuvo la media de menor valor. Sin embargo ningún sustrato estuvo dentro del margen considerado ideal es 1.5 – 2.5 (Thompson, 1984) (Figura 23).



**Figura 23** Valores medios de la relación Peso seco Tallo/Raíz

Asimismo al desarrollar el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas por lo que al desarrollar la prueba de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  (Tabla 10), se observó que el sustrato 8 resultó con mayor valor y diferente estadísticamente a los sustratos 1, 3 y 9 que obtuvieron los valores más bajos pero iguales estadísticamente, estos sustratos por tener menor valor, se acercarán más al valor sugerido.

#### 3.4.4 Índice de Esbeltez de Schmidt Vogt

Los resultados obtenidos para el índice de esbeltez determinan al sustrato 1 (0.96) como el que obtuvo el mayor valor de la media, seguida muy de cerca por el sustrato 9 (0.89) que fue segundo y ubicándose en tercer lugar el sustrato 4 (0.87) y el de menor valor de la media y último le correspondió al sustrato 7 (0.77).

Los valores medios hallados para este índice fueron muy parejos por eso las diferencias son muy escasas, donde el sustrato 1 que obtuvo el mayor valor de la media, solo fue superior al sustrato 7 que ocupó el último lugar por un 19.79% y solo fue mayor al sustrato 9, que obtuvo el segundo mayor valor de la media por 7.29% y 9.38% mayor al sustrato 4 que obtuvo el tercer lugar.

Al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas entre los sustratos, por lo que se sometieron a las pruebas de significación de Tuckey para  $p < 0.01$  siendo el sustrato 1 el de mayor valor y diferente estadísticamente a los sustratos 6, 7, 8, 10 y 12 que fueron de menor valor pero iguales estadísticamente y los sustratos 2, 3, 4, 5, 9 y 11, resultaron iguales estadísticamente (Tabla 10).

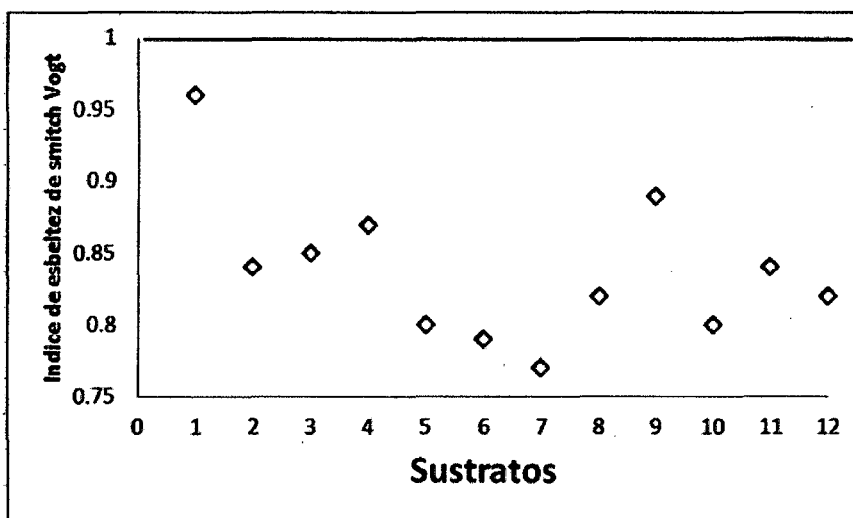


Figura 24 Rango del valor óptimo para el índice de esbeltez de Schmidt Vogt,

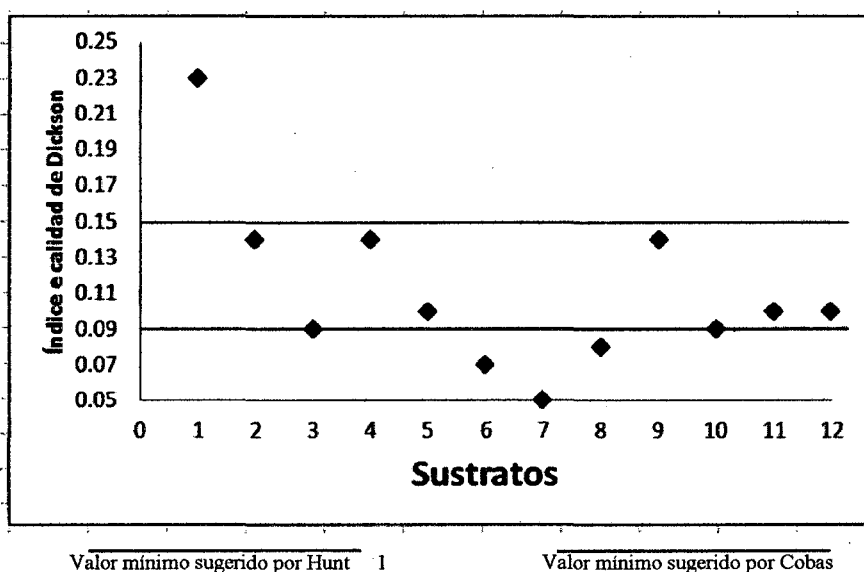
Considerando los valores hallados el sustrato 1 (Figura 24) encajaría dentro de los rangos de planta ideal, pues el valor hallado se acerca a 1 (Dengler *et al.*, 1990) aunque los demás sustratos estarían muy cerca de este valor referencial.

### 3.4.5 Índice de calidad de Dickson

La media de mayor valor obtenida en el presente trabajo para el Índice de Dickson le correspondió al sustrato 1 (0.23), y la media de menor valor fue para el sustrato 7 (0.05) (Figura 25).

El sustrato 1 es mayor en un 39.13% al sustrato 2 (0.14) que ocupó el segundo valor en relación a sus medias, y mayor al sustrato 7 (0.05) que ocupó el último lugar por un 78.26% .

Según estos resultados las plantas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) producidas en el sustrato 1 encajaría dentro de la categoría planta ideal pues tiene el valor mayor (Dickson *et al.*, 1960), además, Hunt (1990) al trabajar con especies coníferas menciona que un IQ inferior a 0,15 podría generar problemas en el establecimiento de una plantación. Cobas, Castillo & Gonzales (2001) citado por Sáenz, Villaseñor, Muñoz, Rueda & Prieto (2010) mencionan que para especies latifoliadas los rangos oscilan de 0.09 a 0.3, los índices menores (0.01) se obtienen cuando las plantas son sometidas a endurecimiento fuerte lo que genera un desbalance entre la parte aérea y radical y/o altura/DAC, propiciando baja potencialidad de la planta tanto a sobrevivir como crecer en la plantación (Leyva, Rossel, Ramírez & Romero 2008, citado por Sáenz, *et al.*, 2010).



**Figura 25** Rango de valores óptimos para el índice de calidad de Dickson

Este índice también mostró diferencias significativas entre sustratos al realizar el análisis de varianza, y también mostró diferencias estadísticas significativas al realizar la prueba de Tuckey para  $p < 0.01$ , donde el sustrato 1 (0.23) compuesto de bagazo de caña-carbón de cascarilla de arroz-arena en la proporción 3-2-1, mostró mayor valor y diferencia estadística sobre el sustrato 2 (0.14) que a su vez resultó el sustrato con el segundo mayor valor de la media y con el sustrato 7



(0.05) que es el sustrato con el menor valor de la media, los demás sustratos mostraron diferencias entre sus medias pero resultaron iguales estadísticamente.

### 3.5 Correlación de las propiedades físicas de los sustratos con el Índice de Dickson.

Se ha desarrollado la prueba de correlación de Pearson con el Índice de Dickson con la finalidad de observar que nivel de dependencia existente entre estas variables.

**Tabla 11 Prueba de correlación de las propiedades físicas y el índice de Dickson**  
*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	Porosidad total	Porosidad de aireación	Capacidad de retención de agua	Densidad aparente	Densidad de partículas	Índice de Dickson
Porosidad total	1,00	1,1E-11	0,67	0,00	0,01	0,05
Porosidad de aireación	0,74	1,00	8,1E-08	0,00	3,0E-12	0,93
Capacidad de retención de agua	0,06	-0,63	1,00	8,0E-04	5,9E-11	0,03
Densidad aparente	-0,82	-0,92	0,42	1,00	0,00	0,49
Densidad de partículas	-0,35	-0,76	0,72	0,80	1,00	0,18
Índice de Dickson	0,26	0,01	0,28	-0,09	0,17	1,00

Los valores encontrados no mostraron que exista una correlación significativa entre las propiedades físicas de los sustratos y el Índice de Dickson, pues solo la porosidad total y la capacidad de retención de agua mostraron una correlación baja y la densidad de partículas una correlación muy baja.

## CONCLUSIONES

- El sustrato donde se obtuvo la mejor respuesta de los parámetros e índices morfológicos en la producción de plantas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) en tubetes fue el sustrato 1 (Bagazo de caña-Carbón de cascarilla de arroz-arena en la proporción 3-2-1), seguido del sustrato 2, 4 y 9.
- Solo el sustrato 1, obtuvo todos los resultados de las propiedades físicas dentro de los rangos sugeridos.
- La arena de río, influyó en la variación de los valores de las propiedades físicas de los sustratos, disminuyendo la Porosidad total y Porosidad de aireación e incrementando la Capacidad de retención de agua, Densidad Real y aparente.
- El carbón de cascarilla de arroz, ayuda a mejorar el pH del sustrato, pues todos los sustratos que tuvieron mayor proporción de carbón en sus mezclas elevaron su pH.
- Todos los sustratos en base a partículas de cáscara de castaña, presentaron los pH más bajos y la C.E. más altos.
- No existe correlación entre las propiedades físicas de los sustratos y el Índice de Dickson.

## RECOMENDACIONES

- Utilizar el sustrato en base a Bagazo de caña de azúcar-Cascarilla de arroz carbonizada-arena en la proporción 3-2-1 para la producción de plantas de castaña en vivero.
- Continuar con los trabajos de investigación en la producción de plantas de castaña en tubetes con diferentes volúmenes, utilizando otros componentes orgánicos u otras proporciones con residuos de cosecha o industriales.
- Desarrollar una evaluación económica en la producción de plantas de castaña con sustratos orgánicos producidos en la región.
- Realizar pruebas de producción de plantas de castaña en contenedores de diferentes dimensiones.
- Continuar desarrollando trabajos de investigación con esta especie hasta determinar los valores adecuados para la producción de plantas de calidad, tanto en las propiedades físicas y químicas de los sustratos como en los parámetros e índices morfológicos y sobrevivencia en campo definitivo.
- Evaluar en campo definitivo, el comportamiento de las plantas obtenidas con diferentes índices de Dickson, a fin de encontrar un índice ideal para la especie *Bertholletia excelsa*.

## BIBLIOGRAFIA

- ANIA, Asociación para la Niñez y su Ambiente. (2004). *Ordenamiento del área de recursos naturales de BoNi*, Puerto Maldonado – MDD.
- Agreda Ugas, Víctor; (1999) *Informe final de estudio “Análisis socioeconómico de la actividad castañera en Madre de Dios”*, Candela Perú y Proyecto Castañales. Perú.
- Ansorena, J. (1994). *Sustratos: Propiedades y Caracterización*. Madrid. España: Editorial Mundi Prensa.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. (1990). *Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. 15. Ed. Virginia.
- Arteaga, M. B.; S. León & C. Amador (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Mtz. En vivero. *Foresta Veracruzana* 5(2):9-15
- Barros, N. F., Brandi, R. M., & Couto L. (1978). Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, no viveiro e no campo. *Revista Árvore*, v. 2, n. 2.
- Basso M. C., & Cukierman A. L. (2003). Empleo de un Biosorbente para el tratamiento de agua. *Avances en energías renovables y Medio Ambiente*. Vol 7, Nº 2, ISSN 0329-5184.
- Bertolani, F., Adhemar V. F., Norival N., Simões, J. V. & Ubirajara, M. (1975). Influência dos recipientes e dos métodos de sementeira na formação de mudas de *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis. *IPEF*, v. 11.
- Birchler, A.T., R. W. Rowse, A. Royo, & M. Pardos. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Inv. Agr. Sist. Recur. For.* 7(1-2): 109-121.
- Bunt, A. C. (1988). Media and mixes for container grown plants. *Unwin Hyman*. Londres.
- Bures, S. (1997). Sustratos. *Ediciones Aerotécnicas*, Madrid, España. 342 p.
- Carneiro, J.G. de A. (1995). Produção e controle de qualidade de mudas florestais. *Folha de Viçosa*. Viçosa.
- Cavalcante, P. B. (1976) Frutas comestives da Amazonia. I. Belén. Museu Paraense Emilio Goeldi, (Museu Paraense E. Goeldi. *Publicações avulsas*, (17). 84 p.

- Chancasananpa M., Ronald S. & Reynoso G., Jenny N. (2008) *Evaluación de insectos polinizadores en Plantaciones de Castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) en Tambopata-Madre de Dios*; Tesis Ing. Forestal y ambiental; Universidad Nacional del Centro del Perú; Huancayo, Perú,
- Cobas, L. M., Castillo, M. I. & GONZALES, I. E. (2001). Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de plantas de Hibiscus elatus Sw. Cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Rio. *Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*. Vol. 3. Universidad Pinar del Rio, Cuba.
- Comité Multisectorial de la Castaña (2006). *La Cadena de Valor de la Castaña Amazónica del Perú*. Perú: Primera Edición.
- Corvera, G. R., Del Castillo, T. D., Suri, P. Wilson., Cusi, A. E. & Canal, Z. Alfredo. (2010). *La Castaña Amazónica (Bertholletia excelsa) Manual de Cultivo*. Perú: Impresiones EduGraph,
- Corvera, G. R. (2002) *Primera aproximación en la micro- zonificación de áreas con aptitud para plantaciones de castaña (Bertholletia excelsa)*. Instituto de Investigación de la Amazonia peruana 15 p.
- Cuculiza, P. (1998). *Aspectos agronómicos y técnicos sobre Bertolletia excelsa*. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, Centro Regional de Investigación. Puerto Maldonado, Perú.
- Cuculiza, P. (2000). *Tratamientos en la semilla de Castaña (Bertholletia excelsa HBK)*. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, Centro Regional de Investigación. Puerto Maldonado, Perú.
- Corrente, O. (2003). *Composição de substratos e tipos de embalagens no crescimento de mudas de castanheira-do-brasil (Bertholletia excelsa H. B. K.)*. Tesis para obtenção de título de Mestre em Agricultura Tropical. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, Mato Grosso.
- Deiana, A. C., Noriega, S. E. & Petkovic, L. M. (1998). Carbón activado a partir de materias primas regionales Información Tecnológica..
- Di Benedetto, A., Molinari, J., Boschi, R., Klasman, R. & Benedicto, D. (2000). Adaptación de cuatro especies florales anuales a diferentes substratos de crecimiento. *Agrosur* 28(2).

- Dengler A., Röhrig, E., & Gussone H. (1990) *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. Zweiter Band. 6ª ed. Hamburg y Berlin, Alemania. Paul Parey. 314 p..
- Dilger, D. (1998). Container substrate and irrigation. *The Woody Ornamentalist* 23 (1): 1-2.
- Dickson A, Al Leaf, & IE Hosner. (1960). Quality appraisal of white spruce and white seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13
- García M., J. J. (2002). *Guía para el establecimiento de pinos a raíz desnuda en Michoacan*. Boletín Técnico N° 3 Vol. 1. C. E. Uruapan. CIRPAC. INFAP. SAGARPA-COFOM. Uruapan, México.
- Gomes, J. M, Couto, L., Borges, R. de C. G. & Freitas, S. C. (1990). Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). *Revista Arvore*, v. 14, n. 1. p.26-34, Biblioteca(s): Embrapa Cerrados.
- Gomes, J.M., Couto, L., Leite, H.G., Xavier, A. & Garcia, S.L.R. (2003). Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. *Revista Arvore*, 27(2),
- Gonzales, M. (1993). *Estudios del efecto de diferentes regímenes de acondicionamiento en plantas de Rauli*. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Chile.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Cuarta Edición. Editorial Mc Gran Hill Interamericana.
- Hillel, D. (1980). *Applications of Soil Physics*. Academic Press, New York. 385 p.
- Huacuja I., & Víctor H. (2009). *Evaluación de sustratos para la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) bajo invernadero en Zamora*. Tesis Mich. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- IIAP (2002). *Propuesta de Zonificación ecológica económica de la región Madre de Dios* "Documento de trabajo, BID-CONAM-USAID/BIOFOR, Perú.
- INRENA-ITTO (1998) *Producción de plantas y evaluación de crecimiento de la castaña *Bertholletia excelsa* H. B. K. en la provincia de Tambopata (Madre de Dios, Perú)*. Reporte sin publicar del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y la International Tropical Timber ORGANIZATION (ITTO). Lima,

- Iverson, R. D. (1984). *Planting stock selection: Meeting biological needs and operational realities*. In Duryea ML, TD Landis eds. Forest Nursery Manual. Oregon State University, Corvallis, USA. 261-266 p.
- Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. & Barnett, J. P. (1989) *Containers growing media*. Volumen 2. The container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Leyva, R. F., Rossell, P. R., Ramirez, L. A. & ROMERO, R. I. (2008). *Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de plantas de Eucalyptus sp cultivada en vivero de la Unidad Silvicola Campechuela*. Universidad de Granma. Central del Batey. Campechuela. Granma. Cuba.
- Martínez, V. B. J. (2011) *Evaluación del desarrollo en contenedor de las especies cedro (Cedrella odorata) y Caoba (Swietenia macrophylla) en fase de vivero empleando cuatro sustratos diferentes*. Trabajo final de carrera. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Mexal, L. G. & Landis, T. D. (1990). *Tager seedling concepts: height and diameter*. Target seedling symposium. Gen. Tech. U.S.D.A. Forest. P17-35.
- Moreira, P. (1994). *Recomendações técnicas para produção de mudas de Castanheira-do-brasil (Bertholletia excelsa HBK)*. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/Acre, Documento, n.18.
- Moreno, D. R. (1970). *Clasificación tentativa del pH del suelo y de aguas agrícolas*. INIA. Mexico.
- Mori, S. A. & Prance, G.T. (1990). *Taxonomy, ecology and economic botany of the Brazil nut (Bertholletia excels Humb. & Bonpl. Lecythidaceae)*. Selective Advances in Economic Botany 8.
- Müller, C. H., Rodriguez, I. A., Müller, A. A., & Müller N. R. M. (1980). *Castanha do Brasil, Resultado de Pesquisa*. EMBRAPA/CPATU. Belem do Pará, Brasil. Miscelania No 02. 25 p.
- Müller, C.H. (1981). *Castanheira-do-brasil, estudos agronômicos*. Belém: EMBRAPA-CPATU, Documento, n.1.
- ONERN. (1972). *Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos Inambari y Madre de Dios*.

- Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros; *TERRA Latinoamericana*; Universidad Autónoma Chapingo; julio-septiembre, Vol. 17, N° 003.
- Peñuelas, J. & Ocaña, L. (1996). *Cultivo de plantas forestales en contenedores, principios y fundamentos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España: Centro de Publicaciones. 190 p.
- Pinchi, D. A. H. (2009). *Efecto de diferentes dosis de Bocashi-EM sobre el crecimiento en vivero de plantas de castaña (Bertholletia excelsa HBK), producida en Tubetes*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Pire, R. & Pereira, A (2003). *Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela*. Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado Barquisimeto-Cabudare, Venezuela. Producción Vegetal, N° 61; INIA.
- Prieto, R. J. A., Vera, C. G., & Merlin, B. E. (2003), *Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su producción en vivero*. Folleto técnico N° 12. Primera reimpresión. Campo experimental Valle del Guadania-INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. Mexico. 24p
- Rauh, W. (1979). País de los contrastes. *Boletín de Lima No. 1-2*. Lima. Perú.
- Raviv, M., Medina, S., Shamir, Y., & Ner, Z. (1993). Very low médium moisture tension. A feasible criterion for irrigation control of container-grown plants. *ISHS Acta horticultrae* 342.
- Rodríguez, T. D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Universidad Autónoma Chapingo. México: Mundi Prensa.
- Ruano, J.R. (2008). *Viveros forestales*. 2ª Ed. España: Mundi-Prensa,..
- Sánchez, C. T., Aldrete, V. A., Cetina, A. M. & López U. J. (2008). Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques* 14(2):41-49.
- Sáenz, R. J. T., Villaseñor R. F. J., Muñoz F. H. J., Rueda, S. A. & Prieto, R. J. A. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico N° 17SAGARPA-INIFAP-CIRPAC. Campo experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, Mexico.



- Schmidt-Vogt, H. (1980). *Characterization of plant material; proceeding of the IUFRO – Meeting*, Freiburg i.Br. Federal of Republic of Germany.
- Spomer, L. (1980). Prediction and control of porosity and water retention in sand-soil mixtures for drained turf sites. *Agron. J.* 72.
- Strauch, R. (2001). *Desarrollo de plantas de Roble-Raulí (tipo 1-1) durante el primer periodo vegetativo y costos asociados al proceso*. Tesis Ing. For. Fac. de Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Sturion, J. A. & Antunes, B. M. A. (2000). *Produção de mudas de espécies florestais*. In: GALVÃO, A.P. M. *Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais*. Colombo: EMBRAPA Florestas.
- Suri, P. W. (2008). *Identificación de áreas potenciales para la instalación de plantaciones de castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) en áreas deforestadas, Madre de Dios*; Tesis Ing. For. UNSAAC, Perú.
- Thompson, B. E. (1984). *Seedling morphological evaluation: Whath you can tell by looking*, In: *Proceedings – evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive ability of major tests*. Duryea, ML, (ED.), Workshop held October. Forest Reserch Laboratory, Oregon State University. Corvallis.
- VIFINEX. (2002). *Producción de sustratos para viveros*. Costa Rica.
- Weberbauer, A. (1945). *El mundo vegetal de 1945 de los andes peruanos*. Ministerio de Agricultura; Lima.
- Wilson C. L. & Loomis, W. (1968). *Botánica*. México: Unión grafica S.A.
- Yared, J.A.G., Kanashiro, M., Viana, L. M., Castro, T. C. A. & Pantoja, J. R. (1993). *Comportamento silvicultural de castanheira-do-brasil (Bertholletia excelsa H. B.), em diversos locais na Amazônia*, In: Congresso Florestal Brasileiro, 7. Curitiba: SBS-SBEF.

# ANEXOS

## **ANEXO I**

### **Registro de las variables dasométricas**

## Sustrato 1

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
1	12	4.60	19.50	11.70	31.20	8.50	2.80	11.30	3.08	0.65	3.73	1.67	1:42	4.74	1.16	0.52
2	17	4.70	28.40	12.80	41.20	10.00	4.40	14.40	3.60	1.13	4.73	2.22	1:60	3.19	0.97	0.76
3	19	5.90	28.60	10.50	39.10	11.70	3.10	14.80	3.70	0.81	4.51	2.72	1:48	4.57	1.21	0.64
4	14	4.40	23.80	12.00	35.80	5.80	3.20	9.00	2.40	0.84	3.24	1.98	1:54	2.86	1.00	0.66
5	12	3.70	16.20	11.60	27.80	4.10	1.70	5.80	1.73	0.43	2.16	1.40	1:44	4.02	1.02	0.39
6	12	4.10	21.80	11.70	33.50	6.40	2.40	8.80	2.61	0.56	3.17	1.86	1:53	4.66	0.98	0.47
7	15	4.30	23.20	13.50	36.70	7.00	2.70	9.70	2.46	0.69	3.15	1.72	1:54	3.57	1.00	0.54
8	16	4.30	25.00	11.30	36.30	7.20	3.20	10.40	2.40	0.85	3.25	2.21	1:58	2.82	0.96	0.62
9	14	4.80	22.50	11.60	34.10	6.50	5.10	11.60	2.57	1.35	3.92	1.94	1:47	1.90	1.13	0.91
10	16	4.10	22.00	12.10	34.10	5.30	1.80	7.10	1.89	0.43	2.32	1.82	1:54	4.40	0.98	0.38
11	4	1.70	7.80	6.10	13.90	0.60	0.80	1.40	0.19	0.04	0.23	1.28	1:46	4.75	0.61	0.04
12	17	4.90	26.10	12.30	38.40	7.30	3.50	10.80	2.47	0.92	3.39	2.12	1:53	2.68	1.06	0.69
13	11	3.10	16.70	11.60	28.30	2.80	0.80	3.60	0.81	0.19	1.00	1.44	1:54	4.26	0.84	0.18
14	15	4.70	25.90	13.60	39.50	6.20	3.50	9.70	2.27	0.85	3.12	1.90	1:55	2.67	1.02	0.66
15	18	4.50	25.60	12.40	38.00	6.90	3.80	10.70	2.44	0.96	3.40	2.06	1:57	2.54	0.99	0.69
16	3	1.60	7.40	0.30	7.70	0.40	0.70	1.10	0.15	0.04	0.19	24.67	1:46	3.75	0.58	0.04
17	16	4.80	25.50	11.10	36.60	7.70	2.10	9.80	2.48	0.49	2.97	2.30	1:53	5.06	1.05	0.42
18	15	5.10	23.40	11.70	35.10	7.30	3.60	10.90	2.72	0.86	3.58	2.00	1:46	3.16	1.18	0.68
19	15	3.50	24.30	11.40	35.70	6.80	1.90	8.70	2.28	0.45	2.73	2.13	1:69	5.07	0.79	0.36
20	18	4.50	27.00	12.60	39.60	7.60	2.60	10.20	2.57	0.61	3.18	2.14	1:60	4.21	0.96	0.49
21	12	3.00	21.60	11.90	33.50	3.60	1.30	4.90	1.18	0.31	1.49	1.82	1:72	3.81	0.72	0.27
22	15	4.90	20.50	11.00	31.50	9.40	2.90	12.30	3.32	0.72	4.04	1.86	1:42	4.61	1.21	0.57
23	19	4.80	28.30	12.00	40.30	9.40	3.80	13.20	3.10	0.92	4.02	2.36	1:59	3.37	0.99	0.66
24	13	4.60	26.50	12.40	38.90	8.00	2.40	10.40	2.94	0.61	3.55	2.14	1:58	4.82	0.99	0.50
25	7	3.60	12.00	10.20	22.20	2.80	1.30	4.10	1.01	0.35	1.36	1.18	1:33	2.89	1.13	0.34
26	19	5.00	33.00	11.30	44.30	12.10	2.10	14.20	4.29	0.54	4.83	2.92	1:66	7.94	0.94	0.45
27	15	3.80	21.30	12.70	34.00	4.60	2.30	6.90	1.66	0.59	2.25	1.68	1:56	2.81	0.92	0.49
28	14	4.10	27.10	12.00	39.10	8.50	1.80	10.30	3.00	0.46	3.46	2.26	1:66	6.52	0.87	0.38
29	7	3.20	10.60	12.10	22.70	2.70	1.90	4.60	0.99	0.48	1.47	0.88	1:33	2.06	1.05	0.42
30	10	3.50	21.60	9.60	31.20	4.10	2.00	6.10	1.56	0.52	2.08	2.25	1:62	3.00	0.84	0.44
31	3	1.90	7.00	2.10	9.10	0.40	0.20	0.60	0.18	0.04	0.22	3.33	1:37	4.50	0.70	0.05
32	15	4.10	28.40	11.40	39.80	8.10	1.60	9.70	2.86	0.38	3.24	2.49	1:69	7.53	0.85	0.33
33	14	5.60	22.50	11.70	34.20	7.80	4.60	12.40	3.01	1.18	4.19	1.92	1:40	2.55	1.32	0.88
34	6	2.80	12.60	10.50	23.10	1.20	0.50	1.70	0.37	0.11	0.48	1.20	1:45	3.36	0.86	0.12
35	10	3.40	21.00	12.60	33.60	3.60	0.70	4.30	1.14	0.18	1.32	1.67	1:62	6.33	0.83	0.17
36	11	4.50	19.80	12.90	32.70	6.40	2.90	9.30	2.65	0.71	3.36	1.53	1:44	3.73	1.13	0.58
37	4	1.80	7.00	2.30	9.30	0.72	0.30	1.02	0.27	0.06	0.33	3.04	1:39	4.50	0.67	0.07
38	19	5.10	25.30	12.60	37.90	8.10	2.40	10.50	2.84	0.61	3.45	2.01	1:50	4.66	1.13	0.51
39	13	3.90	22.50	13.50	36.00	7.10	1.60	8.70	2.17	0.41	2.58	1.67	1:58	5.29	0.92	0.34
40	12	3.80	18.40	11.30	29.70	5.10	2.10	7.20	1.82	0.52	2.34	1.63	1:48	3.50	0.99	0.43

## Sustrato 2

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
41	3	1.70	8.20	0.70	8.90	0.40	0.10	0.50	0.19	0.01	0.20	11.71	1:48	19.00	0.60	0.01
42	6	3.50	16.10	11.70	27.80	2.50	0.80	3.30	0.86	0.19	1.05	1.38	1:46	4.53	0.97	0.19
43	11	3.60	17.80	11.70	29.50	4.20	2.10	6.30	1.53	0.54	2.07	1.52	1:49	2.83	0.95	0.45
44	10	3.50	18.50	11.00	29.50	4.40	0.90	5.30	1.39	0.21	1.60	1.68	1:53	6.62	0.91	0.20
45	10	4.10	23.00	13.00	36.00	7.00	2.30	9.30	2.21	0.55	2.76	1.77	1:56	4.02	0.95	0.44
46	13	3.90	22.50	13.10	35.60	5.50	0.80	6.30	1.89	0.21	2.10	1.72	1:58	9.00	0.92	0.20
47	11	4.30	22.70	11.50	34.20	5.70	2.70	8.40	2.13	0.62	2.75	1.97	1:53	3.44	1.01	0.51
48	11	3.80	21.70	11.70	33.40	5.60	1.30	6.90	1.72	0.31	2.03	1.85	1:57	5.55	0.91	0.28
49	7	3.10	13.50	12.80	26.30	2.70	0.70	3.40	0.84	0.18	1.02	1.05	1:44	4.67	0.93	0.18
50	15	4.60	23.20	11.40	34.60	8.60	4.90	13.50	2.72	1.24	3.96	2.04	1:50	2.19	1.06	0.77
51	3	1.40	6.60	1.60	8.20	0.20	0.10	0.30	0.15	0.01	0.16	4.13	1:47	15.00	0.53	0.01
52	9	3.50	16.60	10.70	27.30	3.20	1.40	4.60	1.03	0.37	1.40	1.55	1:47	2.78	0.96	0.34
53	15	3.80	27.40	12.20	39.60	7.50	2.90	10.40	2.61	0.73	3.34	2.25	1:72	3.58	0.80	0.53
54	5	1.70	7.50	1.80	9.30	0.40	0.10	0.50	0.23	0.01	0.24	4.17	1:44	23.00	0.62	0.01
55	12	3.20	21.30	13.00	34.30	5.50	1.80	7.30	1.67	0.46	2.13	1.64	1:67	3.63	0.77	0.36
56	16	4.20	30.20	12.60	42.80	8.60	2.60	11.20	2.69	0.66	3.35	2.40	1:72	4.08	0.84	0.50
57	13	3.50	20.40	12.10	32.50	5.70	1.70	7.40	1.73	0.43	2.16	1.69	1:58	4.02	0.87	0.35
58	12	4.40	27.10	11.30	38.40	6.80	2.40	9.20	2.99	0.62	3.61	2.40	1:62	4.82	0.93	0.52
59	15	3.90	28.10	10.60	38.70	7.70	2.40	10.10	2.31	0.63	2.94	2.65	1:72	3.67	0.81	0.47
60	9	3.00	12.40	11.40	23.80	10.70	1.30	12.00	1.25	0.33	1.58	1.09	1:41	3.79	0.93	0.20
61	4	1.60	7.60	2.80	10.40	0.50	1.30	1.80	0.23	0.03	0.26	2.71	1:48	7.67	0.58	0.03
62	15	3.20	23.70	11.40	35.10	5.60	1.60	7.20	1.86	0.41	2.27	2.08	1:74	4.54	0.73	0.33
63	15	3.10	21.20	11.50	32.70	4.70	1.30	6.00	1.34	0.33	1.67	1.84	1:68	4.06	0.75	0.28
64	8	4.20	17.40	11.70	29.10	4.80	3.50	8.30	1.57	0.88	2.45	1.49	1:41	1.78	1.12	0.65
65	14	4.40	23.90	11.30	35.20	7.90	4.60	12.50	2.26	0.98	3.24	2.12	1:54	2.31	1.00	0.63
66	3	1.40	6.50	1.60	8.10	0.20	0.10	0.30	0.12	0.01	0.13	4.06	1:46	12.00	0.53	0.01
67	8	2.70	16.30	12.20	28.50	7.40	1.00	8.40	0.84	0.25	1.09	1.34	1:60	3.36	0.74	0.17
68	10	3.00	23.60	12.60	36.20	4.80	0.90	5.70	1.35	0.22	1.57	1.87	1:79	6.14	0.69	0.20
69	10	3.40	25.00	11.30	36.30	5.70	1.20	6.90	1.88	0.29	2.17	2.21	1:74	6.48	0.76	0.25
70	10	4.00	27.00	11.30	38.30	8.40	3.60	12.00	2.49	0.90	3.39	2.39	1:68	2.77	0.85	0.59
71	12	2.70	14.00	10.70	24.70	3.50	1.40	4.90	1.25	0.36	1.61	1.31	1:52	3.47	0.79	0.30
72	5	2.80	10.30	11.50	21.80	1.80	1.10	2.90	0.67	0.26	0.93	0.90	1:37	2.58	0.92	0.26
73	2	1.50	6.50	2.00	8.50	0.40	0.10	0.50	0.20	0.02	0.22	3.25	1:43	10.00	0.57	0.02
74	12	3.80	20.10	11.50	31.60	4.40	2.40	6.80	1.44	0.61	2.05	1.75	1:53	2.36	0.95	0.49
75	3	2.10	6.50	11.60	18.10	0.50	0.30	0.80	0.22	0.08	0.30	0.56	1:31	2.75	0.79	0.10
76	4	2.10	8.30	1.20	9.50	0.50	0.10	0.60	0.22	0.02	0.24	6.92	1:40	11.00	0.74	0.02
77	7	3.10	6.40	12.10	18.50	1.80	0.30	2.10	0.59	0.08	0.67	0.53	1:21	7.38	1.17	0.08
78	11	3.80	21.90	13.10	35.00	6.50	2.20	8.70	1.81	0.55	2.36	1.67	1:58	3.29	0.91	0.42
79	13	3.60	24.40	12.40	36.80	5.50	2.40	7.90	1.57	0.59	2.16	1.97	1:68	2.66	0.81	0.44
80	19	3.80	21.30	12.30	33.60	5.90	2.10	8.00	1.79	0.53	2.32	1.73	1:56	3.38	0.92	0.42

## Sustrato 3

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
81	14	4.10	22.80	17.60	40.40	7.80	2.40	10.20	2.43	0.55	2.98	1.30	1:56	4.42	0.96	0.43
82	8	2.40	8.40	11.90	20.30	1.80	0.50	2.30	0.63	0.11	0.74	0.71	1:35	5.73	0.85	0.11
83	11	3.50	20.90	12.50	33.40	4.30	1.00	5.30	1.37	0.21	1.58	1.67	1:60	6.52	0.86	0.20
84	9	3.10	19.40	11.60	31.00	2.90	1.10	4.00	1.03	0.26	1.29	1.67	1:63	3.96	0.79	0.25
85	10	3.30	23.40	11.40	34.80	5.60	1.30	6.90	1.72	0.33	2.05	2.05	1:71	5.21	0.76	0.28
86	12	2.40	11.60	12.20	23.80	1.70	0.50	2.20	0.59	0.10	0.69	0.95	1:48	5.90	0.76	0.10
87	16	4.10	27.40	10.10	37.50	8.20	3.60	11.80	2.92	0.84	3.76	2.71	1:67	3.48	0.86	0.59
88	7	2.20	10.70	11.90	22.60	1.70	0.50	2.20	0.63	0.10	0.73	0.90	1:49	6.30	0.72	0.10
89	8	2.00	11.30	12.50	23.80	1.60	0.50	2.10	0.70	0.10	0.80	0.90	1:57	7.00	0.64	0.10
90	6	2.50	8.50	12.20	20.70	1.90	0.70	2.60	0.63	0.16	0.79	0.70	1:34	3.94	0.88	0.16
91	10	2.60	11.30	11.80	23.10	7.60	1.00	8.60	0.73	0.24	0.97	0.96	1:43	3.04	0.83	0.15
92	6	2.70	12.00	11.50	23.50	2.10	0.60	2.70	0.71	0.14	0.85	1.04	1:44	5.07	0.84	0.14
93	10	3.30	20.20	12.90	33.10	5.50	1.50	7.00	1.83	0.35	2.18	1.57	1:61	5.23	0.82	0.30
94	9	3.40	13.80	16.00	29.80	3.20	1.10	4.30	0.98	0.27	1.25	0.86	1:41	3.63	1.01	0.26
95	8	2.50	10.50	16.50	27.00	1.50	0.78	2.28	0.50	0.18	0.68	0.64	1:42	2.78	0.82	0.18
96	15	4.30	18.20	16.50	34.70	5.50	1.80	7.30	1.66	0.46	2.12	1.10	1:42	3.61	1.13	0.40
97	9	2.60	10.20	17.00	27.20	1.90	1.20	3.10	0.71	0.31	1.02	0.60	1:39	2.29	0.86	0.29
98	7	2.60	10.70	16.50	27.20	2.30	1.00	3.30	0.71	0.25	0.96	0.65	1:41	2.84	0.85	0.23
99	11	3.70	19.10	15.00	34.10	5.80	2.80	8.60	2.11	0.71	2.82	1.27	1:52	2.97	0.95	0.53
100	5	2.10	6.20	16.50	22.70	0.90	0.45	1.35	0.36	0.10	0.46	0.38	1:30	3.60	0.80	0.11
101	13	3.50	22.60	17.00	39.60	5.80	2.10	7.90	1.83	0.49	2.32	1.33	1:65	3.73	0.82	0.39
102	10	3.20	16.50	17.20	33.70	2.80	0.58	3.38	0.88	0.14	1.02	0.96	1:52	6.29	0.88	0.14
103	4	2.30	5.00	16.20	21.20	0.50	0.25	0.75	0.25	0.06	0.31	0.31	1:22	4.17	0.92	0.07
104	7	2.20	9.40	16.70	26.10	1.80	0.36	2.16	0.62	0.08	0.70	0.56	1:43	7.75	0.75	0.08
105	3	2.20	9.00	6.20	15.20	0.50	0.13	0.63	0.25	0.03	0.28	1.45	1:41	8.33	0.76	0.03
106	9	3.10	9.80	16.90	26.70	2.30	0.67	2.97	0.76	0.16	0.92	0.58	1:32	4.75	1.04	0.16
107	7	2.30	9.30	15.10	24.40	1.60	0.45	2.05	0.52	0.10	0.62	0.62	1:40	5.20	0.78	0.10
108	7	2.10	9.50	16.50	26.00	1.70	0.72	2.42	0.65	0.18	0.83	0.58	1:45	3.61	0.71	0.17
109	9	3.90	15.20	17.20	32.40	3.90	1.15	5.05	1.03	0.30	1.33	0.88	1:39	3.43	1.11	0.28
110	6	2.30	9.30	15.60	24.90	1.60	0.63	2.23	0.65	0.15	0.80	0.60	1:40	4.33	0.78	0.15
111	8	2.70	8.40	17.00	25.40	1.50	0.65	2.15	0.58	0.16	0.74	0.49	1:31	3.63	0.95	0.17
112	9	4.10	19.70	21.50	41.20	5.00	2.60	7.60	1.76	0.64	2.40	0.92	1:48	2.75	1.03	0.52
113	7	2.80	12.10	12.40	24.50	2.30	1.00	3.30	0.91	0.24	1.15	0.98	1:43	3.79	0.87	0.23
114	8	2.50	13.50	13.40	26.90	2.00	1.00	3.00	0.71	0.23	0.94	1.01	1:54	3.09	0.75	0.22
115	3	1.60	6.50	1.90	8.40	0.40	1.30	1.70	0.17	0.03	0.20	3.42	1:41	5.67	0.60	0.03
116	9	2.80	14.30	12.20	26.50	3.70	1.10	4.80	1.01	0.30	1.31	1.17	1:51	3.37	0.82	0.26
117	7	2.30	10.10	6.00	16.10	1.50	0.30	1.80	0.54	0.07	0.61	1.68	1:44	7.71	0.76	0.07
118	14	3.70	15.80	11.70	27.50	4.30	2.90	7.20	1.52	0.68	2.20	1.35	1:43	2.24	1.03	0.53
119	6	2.60	9.80	11.40	21.20	1.40	1.20	2.60	0.52	0.25	0.77	0.86	1:38	2.08	0.87	0.25
120	7	2.40	8.70	9.70	18.40	1.80	0.40	2.20	0.60	0.10	0.70	0.90	1:36	6.00	0.84	0.10

## Sustrato 4

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
121	9	3.30	18.90	12.80	31.70	5.30	1.10	6.40	1.59	0.21	1.80	1.48	1:57	7.57	0.85	0.19
122	10	3.80	14.50	11.80	26.30	3.90	1.80	5.70	1.32	0.63	1.95	1.23	1:38	2.10	1.10	0.54
123	7	2.40	12.60	13.50	26.10	1.80	0.40	2.20	0.46	0.10	0.56	0.93	1:53	4.60	0.74	0.10
124	11	3.40	24.20	12.20	36.40	7.90	1.50	9.40	2.24	0.38	2.62	1.98	1:71	5.89	0.77	0.30
125	12	4.50	25.30	13.00	38.30	8.20	2.80	11.00	2.80	0.75	3.55	1.95	1:56	3.73	0.99	0.57
126	14	3.90	18.50	12.00	30.50	4.90	1.60	6.50	1.50	0.41	1.91	1.54	1:47	3.66	1.01	0.36
127	11	3.60	21.50	12.00	33.50	5.00	1.80	6.80	1.74	0.46	2.20	1.79	1:60	3.78	0.87	0.39
128	15	4.60	30.20	11.80	42.00	8.60	2.00	10.60	2.67	0.48	3.15	2.56	1:66	5.56	0.92	0.40
129	13	3.10	21.30	12.00	33.30	5.40	0.50	5.90	1.59	0.12	1.71	1.78	1:69	13.25	0.75	0.11
130	8	3.20	14.20	11.70	25.90	3.60	2.50	6.10	1.19	0.69	1.88	1.21	1:44	1.72	0.94	0.52
131	10	4.50	20.00	12.30	32.30	6.00	1.70	7.70	1.69	0.45	2.14	1.63	1:44	3.76	1.13	0.39
132	4	1.70	6.30	0.70	7.00	0.40	0.20	0.60	0.17	0.02	0.19	9.00	1:37	8.50	0.65	0.02
133	13	4.50	23.80	11.20	35.00	9.00	1.60	10.60	2.74	0.40	3.14	2.13	1:53	6.85	1.03	0.34
134	4	2.20	9.70	1.20	10.90	0.80	0.40	1.20	0.25	0.04	0.29	8.08	1:44	6.25	0.74	0.04
135	14	4.20	22.00	12.20	34.20	8.10	2.80	10.90	2.62	0.64	3.26	1.80	1:52	4.09	1.00	0.49
136	10	4.10	17.40	12.70	30.10	5.70	1.60	7.30	1.90	0.43	2.33	1.37	1:42	4.42	1.10	0.38
137	15	3.40	21.30	11.20	32.50	6.00	1.40	7.40	1.64	0.32	1.96	1.90	1:63	5.13	0.82	0.27
138	16	5.00	29.40	12.30	41.70	11.00	1.90	12.90	3.15	0.47	3.62	2.39	1:59	6.70	1.01	0.39
139	11	3.60	23.00	11.80	34.80	7.00	1.10	8.10	2.21	0.28	2.49	1.95	1:64	7.89	0.84	0.25
140	10	4.20	19.70	12.00	31.70	6.70	3.40	10.10	2.27	0.98	3.25	1.64	1:47	2.32	1.06	0.69
141	5	1.80	11.30	13.00	24.30	1.30	0.40	1.70	0.30	0.06	0.36	0.87	1:63	5.00	0.58	0.06
142	3	1.90	7.50	1.90	9.40	0.60	0.30	0.90	0.25	0.03	0.28	3.95	1:39	8.33	0.69	0.03
143	12	3.10	18.50	12.50	31.00	4.50	1.10	5.60	1.35	0.29	1.64	1.48	1:60	4.66	0.81	0.25
144	13	3.20	22.10	12.00	34.10	5.80	0.50	6.30	1.71	0.12	1.83	1.84	1:69	14.25	0.76	0.11
145	7	2.70	9.30	12.40	21.70	1.60	0.60	2.20	0.49	0.17	0.66	0.75	1:34	2.88	0.92	0.18
146	8	3.50	15.20	12.20	27.40	3.50	0.70	4.20	1.01	0.17	1.18	1.25	1:43	5.94	0.99	0.17
147	16	3.10	22.70	12.30	35.00	5.10	1.60	6.70	1.50	0.30	1.80	1.85	1:73	5.00	0.73	0.25
148	14	4.30	23.10	13.20	36.30	7.10	0.90	8.00	2.15	0.22	2.37	1.75	1:54	9.77	1.00	0.20
149	12	3.80	20.30	12.30	32.60	6.50	2.80	9.30	2.24	0.65	2.89	1.65	1:53	3.45	0.94	0.49
150	12	3.50	19.50	11.00	30.50	5.80	1.60	7.40	1.78	0.33	2.11	1.77	1:56	5.39	0.89	0.28
151	18	4.10	18.70	11.50	30.20	5.30	2.10	7.40	1.83	0.58	2.41	1.63	1:46	3.16	1.06	0.49
152	16	4.20	29.20	12.20	41.40	8.70	2.30	11.00	2.61	0.64	3.25	2.39	1:70	4.08	0.85	0.49
153	4	1.40	4.60	1.90	6.50	0.30	0.10	0.40	0.15	0.01	0.16	2.42	1:33	15.00	0.57	0.01
154	10	3.30	19.50	11.70	31.20	5.30	1.00	6.30	1.44	0.22	1.66	1.67	1:59	6.55	0.84	0.20
155	14	3.80	19.50	12.00	31.50	5.90	2.50	8.40	2.03	0.71	2.74	1.63	1:51	2.86	0.96	0.54
156	7	2.80	12.50	11.90	24.40	2.60	0.50	3.10	0.71	0.12	0.83	1.05	1:45	5.92	0.86	0.12
157	13	3.00	16.10	5.80	21.90	3.30	0.60	3.90	1.02	0.13	1.15	2.78	1:54	7.85	0.83	0.13
158	14	3.40	22.20	12.30	34.50	6.30	1.00	7.30	2.02	0.20	2.22	1.80	1:65	10.10	0.81	0.18
159	11	3.30	21.10	11.50	32.60	4.20	0.80	5.00	1.45	0.16	1.61	1.83	1:64	9.06	0.80	0.15
160	7	2.20	9.20	11.80	21.00	1.80	0.60	2.40	0.56	0.13	0.69	0.78	1:42	4.31	0.75	0.13

## Sustrato 5

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
161	9	2.70	11.90	12.40	24.30	2.20	0.60	2.80	0.77	0.12	0.89	0.96	1:44	6.42	0.85	0.12
162	9	3.20	13.00	10.30	23.30	2.80	1.10	3.90	1.01	0.28	1.29	1.26	1:41	3.61	0.97	0.27
163	14	3.50	21.10	11.60	32.70	7.20	1.20	8.40	2.48	0.33	2.81	1.82	1:60	7.52	0.85	0.28
164	9	3.50	20.00	12.70	32.70	6.30	1.90	8.20	2.10	0.46	2.56	1.57	1:57	4.57	0.88	0.37
165	9	3.30	20.60	12.20	32.80	4.00	1.50	5.50	1.52	0.42	1.94	1.69	1:62	3.62	0.81	0.37
166	4	1.20	4.70	1.10	5.80	0.20	0.10	0.30	0.13	0.01	0.14	4.27	1:39	13.00	0.49	0.01
167	11	3.50	15.50	16.20	31.70	3.50	0.70	4.20	1.13	0.16	1.29	0.96	1:44	7.06	0.99	0.16
168	12	4.50	24.90	12.40	37.30	9.40	3.20	12.60	2.36	0.76	3.12	2.01	1:55	3.11	1.00	0.53
169	8	2.70	18.00	11.80	29.80	3.00	1.20	4.20	1.04	0.30	1.34	1.53	1:67	3.47	0.71	0.27
170	16	3.80	22.50	12.30	34.80	7.50	1.40	8.90	2.20	0.33	2.53	1.83	1:59	6.67	0.89	0.28
171	6	2.50	17.00	11.90	28.90	2.30	0.20	2.50	0.76	0.07	0.83	1.43	1:68	10.86	0.68	0.07
172	4	2.10	6.80	1.10	7.90	0.50	0.10	0.60	0.23	0.02	0.25	6.18	1:32	11.50	0.78	0.02
173	8	2.30	11.40	11.80	23.20	2.30	0.60	2.90	0.72	0.13	0.85	0.97	1:50	5.54	0.73	0.13
174	6	1.80	6.90	2.70	9.60	0.50	0.20	0.70	0.19	0.02	0.21	2.56	1:38	9.50	0.67	0.02
175	10	3.10	16.50	13.10	29.60	2.20	0.70	2.90	0.71	0.20	0.91	1.26	1:53	3.55	0.85	0.20
176	8	2.60	15.50	7.30	22.80	2.90	0.60	3.50	0.89	0.14	1.03	2.12	1:60	6.36	0.73	0.13
177	2	1.60	6.70	3.60	10.30	0.40	0.20	0.60	0.18	0.03	0.21	1.86	1:42	6.00	0.60	0.03
178	3	1.70	4.40	1.00	5.40	0.40	0.10	0.50	0.16	0.02	0.18	4.40	1:26	8.00	0.70	0.02
179	3	1.50	8.40	1.40	9.80	0.20	0.10	0.30	0.12	0.01	0.13	6.00	1:56	12.00	0.53	0.01
180	12	4.30	27.10	11.10	38.20	8.00	2.80	10.80	2.45	0.60	3.05	2.44	1:63	4.08	0.91	0.46
181	9	2.30	8.50	4.10	12.60	1.70	0.20	1.90	0.56	0.09	0.65	2.07	1:37	6.22	0.81	0.09
182	13	3.60	23.10	12.20	35.30	5.70	2.10	7.80	1.82	0.37	2.19	1.89	1:64	4.92	0.84	0.31
183	8	2.90	13.00	11.70	24.70	3.10	1.00	4.10	0.98	0.24	1.22	1.11	1:45	4.08	0.88	0.22
184	3	1.90	7.70	3.50	11.20	0.50	0.10	0.60	0.22	0.05	0.27	2.20	1:41	4.40	0.69	0.06
185	8	2.40	10.20	11.00	21.20	1.80	0.50	2.30	0.54	0.11	0.65	0.93	1:43	4.91	0.79	0.11
186	13	3.80	21.70	12.20	33.90	6.20	2.30	8.50	1.94	0.53	2.47	1.78	1:57	3.66	0.91	0.42
187	12	3.00	17.00	12.30	29.30	4.30	1.20	5.50	1.30	0.25	1.55	1.38	1:57	5.20	0.81	0.22
188	12	3.50	16.20	11.60	27.80	3.40	0.80	4.20	1.11	0.16	1.27	1.40	1:46	6.94	0.97	0.16
189	7	2.80	14.20	11.60	25.80	2.50	0.40	2.90	0.87	0.11	0.98	1.22	1:51	7.91	0.82	0.11
190	14	4.50	25.90	11.70	37.60	9.80	2.20	12.00	3.13	0.54	3.67	2.21	1:58	5.80	0.98	0.43
191	11	3.20	22.60	12.10	34.70	5.40	0.90	6.30	2.19	0.22	2.41	1.87	1:71	9.95	0.75	0.20
192	8	2.00	10.20	2.20	12.40	1.60	0.10	1.70	0.43	0.03	0.46	4.64	1:51	14.33	0.66	0.03
193	7	2.50	11.60	11.00	22.60	2.40	0.60	3.00	0.85	0.14	0.99	1.05	1:46	6.07	0.79	0.14
194	9	2.50	10.50	12.30	22.80	1.50	0.40	1.90	0.48	0.09	0.57	0.85	1:42	5.33	0.82	0.09
195	12	3.40	20.00	13.00	33.00	5.90	1.60	7.50	1.82	0.34	2.16	1.54	1:59	5.35	0.85	0.29
196	10	4.10	22.20	10.00	32.20	6.80	1.90	8.70	2.77	0.47	3.24	2.22	1:54	5.89	0.97	0.40
197	7	2.20	11.20	11.60	22.80	1.90	0.30	2.20	0.47	0.07	0.54	0.97	1:51	6.71	0.71	0.07
198	3	1.60	5.40	1.00	6.40	0.30	0.10	0.40	0.17	0.03	0.20	5.40	1:34	5.67	0.63	0.03
199	11	3.60	19.50	12.30	31.80	5.20	1.10	6.30	1.69	0.24	1.93	1.59	1:54	7.04	0.91	0.22
200	18	4.00	22.30	15.00	37.30	6.20	1.40	7.60	2.08	0.45	2.53	1.49	1:56	4.62	0.95	0.39



## Sustrato 6

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
201	8	3.10	16.00	10.20	26.20	3.00	0.70	3.70	0.16	0.12	0.28	1.57	1:52	1.33	0.86	0.11
202	3	1.70	5.80	11.40	17.20	7.00	1.50	8.50	2.36	0.31	2.67	0.51	1:34	7.61	0.66	0.21
203	12	3.70	21.60	12.20	33.80	6.80	1.90	8.70	2.34	0.44	2.78	1.77	1:58	5.32	0.89	0.36
204	13	4.00	24.70	12.30	37.00	6.60	2.10	8.70	2.36	0.49	2.85	2.01	1:62	4.82	0.89	0.41
205	5	1.70	4.80	1.20	6.00	0.50	0.10	0.60	0.20	0.02	0.22	4.00	1:28	10.00	0.69	0.02
206	17	3.70	21.90	13.00	34.90	4.60	1.00	5.60	1.67	0.26	1.93	1.68	1:59	6.42	0.88	0.24
207	4	1.30	3.80	2.30	6.10	0.20	0.10	0.30	0.17	0.01	0.18	1.65	1:29	17.00	0.55	0.01
208	5	1.80	7.90	1.10	9.00	0.50	0.10	0.60	0.25	0.03	0.28	7.18	1:44	8.33	0.65	0.03
209	9	3.10	12.30	1.10	13.40	2.60	1.60	4.20	0.90	0.40	1.30	11.18	1:40	2.25	0.96	0.36
210	4	1.60	5.40	1.00	6.40	0.30	0.10	0.40	0.16	0.02	0.18	5.40	1:34	8.00	0.63	0.02
211	4	1.70	5.60	1.00	6.60	0.40	0.10	0.50	0.18	0.01	0.19	5.60	1:33	18.00	0.66	0.01
212	6	3.30	11.40	11.40	22.80	1.90	0.80	2.70	0.70	0.16	0.86	1.00	1:35	4.38	1.05	0.17
213	14	3.30	16.50	12.50	29.00	5.30	1.20	6.50	1.49	0.28	1.77	1.32	1:50	5.32	0.90	0.24
214	7	2.30	8.10	3.80	11.90	0.60	0.10	0.70	0.25	0.06	0.31	2.13	1:35	4.17	0.82	0.07
215	5	2.10	10.00	7.60	17.60	1.20	0.10	1.30	0.33	0.04	0.37	1.32	1:48	8.25	0.70	0.04
216	13	3.20	19.00	12.70	31.70	4.80	1.80	6.60	1.46	0.32	1.78	1.50	1:59	4.56	0.82	0.27
217	3	1.60	7.20	1.00	8.20	0.40	0.05	0.45	0.15	0.01	0.16	7.20	1:45	15.00	0.59	0.01
218	8	2.80	11.40	12.10	23.50	2.60	0.60	3.20	0.85	0.16	1.01	0.94	1:41	5.31	0.89	0.16
219	6	1.69	9.70	7.20	16.90	1.10	0.30	1.40	0.39	0.08	0.47	1.35	1:57	4.88	0.57	0.08
220	8	2.70	14.60	12.50	27.10	2.10	0.40	2.50	0.73	0.18	0.91	1.17	1:54	4.06	0.78	0.18
221	9	2.69	13.50	11.90	25.40	2.20	0.60	2.80	0.69	0.11	0.80	1.13	1:50	6.27	0.80	0.11
222	17	3.80	22.10	12.20	34.30	6.70	1.40	8.10	2.08	0.28	2.36	1.81	1:58	7.43	0.90	0.25
223	16	3.40	20.40	12.30	32.70	4.60	1.30	5.90	1.42	0.26	1.68	1.66	1:60	5.46	0.84	0.23
224	8	2.70	10.60	11.30	21.90	1.90	0.30	2.20	0.61	0.08	0.69	0.94	1:39	7.63	0.88	0.08
225	12	2.70	15.70	13.70	29.40	4.00	1.40	5.40	1.42	0.26	1.68	1.15	1:58	5.46	0.76	0.23
226	3	1.20	3.60	0.90	4.50	0.20	0.05	0.25	0.11	0.01	0.12	4.00	1:30	11.00	0.51	0.01
227	9	3.10	12.40	12.60	25.00	2.70	0.60	3.30	0.80	0.14	0.94	0.98	1:40	5.71	0.96	0.14
228	11	3.80	19.30	10.50	29.80	5.30	1.30	6.60	1.74	0.25	1.99	1.84	1:51	6.96	0.97	0.23
229	12	3.10	18.00	11.70	29.70	4.50	0.60	5.10	1.49	0.15	1.64	1.54	1:58	9.93	0.82	0.14
230	9	2.30	10.50	9.90	20.40	2.30	0.20	2.50	0.71	0.05	0.76	1.06	1:46	14.20	0.75	0.05
231	12	3.10	20.60	11.80	32.40	4.40	1.10	5.50	1.49	0.21	1.70	1.75	1:66	7.10	0.76	0.19
232	7	2.50	11.00	11.30	22.30	1.60	0.30	1.90	0.63	0.08	0.71	0.97	1:44	7.88	0.81	0.08
233	13	4.10	25.70	12.10	37.80	7.20	1.60	8.80	2.59	0.41	3.00	2.12	1:63	6.32	0.90	0.35
234	7	2.50	7.50	6.20	13.70	1.60	0.40	2.00	0.56	0.01	0.57	1.21	1:30	56.00	0.91	0.01
235	6	2.10	8.40	4.60	13.00	0.70	0.10	0.80	0.18	0.02	0.20	1.83	1:40	9.00	0.74	0.02
236	4	1.40	5.80	1.00	6.80	0.30	0.05	0.35	0.13	0.01	0.14	5.80	1:41	13.00	0.54	0.01
237	8	2.30	13.30	8.20	21.50	2.50	0.80	3.30	0.88	0.19	1.07	1.62	1:58	4.63	0.69	0.18
238	13	3.70	25.10	12.50	37.60	7.70	2.30	10.00	2.39	0.48	2.87	2.01	1:68	4.98	0.82	0.37
239	6	2.10	8.40	11.10	19.50	1.20	0.40	1.60	0.47	0.06	0.53	0.76	1:40	7.83	0.74	0.06
240	3	2.40	7.40	1.40	8.80	0.60	0.05	0.65	0.20	0.01	0.21	5.29	1:31	20.00	0.88	0.01

## Sustrato 7

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
241	5	1.50	5.70	1.30	7.00	0.50	0.10	0.60	0.22	0.01	0.23	4.38	1:38	22.00	0.58	0.01
242	7	3.00	11.00	11.00	22.00	2.10	0.50	2.60	0.80	0.13	0.93	1.00	1:37	6.15	0.97	0.13
243	3	1.30	6.20	1.30	0.00	0.30	0.50	0.80	0.14	0.01	0.15	4.77	1:48	14.00	0.50	0.01
244	6	2.20	9.50	12.90	22.40	1.60	0.40	2.00	0.75	0.11	0.86	0.74	1:43	6.82	0.75	0.11
245	15	3.40	23.20	12.20	35.40	5.00	1.00	6.00	1.69	0.21	1.90	1.90	1:68	8.05	0.79	0.19
246	11	2.80	14.30	6.70	21.00	2.50	0.30	2.80	0.88	0.08	0.96	2.13	1:51	11.00	0.82	0.08
247	8	2.30	9.30	11.20	20.50	1.90	0.30	2.20	0.62	0.06	0.68	0.83	1:40	10.33	0.78	0.06
248	3	1.70	5.50	1.10	6.60	0.30	0.05	0.35	0.14	0.01	0.15	5.00	1:32	14.00	0.67	0.01
249	8	2.60	10.20	12.20	22.40	2.00	0.40	2.40	0.76	0.10	0.86	0.84	1:39	7.60	0.86	0.10
250	10	3.20	13.90	6.20	20.10	2.60	0.40	3.00	1.02	0.11	1.13	2.24	1:43	9.27	0.94	0.11
251	4	1.20	5.50	0.80	6.30	0.30	0.05	0.35	0.16	0.01	0.17	6.88	1:46	16.00	0.47	0.01
252	8	2.10	9.40	6.80	16.20	1.50	0.20	1.70	0.50	0.07	0.57	1.38	1:45	7.14	0.71	0.07
253	8	2.40	1.16	11.30	12.46	1.80	0.40	2.20	0.68	0.10	0.78	0.10	1:52	6.80	1.13	0.10
254	7	2.60	9.50	6.00	15.50	1.80	0.30	2.10	0.68	0.08	0.76	1.58	1:37	8.50	0.88	0.08
255	9	3.10	17.00	11.70	28.70	3.30	1.00	4.30	1.21	0.25	1.46	1.45	1:55	4.84	0.84	0.23
256	9	2.60	10.30	6.50	16.80	2.00	0.30	2.30	0.83	0.10	0.93	1.58	1:40	8.30	0.86	0.10
257	8	2.60	10.20	4.50	14.70	2.70	0.40	3.10	0.99	0.14	1.13	2.27	1:39	7.07	0.86	0.14
258	4	1.80	7.30	1.70	9.00	0.50	0.10	0.60	0.24	0.02	0.26	4.29	1:41	12.00	0.66	0.02
259	6	2.30	8.50	3.20	11.70	1.10	0.20	1.30	0.44	0.06	0.50	2.66	1:37	7.33	0.81	0.06
260	7	1.80	6.90	4.50	11.40	1.00	0.10	1.10	0.34	0.02	0.36	1.53	1:38	17.00	0.67	0.02
261	15	3.40	23.70	11.80	35.50	5.00	1.10	6.10	1.74	0.24	1.98	2.01	1:70	7.25	0.78	0.22
262	3	2.30	7.60	1.40	9.00	0.50	0.10	0.60	0.26	0.03	0.29	5.43	1:33	8.67	0.83	0.03
263	9	2.50	12.20	7.60	19.80	2.60	0.40	3.00	0.79	0.14	0.93	1.61	1:49	5.64	0.78	0.14
264	3	1.60	6.60	1.40	8.00	0.40	0.05	0.45	0.16	0.02	0.18	4.71	1:41	8.00	0.60	0.02
265	15	3.10	19.20	13.70	32.90	4.50	1.60	6.10	1.77	0.44	2.21	1.40	1:62	4.02	0.79	0.37
266	3	2.00	7.50	1.80	9.30	0.30	1.20	1.50	0.18	0.06	0.24	4.17	1:38	3.00	0.73	0.06
267	7	2.80	12.40	5.50	17.90	2.60	0.40	3.00	1.02	0.14	1.16	2.25	1:44	7.29	0.86	0.14
268	9	3.50	13.70	8.70	22.40	3.50	0.70	4.20	1.33	0.18	1.51	1.57	1:39	7.39	1.04	0.18
269	11	2.70	13.50	5.30	18.80	2.10	0.20	2.30	0.86	0.11	0.97	2.55	1:50	7.82	0.81	0.11
270	11	3.40	15.00	13.00	28.00	0.40	2.00	2.40	1.42	0.43	1.85	1.15	1:44	3.30	0.97	0.46
271	6	2.30	8.60	3.70	12.30	1.60	0.10	1.70	0.65	0.05	0.70	2.32	1:37	13.00	0.80	0.05
272	3	1.70	6.60	1.40	8.00	0.30	0.05	0.35	0.13	0.02	0.15	4.71	1:39	6.50	0.64	0.02
273	3	2.00	6.70	1.00	7.70	0.30	0.05	0.35	0.16	0.01	0.17	6.70	1:34	16.00	0.75	0.01
274	7	2.20	11.30	15.30	26.60	1.70	0.30	2.00	0.67	0.08	0.75	0.74	1:51	8.38	0.70	0.08
275	7	4.30	18.90	12.40	31.30	4.40	1.50	5.90	1.93	0.38	2.31	1.52	1:44	5.08	1.11	0.36
276	4	2.10	10.00	3.40	13.40	0.90	0.05	0.95	0.36	0.02	0.38	2.94	1:48	18.00	0.70	0.02
277	4	1.60	8.30	0.50	8.80	0.40	0.05	0.45	0.19	0.01	0.20	16.60	1:52	19.00	0.57	0.01
278	7	2.90	13.50	5.80	19.30	2.80	0.40	3.20	0.98	0.14	1.12	2.33	1:47	7.00	0.87	0.14
279	3	1.10	8.50	1.00	9.50	0.40	0.05	0.45	0.16	0.01	0.17	8.50	1:77	16.00	0.39	0.01
280	2	1.80	6.30	1.30	7.60	0.20	0.05	0.25	0.11	0.01	0.12	4.85	1:35	11.00	0.68	0.01

## Sustrato 8

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
281	10	3.50	16.50	11.60	28.10	3.80	1.70	5.50	1.43	0.46	1.89	1.42	1:47	3.11	0.96	0.40
282	13	4.10	17.40	8.90	26.30	4.30	1.50	5.80	1.59	0.33	1.92	1.96	1:42	4.82	1.10	0.31
283	13	3.70	21.00	8.20	29.20	5.30	0.90	6.20	1.96	0.26	2.22	2.56	1:57	7.54	0.90	0.24
284	10	2.90	19.00	13.20	32.20	2.90	0.50	3.40	0.95	0.14	1.09	1.44	1:66	6.79	0.74	0.14
285	5	1.50	9.40	3.50	12.90	0.50	0.05	0.55	0.26	0.01	0.27	2.69	1:63	26.00	0.51	0.01
286	9	3.10	13.60	2.60	16.20	2.40	0.15	2.55	1.16	0.02	1.18	5.23	1:44	58.00	0.92	0.02
287	11	3.30	19.30	7.40	26.70	4.40	0.90	5.30	1.62	0.28	1.90	2.61	1:58	5.79	0.84	0.26
288	3	2.00	8.60	5.90	14.50	1.60	0.20	1.80	0.62	0.04	0.66	1.46	1:43	15.50	0.70	0.04
289	6	2.40	10.00	3.80	13.80	0.40	0.10	0.50	0.15	0.02	0.17	2.63	1:42	7.50	0.80	0.02
290	7	2.40	7.70	10.10	17.80	1.80	0.20	2.00	0.59	0.06	0.65	0.76	1:32	9.83	0.87	0.06
291	10	3.20	22.30	7.70	30.00	4.10	0.50	4.60	1.59	0.15	1.74	2.90	1:70	10.60	0.76	0.14
292	7	2.70	12.00	10.10	22.10	1.70	0.40	2.10	0.67	0.10	0.77	1.19	1:44	6.70	0.84	0.10
293	11	3.20	18.30	11.30	29.60	3.00	1.00	4.00	1.17	0.35	1.52	1.62	1:57	3.34	0.84	0.33
294	3	1.70	7.20	2.00	9.20	0.40	0.05	0.45	0.21	0.03	0.24	3.60	1:42	7.00	0.63	0.03
295	3	1.50	9.00	3.00	12.00	0.40	0.05	0.45	0.18	0.02	0.20	3.00	1:60	9.00	0.52	0.02
296	8	3.20	16.40	7.00	23.40	3.40	0.30	3.70	1.01	0.10	1.11	2.34	1:51	10.10	0.88	0.10
297	11	3.20	16.50	5.10	21.60	2.50	1.00	3.50	0.91	0.03	0.94	3.24	1:52	30.33	0.88	0.03
298	18	5.40	29.30	13.20	42.50	10.80	3.10	13.90	3.91	0.88	4.79	2.22	1:54	4.44	1.10	0.68
299	8	1.50	7.80	5.50	13.30	1.20	0.10	1.30	0.35	0.06	0.41	1.42	1:52	5.83	0.54	0.06
300	2	1.50	7.10	1.00	8.10	0.20	0.05	0.25	0.10	0.01	0.11	7.10	1:47	10.00	0.55	0.01
301	12	3.60	2.70	9.00	11.70	3.30	0.40	3.70	1.18	0.14	1.32	0.30	1:48	8.43	1.59	0.14
302	3	2.40	9.10	2.70	11.80	0.90	0.10	1.00	0.33	0.02	0.35	3.37	1:38	16.50	0.82	0.02
303	4	1.60	8.60	2.00	10.60	0.30	0.05	0.35	0.17	0.02	0.19	4.30	1:54	8.50	0.56	0.02
304	6	2.20	12.90	7.20	20.10	1.30	0.10	1.40	0.45	0.04	0.49	1.79	1:59	11.25	0.67	0.04
305	10	2.50	15.80	8.20	24.00	2.80	0.70	3.50	0.93	0.22	1.15	1.93	1:63	4.23	0.70	0.20
306	11	4.30	17.50	13.60	31.10	4.80	1.30	6.10	1.86	0.43	2.29	1.29	1:41	4.33	1.15	0.40
307	8	2.70	13.00	8.50	21.50	2.70	0.40	3.10	0.87	0.15	1.02	1.53	1:48	5.80	0.82	0.15
308	3	2.20	10.10	2.10	12.20	0.40	0.05	0.45	0.18	0.03	0.21	4.81	1:46	6.00	0.73	0.03
309	10	2.70	15.00	6.80	21.80	2.20	0.10	2.30	0.82	0.06	0.88	2.21	1:56	13.67	0.77	0.06
310	10	3.70	22.40	6.70	29.10	5.40	0.60	6.00	1.67	0.17	1.84	3.34	1:61	9.82	0.87	0.16
311	7	2.40	10.30	5.40	15.70	1.70	0.20	1.90	0.64	0.08	0.72	1.91	1:43	8.00	0.79	0.08
312	6	3.20	14.30	8.80	23.10	2.80	0.30	3.10	0.94	0.24	1.18	1.63	1:45	3.92	0.93	0.24
313	6	2.60	12.20	6.00	18.20	1.60	0.30	1.90	0.70	0.15	0.85	2.03	1:47	4.67	0.81	0.16
314	6	2.80	13.00	5.60	18.60	1.60	0.10	1.70	0.59	0.03	0.62	2.32	1:46	19.67	0.85	0.03
315	3	2.00	9.50	4.20	13.70	0.50	0.10	0.60	0.25	0.03	0.28	2.26	1:48	8.33	0.68	0.03
316	2	1.60	8.50	1.50	10.00	0.20	0.05	0.25	0.11	0.02	0.13	5.67	1:53	5.50	0.56	0.02
317	7	3.00	10.50	12.80	23.30	3.00	0.50	3.50	1.23	0.22	1.45	0.82	1:35	5.59	0.98	0.21
318	3	1.60	7.50	1.00	8.50	0.20	0.05	0.25	0.16	0.02	0.18	7.50	1:47	8.00	0.58	0.02
319	10	3.60	21.50	13.00	34.50	3.30	1.00	4.30	1.25	0.31	1.56	1.65	1:60	4.03	0.87	0.30
320	9	3.40	11.40	8.80	20.20	5.40	2.10	7.50	1.79	0.58	2.37	1.30	1:34	3.09	1.08	0.45

## Sustrato 9

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	L7/LR	DAC/H	PST/PSR		
321	5	3.30	14.30	12.60	26.90	3.40	1.20	4.60	1.11	0.32	1.43	1.13	1:43	3.47	0.96	0.29
322	11	3.70	15.80	9.00	24.80	4.40	1.90	6.30	1.55	0.44	1.99	1.76	1:43	3.52	1.03	0.38
323	6	3.10	11.50	11.30	22.80	3.00	0.90	3.90	1.13	0.27	1.40	1.02	1:37	4.19	0.98	0.26
324	13	4.30	20.40	12.30	32.70	4.50	1.70	6.20	1.65	0.51	2.16	1.66	1:47	3.24	1.06	0.46
325	8	3.10	11.00	11.90	22.90	2.80	0.90	3.70	1.14	0.29	1.43	0.92	1:35	3.93	1.00	0.28
326	10	3.60	20.40	12.30	32.70	4.70	2.30	7.00	2.04	0.64	2.68	1.66	1:57	3.19	0.89	0.52
327	8	3.20	13.30	11.60	24.90	3.10	0.90	4.00	1.30	0.27	1.57	1.15	1:42	4.81	0.96	0.26
328	14	3.60	24.20	11.30	35.50	6.00	1.30	7.30	1.75	0.35	2.10	2.14	1:67	5.00	0.81	0.30
329	12	3.50	16.30	12.00	28.30	3.80	0.90	4.70	1.66	0.36	2.02	1.36	1:47	4.61	0.96	0.34
330	13	3.40	34.70	11.40	46.10	5.30	2.00	7.30	1.88	0.53	2.41	3.04	1:27	3.55	0.62	0.59
331	8	3.40	14.60	10.20	24.80	2.90	1.30	4.20	1.17	0.25	1.42	1.43	1:18	4.68	0.98	0.27
332	7	2.50	12.50	8.20	20.70	2.10	0.20	2.30	0.93	0.18	1.11	1.52	1:18	5.17	0.77	0.20
333	7	3.30	18.30	10.30	28.60	2.40	0.20	2.60	0.94	0.11	1.05	1.78	1:26	8.55	0.86	0.12
334	10	3.80	17.60	12.90	30.50	3.80	1.90	5.70	1.24	0.46	1.70	1.36	1:18	2.70	1.01	0.52
335	6	2.20	10.90	12.70	23.60	1.50	0.30	1.80	0.53	0.11	0.64	0.86	1:18	4.82	0.71	0.13
336	13	3.40	22.00	11.50	33.50	4.70	1.10	5.80	1.68	0.27	1.95	1.91	1:17	6.22	0.81	0.29
337	13	4.00	22.60	11.00	33.60	6.70	2.50	9.20	2.18	0.53	2.71	2.05	1:17	4.11	0.94	0.56
338	12	4.00	17.00	10.30	27.30	4.50	3.00	7.50	1.37	0.71	2.08	1.65	1:14	1.93	1.08	0.81
339	11	3.30	24.10	10.00	34.10	4.20	1.00	5.20	1.43	0.21	1.64	2.41	1:22	6.81	0.75	0.23
340	12	3.30	21.00	11.00	32.00	5.90	2.80	8.70	2.18	0.71	2.89	1.91	1:18	3.07	0.80	0.76
341	11	3.00	15.80	12.50	28.30	2.90	0.40	3.30	1.08	0.19	1.27	1.26	1:14	5.68	0.84	0.21
342	11	3.50	20.00	10.00	30.00	4.70	1.90	6.60	1.78	0.52	2.30	2.00	1:18	3.42	0.88	0.57
343	15	4.00	20.90	13.70	34.60	4.70	2.30	7.00	1.73	0.64	2.37	1.53	1:14	2.70	0.98	0.75
344	10	2.50	19.70	10.00	29.70	2.90	0.40	3.30	1.17	0.17	1.34	1.97	1:20	6.88	0.63	0.19
345	8	2.60	13.40	11.00	24.40	2.10	0.60	2.70	0.77	0.16	0.93	1.22	1:17	4.81	0.78	0.18
346	11	3.70	16.00	11.50	27.50	3.74	1.00	4.74	1.49	0.32	1.81	1.39	1:15	4.66	1.03	0.36
347	10	3.90	16.00	9.20	25.20	2.70	1.60	4.30	1.62	0.47	2.09	1.74	1:16	3.45	1.08	0.54
348	12	2.70	14.50	9.90	24.40	4.60	0.60	5.20	1.03	0.21	1.24	1.46	1:12	4.90	0.78	0.23
349	10	3.50	21.50	10.40	31.90	1.50	1.60	3.10	1.90	0.49	2.39	2.07	1:22	3.88	0.84	0.57
350	6	1.80	8.00	11.20	19.20	2.70	0.30	3.00	0.54	0.13	0.67	0.71	1:13	4.15	0.64	0.14
351	9	3.30	13.10	10.60	23.70	2.70	1.30	4.00	0.94	0.29	1.23	1.24	1:15	3.24	1.00	0.33
352	11	3.30	10.00	9.00	19.00	3.00	1.20	4.20	0.97	0.28	1.25	1.11	1:19	3.46	1.10	0.33
353	11	3.30	19.00	10.70	29.70	4.80	0.30	5.10	1.05	0.14	1.19	1.78	1:17	7.50	0.85	0.15
354	16	3.40	24.00	11.50	35.50	6.70	2.30	9.00	1.76	0.49	2.25	2.09	1:15	3.59	0.77	0.54
355	14	4.10	23.60	13.10	36.70	1.90	1.60	3.50	2.50	0.46	2.96	1.80	1:17	5.43	0.94	0.52
356	7	2.40	10.50	12.20	22.70	5.10	0.10	5.20	0.82	0.08	0.90	0.86	1:15	10.25	0.79	0.08
357	13	3.70	22.50	8.10	30.60	5.10	4.00	9.10	1.84	0.28	2.12	2.78	1:17	6.57	0.87	0.29
358	11	3.40	16.00	12.00	28.00	4.40	0.50	4.90	1.58	0.18	1.76	1.33	1:15	8.78	0.94	0.19
359	14	3.60	18.90	11.20	30.10	4.50	2.60	7.10	1.54	0.59	2.13	1.69	1:14	2.61	0.93	0.68
360	13	3.30	16.40	11.80	28.20	4.10	0.90	5.00	1.62	0.29	1.91	1.39	1:13	5.59	0.91	0.32

## Sustrato 10

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
361	3	1.50	6.00	1.10	7.10	4.00	0.10	4.10	0.21	0.02	0.23	5.45	1:40	10.50	0.58	0.02
362	10	3.50	21.10	12.50	33.60	3.80	0.70	4.50	1.60	0.29	1.89	1.69	1:60	5.52	0.85	0.28
363	6	2.50	12.50	12.00	24.50	2.10	0.30	2.40	0.76	0.07	0.83	1.04	1:50	10.86	0.77	0.07
364	14	3.40	16.80	12.00	28.80	4.10	1.30	5.40	1.79	0.38	2.17	1.40	1:49	4.71	0.92	0.34
365	12	3.60	19.50	11.60	31.10	4.80	1.20	6.00	2.02	0.39	2.41	1.68	1:54	5.18	0.91	0.35
366	4	1.60	6.30	1.10	7.40	0.60	0.10	0.70	0.19	0.02	0.21	5.73	1:39	9.50	0.61	0.02
367	4	1.60	6.10	1.00	7.10	0.30	0.10	0.40	0.17	0.02	0.19	6.10	1:38	8.50	0.61	0.02
368	7	2.80	16.90	12.30	29.20	2.80	0.30	3.10	1.17	0.19	1.36	1.37	1:60	6.16	0.76	0.19
369	4	1.70	7.00	0.90	7.90	0.50	0.10	0.60	0.25	0.02	0.27	7.78	1:41	12.50	0.63	0.02
370	13	2.90	17.30	11.00	28.30	3.00	0.30	3.30	1.38	0.19	1.57	1.57	1:60	7.26	0.78	0.19
371	3	1.40	5.50	12.20	17.70	2.80	0.60	3.40	1.16	0.25	1.41	0.45	1:39	4.64	0.55	0.20
372	5	1.40	7.30	12.50	19.80	2.40	0.90	3.30	0.99	0.29	1.28	0.58	1:52	3.41	0.51	0.22
373	14	3.90	23.20	11.20	34.40	3.80	0.70	4.50	1.59	0.28	1.87	2.07	1:59	5.68	0.90	0.27
374	13	4.20	24.70	13.20	37.90	2.20	0.40	2.60	0.80	0.17	0.97	1.87	1:59	4.71	0.94	0.18
375	7	2.30	9.80	11.40	21.20	7.40	1.70	9.10	2.72	0.54	3.26	0.86	1:43	5.04	0.77	0.36
376	5	1.40	5.50	0.90	6.40	0.30	0.10	0.40	0.17	0.03	0.20	6.11	1:39	5.67	0.55	0.03
377	14	4.10	15.80	1.00	16.80	0.50	0.10	0.60	0.24	0.04	0.28	15.80	1:39	6.00	1.15	0.05
378	9	2.50	12.40	12.40	24.80	4.70	0.90	5.60	1.91	0.39	2.30	1.00	1:50	4.90	0.77	0.32
379	3	1.90	6.50	7.00	13.50	6.20	1.90	8.10	2.31	0.74	3.05	0.93	1:34	3.12	0.72	0.41
380	12	3.40	13.80	10.80	24.60	1.60	0.20	1.80	0.74	0.11	0.85	1.28	1:41	6.73	1.01	0.12
381	9	3.00	11.20	3.90	15.10	0.30	0.10	0.40	0.23	0.07	0.30	2.87	1:37	3.29	0.96	0.09
382	8	2.40	9.20	12.20	21.40	3.80	1.60	5.40	1.51	0.62	2.13	0.75	1:38	2.44	0.82	0.45
383	11	3.10	16.30	12.00	28.30	2.50	0.60	3.10	0.88	0.23	1.11	1.36	1:53	3.83	0.85	0.23
384	8	3.10	12.50	1.10	13.60	0.50	0.10	0.60	0.24	0.04	0.28	11.36	1:40	6.00	0.95	0.05
385	4	1.20	6.00	12.50	18.50	3.20	1.10	4.30	1.22	0.37	1.59	0.48	1:50	3.30	0.46	0.23
386	13	3.10	21.40	12.20	33.60	0.10	0.20	0.30	0.25	0.06	0.31	1.75	1:69	4.17	0.75	0.07
387	11	2.60	13.70	11.80	25.50	1.40	0.10	1.50	0.68	0.14	0.82	1.16	1:53	4.86	0.77	0.15
388	5	1.90	5.50	12.00	17.50	3.80	0.50	4.30	1.58	0.19	1.77	0.46	1:29	8.32	0.75	0.17
389	3	1.70	7.00	11.80	18.80	2.30	0.60	2.90	1.05	0.24	1.29	0.59	1:41	4.38	0.63	0.21
390	6	1.90	7.40	2.30	9.70	0.40	0.10	0.50	0.18	0.02	0.20	3.22	1:39	9.00	0.69	0.02
391	9	2.60	11.00	12.50	23.50	4.10	0.70	4.80	1.75	0.33	2.08	0.88	1:42	5.30	0.84	0.29
392	11	3.70	16.40	11.30	27.70	2.40	0.20	2.60	1.02	0.16	1.18	1.45	1:44	6.38	1.02	0.17
393	12	2.90	21.20	1.20	22.40	0.40	0.10	0.50	0.19	0.02	0.21	17.67	1:73	9.50	0.70	0.02
394	15	3.40	21.00	1.10	22.10	0.50	0.10	0.60	0.21	0.02	0.23	19.09	1:62	10.50	0.83	0.02
395	15	3.40	14.80	1.10	15.90	0.70	0.10	0.80	0.30	0.02	0.32	13.45	1:44	15.00	0.98	0.02
396	13	3.20	18.70	12.30	31.00	2.30	0.50	2.80	0.84	0.19	1.03	1.52	1:58	4.42	0.83	0.19
397	13	3.20	13.90	11.70	25.60	4.80	1.70	6.50	2.02	0.51	2.53	1.19	1:43	3.96	0.94	0.42
398	13	4.30	20.50	11.20	31.70	3.80	0.60	4.40	1.50	0.23	1.73	1.83	1:48	6.52	1.06	0.23
399	17	3.90	23.20	11.80	35.00	4.90	1.20	6.10	1.70	0.32	2.02	1.97	1:59	5.31	0.90	0.29
400	13	3.40	13.00	11.10	24.10	3.50	0.90	4.40	1.45	0.31	1.76	1.17	1:38	4.68	1.03	0.29

## Sustrato 11

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
401	12	3.40	12.70	11.50	24.20	4.50	1.10	5.60	1.59	0.39	1.98	1.10	1:37	4.08	1.04	0.35
402	9	3.00	8.30	11.00	19.30	2.50	0.60	3.10	1.12	0.21	1.33	0.75	1:28	5.33	1.06	0.21
403	12	2.90	14.40	12.00	26.40	6.40	2.20	8.60	2.41	0.73	3.14	1.20	1:50	3.30	0.84	0.50
404	7	2.70	11.50	13.20	24.70	5.20	0.70	5.90	1.92	0.32	2.24	0.87	1:43	6.00	0.86	0.27
405	18	4.10	27.40	12.50	39.90	4.40	1.30	5.70	1.89	0.58	2.47	2.19	1:67	3.26	0.86	0.53
406	9	3.10	16.20	12.20	28.40	3.20	0.90	4.10	1.14	0.35	1.49	1.33	1:52	3.26	0.86	0.33
407	3	1.50	6.20	3.00	9.20	0.50	0.10	0.60	0.20	0.04	0.24	2.07	1:41	5.00	0.57	0.04
408	8	2.70	11.20	4.00	15.20	1.70	0.10	1.80	0.75	0.07	0.82	2.80	1:41	10.71	0.87	0.07
409	9	2.70	9.90	11.50	21.40	1.80	0.10	1.90	0.75	0.12	0.87	0.86	1:37	6.25	0.90	0.13
410	4	1.40	7.50	2.30	9.80	0.50	0.10	0.60	0.31	0.04	0.35	3.26	1:54	7.75	0.51	0.04
411	8	2.80	11.10	11.60	22.70	2.30	0.20	2.50	0.77	0.12	0.89	0.96	1:40	6.42	0.90	0.12
412	15	4.30	21.60	12.00	33.60	6.40	1.30	7.70	2.37	0.51	2.88	1.80	1:50	4.65	1.03	0.45
413	3	1.50	8.10	1.20	9.30	0.40	0.10	0.50	0.22	0.04	0.26	6.75	1:54	5.50	0.53	0.04
414	7	1.50	12.50	12.60	25.10	2.60	2.20	4.80	1.09	0.60	1.69	0.99	1:83	1.82	0.46	0.34
415	15	3.10	22.10	12.30	34.40	6.20	1.60	7.80	2.47	0.67	3.14	1.80	1:71	3.69	0.74	0.51
416	14	4.40	14.80	12.20	27.00	3.30	0.70	4.00	1.33	0.28	1.61	1.21	1:34	4.75	1.26	0.28
417	10	3.20	14.20	12.60	26.80	2.80	0.60	3.40	1.05	0.15	1.20	1.13	1:44	7.00	0.94	0.15
418	14	3.00	26.50	12.40	38.90	6.40	1.10	7.50	2.30	0.31	2.61	2.14	1:88	7.42	0.65	0.26
419	8	3.50	14.10	12.50	26.60	2.70	0.40	3.10	1.03	0.16	1.19	1.13	1:40	6.44	1.03	0.16
420	11	3.20	14.60	11.90	26.50	3.80	0.90	4.70	1.45	0.27	1.72	1.23	1:46	5.37	0.92	0.25
421	3	3.50	5.80	1.20	7.00	0.40	0.10	0.50	0.18	0.01	0.19	4.83	1:17	18.00	1.36	0.01
422	3	2.00	7.40	1.40	8.80	0.30	0.10	0.40	0.18	0.02	0.20	5.29	1:37	9.00	0.73	0.02
423	3	1.60	6.70	3.50	10.20	0.50	0.20	0.70	0.23	0.04	0.27	1.91	1:42	5.75	0.60	0.04
424	10	2.00	17.60	11.50	29.10	3.80	0.70	4.50	1.31	0.31	1.62	1.53	1:88	4.23	0.53	0.25
425	7	3.20	10.00	11.80	21.80	1.60	0.08	1.68	0.68	0.08	0.76	0.85	1:31	8.50	1.07	0.08
426	18	2.30	24.80	12.20	37.00	7.40	2.10	9.50	2.83	0.72	3.55	2.03	1:108	3.93	0.51	0.44
427	8	4.30	8.30	8.70	17.00	1.80	0.40	2.20	0.61	0.12	0.73	0.95	1:19	5.08	1.52	0.13
428	11	2.10	22.30	11.90	34.20	4.30	0.80	5.10	1.61	0.34	1.95	1.87	1:106	4.74	0.50	0.27
429	2	3.50	6.20	1.00	7.20	0.20	0.10	0.30	0.11	0.01	0.12	6.20	1:18	11.00	1.34	0.01
430	9	1.30	15.00	12.20	27.20	3.80	0.80	4.60	1.55	0.28	1.83	1.23	1:115	5.54	0.37	0.20
431	7	3.70	12.20	12.50	24.70	2.80	0.70	3.50	1.14	0.29	1.43	0.98	1:33	3.93	1.15	0.29
432	7	3.00	8.60	12.80	21.40	1.70	0.30	2.00	0.73	0.23	0.96	0.67	1:29	3.17	1.05	0.25
433	4	2.70	8.50	1.90	10.40	0.50	0.10	0.60	0.24	0.04	0.28	4.47	1:31	6.00	0.95	0.05
434	13	2.00	26.30	12.00	38.30	6.40	1.20	7.60	2.61	0.53	3.14	2.19	1:132	4.92	0.43	0.36
435	14	4.00	23.70	12.10	35.80	5.70	1.40	7.10	2.25	0.52	2.77	1.96	1:59	4.33	0.92	0.45
436	9	3.60	13.30	12.20	25.50	2.80	0.90	3.70	1.12	0.32	1.44	1.09	1:37	3.50	1.08	0.32
437	12	3.60	18.40	13.00	31.40	6.00	1.90	7.90	2.52	0.72	3.24	1.42	1:51	3.50	0.94	0.57
438	6	1.70	6.80	10.70	17.50	1.70	0.90	2.60	0.72	0.10	0.82	0.64	1:40	7.20	0.63	0.09
439	3	1.30	7.50	1.00	8.50	0.40	0.10	0.50	0.21	0.02	0.23	7.50	1:58	10.50	0.47	0.02
440	2	1.40	6.30	2.00	8.30	0.30	0.10	0.40	0.19	0.02	0.21	3.15	1:45	9.50	0.53	0.02

## Sustrato 12

Nº	Nº de hojas	DAC (mm)	Parámetros morfológicos									Índices morfológicos				
			Largo (cm)			Peso fresco (gr)			Peso seco (gr)			Relación			Índice de esbeltez	Índice de Dickson
			Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR		
441	10	3.40	13.20	12.50	25.70	2.70	0.80	3.50	1.10	0.31	1.41	1.06	1:39	3.55	1.02	0.31
442	8	2.60	13.20	11.60	24.80	2.20	0.30	2.50	0.87	0.21	1.08	1.14	1:51	4.14	0.78	0.21
443	8	2.40	11.50	12.70	24.20	2.00	0.40	2.40	0.80	0.19	0.99	0.91	1:48	4.21	0.76	0.19
444	10	4.20	17.80	13.00	30.80	5.10	2.20	7.30	2.16	0.65	2.81	1.37	1:42	3.32	1.11	0.56
445	17	3.40	12.00	12.80	24.80	3.90	0.70	4.60	1.58	0.29	1.87	0.94	1:35	5.45	1.06	0.27
446	13	3.50	23.50	11.00	34.50	5.10	0.70	5.80	1.99	0.21	2.20	2.14	1:67	9.48	0.80	0.20
447	10	3.80	11.50	13.50	25.00	5.50	2.30	7.80	2.22	0.88	3.10	0.85	1:30	2.52	1.21	0.68
448	11	3.30	15.20	13.00	28.20	2.30	0.80	3.10	0.92	0.24	1.16	1.17	1:46	3.83	0.94	0.24
449	3	1.40	8.90	1.00	9.90	0.50	0.30	0.80	0.25	0.01	0.26	8.90	1:64	25.00	0.48	0.01
450	3	1.60	8.50	2.50	11.00	0.40	0.60	1.00	0.24	0.03	0.27	3.40	1:53	8.00	0.56	0.03
451	9	2.20	12.70	13.00	25.70	2.70	0.70	3.40	1.09	0.29	1.38	0.98	1:58	3.76	0.67	0.26
452	12	3.70	18.20	11.40	29.60	5.50	1.70	7.20	2.30	0.61	2.91	1.60	1:49	3.77	0.97	0.51
453	10	2.50	12.60	12.40	25.00	3.10	1.00	4.10	1.24	0.28	1.52	1.02	1:50	4.43	0.77	0.25
454	10	3.00	17.20	11.60	28.80	2.70	0.60	3.30	1.12	0.22	1.34	1.48	1:57	5.09	0.81	0.22
455	13	3.00	18.50	12.80	31.30	3.50	1.00	4.50	1.43	0.36	1.79	1.45	1:62	3.97	0.78	0.33
456	16	4.00	22.10	12.00	34.10	5.40	1.60	7.00	1.99	0.47	2.46	1.84	1:55	4.23	0.95	0.41
457	6	2.50	10.70	14.20	24.90	2.00	0.60	2.60	0.79	0.19	0.98	0.75	1:43	4.16	0.81	0.19
458	11	3.40	15.80	9.10	24.90	0.40	0.30	0.70	0.19	0.01	0.20	1.74	1:46	19.00	0.95	0.01
459	3	1.40	5.60	12.90	18.50	3.80	1.10	4.90	1.53	0.31	1.84	0.43	1:40	4.94	0.55	0.22
460	7	3.60	13.30	12.40	25.70	2.30	0.90	3.20	0.99	0.34	1.33	1.07	1:37	2.91	1.08	0.35
461	11	3.00	17.00	12.90	29.90	3.10	0.70	3.80	1.26	0.28	1.54	1.32	1:57	4.50	0.81	0.27
462	4	3.20	17.30	10.60	27.90	0.90	0.10	1.00	0.36	0.09	0.45	1.63	1:54	4.00	0.86	0.10
463	3	2.00	7.60	3.00	10.60	0.50	0.05	0.55	0.26	0.04	0.30	2.53	1:38	6.50	0.72	0.04
464	12	2.70	13.60	8.40	22.00	2.80	0.70	3.50	1.17	0.26	1.43	1.62	1:50	4.50	0.80	0.25
465	11	2.10	15.50	12.40	27.90	3.60	1.10	4.70	1.32	0.37	1.69	1.25	1:74	3.57	0.59	0.29
466	10	3.50	17.50	12.00	29.50	3.50	1.00	4.50	1.57	0.38	1.95	1.46	1:50	4.13	0.93	0.36
467	3	1.30	5.50	7.00	12.50	0.40	0.10	0.50	0.23	0.07	0.30	0.79	1:42	3.29	0.51	0.08
468	11	3.90	22.70	12.90	35.60	5.50	1.50	7.00	2.37	0.48	2.85	1.76	1:58	4.94	0.91	0.42
469	3	1.70	7.80	2.90	10.70	0.50	0.05	0.55	0.24	0.06	0.30	2.69	1:46	4.00	0.61	0.07
470	8	3.30	14.70	12.00	26.70	2.90	0.40	3.30	1.27	0.21	1.48	1.23	1:45	6.05	0.95	0.21
471	2	1.30	5.00	2.30	7.30	0.30	0.05	0.35	0.17	0.04	0.21	2.17	1:38	4.25	0.52	0.05
472	3	2.70	6.50	12.80	19.30	0.80	0.40	1.20	0.28	0.11	0.39	0.51	1:24	2.55	1.02	0.13
473	5	2.00	7.00	2.00	9.00	0.70	0.05	0.75	0.39	0.02	0.41	3.50	1:35	19.50	0.74	0.02
474	6	2.90	10.90	13.40	24.30	2.20	0.50	2.70	1.00	0.17	1.17	0.81	1:38	5.88	0.94	0.17
475	3	1.40	4.20	12.00	16.20	3.80	1.20	5.00	1.31	0.41	1.72	0.35	1:30	3.20	0.58	0.25
476	11	3.50	17.90	11.80	29.70	0.80	0.20	1.00	0.36	0.11	0.47	1.52	1:51	3.27	0.92	0.13
477	4	2.60	8.40	2.60	11.00	0.30	0.05	0.35	0.17	0.06	0.23	3.23	1:32	2.83	0.92	0.08
478	10	2.30	9.60	12.90	22.50	1.80	0.30	2.10	0.71	0.11	0.82	0.74	1:42	6.45	0.78	0.11
479	12	2.40	12.30	13.00	25.30	2.70	0.60	3.30	1.21	0.23	1.44	0.95	1:51	5.26	0.74	0.22
480	6	2.50	11.00	13.00	24.00	2.20	0.40	2.60	0.93	0.13	1.06	0.85	1:44	7.15	0.81	0.13

## **Anexo 2**

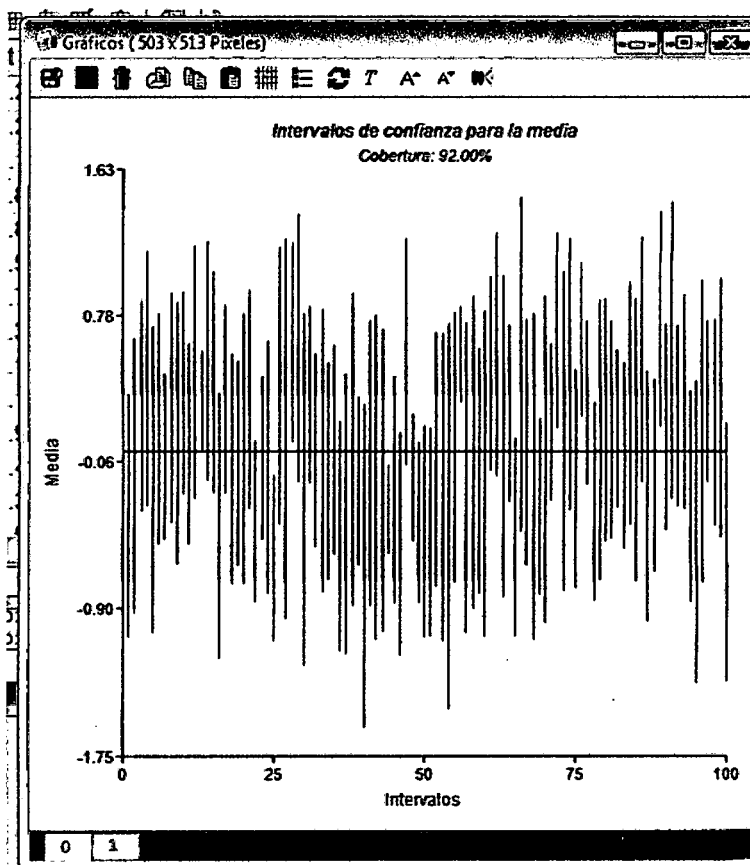
### **Prueba de Normalidad de Shapiro Wils Modificado**



C:\Users\ADMINISTRACION OBRA\Desktop\Nueva tabla\_2.IDB2: 23/07/2013 - 09:30:54 p.m.

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
N° de hojas	480	9.23	4.11	0.96	<0.0001
DAC	480	2.98	0.93	0.98	<0.0001
Altura de tallo	480	15.02	6.60	0.96	<0.0001
Altura de raíz	480	9.64	4.40	0.82	<0.0001
Altura total	480	24.64	9.71	0.95	<0.0001
Peso húmedo tallo	480	3.44	2.50	0.93	<0.0001
Peso húmedo raíz	480	1.03	0.95	0.86	<0.0001
Peso húmedo total	480	4.47	3.31	0.93	<0.0001
Peso seco tallo	480	1.20	0.83	0.94	<0.0001
Peso seco raíz	480	0.27	0.24	0.88	<0.0001
Peso seco total	480	1.47	1.04	0.93	<0.0001
Relación t/r	480	2.32	2.50	0.57	<0.0001
Relación DAC/H	480	47.18	15.38	0.96	<0.0001
Relación peso seco t/r	480	6.54	5.11	0.63	<0.0001
Índice de esbeltez	480	4.96	1.36	0.94	<0.0001
IQD	480	0.11	0.09	0.90	<0.0001



**Anexo 3**  
**Resultados de Análisis Estadísticos con el programa Infostat**

**Número de hojas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nºhojas	480	0.14	0.12	41.75

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1140.32	11	103.67	6.98	<0.0001
sus	1140.32	11	103.67	6.98	<0.0001
Error	6955.55	468	14.86		
Total	8095.87	479			

**Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=3.23567**

Error: 14.8623 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	12.93	40	0.61	A
4.00	10.83	40	0.61	A B
9.00	10.55	40	0.61	A B
2.00	9.78	40	0.61	A B C
10.00	9.28	40	0.61	B C
5.00	8.95	40	0.61	B C
11.00	8.68	40	0.61	B C
3.00	8.60	40	0.61	B C
6.00	8.48	40	0.61	B C
12.00	8.20	40	0.61	B C
8.00	7.60	40	0.61	B C
7.00	6.95	40	0.61	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )**DAC**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAC	480	0.21	0.19	28.22

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	85.11	11	7.74	10.98	<0.0001
sus	85.11	11	7.74	10.98	<0.0001
Error	329.94	468	0.70		
Total	415.05	479			

**Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=0.70472**

Error: 0.7050 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	4.02	40	0.13	A
4.00	3.39	40	0.13	A B
9.00	3.33	40	0.13	A B C
2.00	3.23	40	0.13	B C
5.00	2.88	40	0.13	B C D
3.00	2.85	40	0.13	B C D
11.00	2.77	40	0.13	B C D
8.00	2.75	40	0.13	B C D
10.00	2.74	40	0.13	B C D
12.00	2.73	40	0.13	B C D
6.00	2.63	40	0.13	C D
7.00	2.40	40	0.13	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Altura de tallo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Altura de tallo	480	0.20	0.18	39.85	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4135.71	11	375.97	10.50	<0.0001
sus	4135.71	11	375.97	10.50	<0.0001
Error	16760.88	468	35.81		
Total	20896.59	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=5.02281**

Error: 35.8138 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.					
1.00	21.19	40	0.95	A				
4.00	18.40	40	0.95	A	B			
2.00	17.92	40	0.95	A	B	C		
9.00	17.56	40	0.95	A	B	C	D	
5.00	15.15	40	0.95		B	C	D	E
11.00	13.52	40	0.95		B	C	D	E
10.00	13.45	40	0.95		B	C	D	E
8.00	13.36	40	0.95			C	D	E
3.00	13.28	40	0.95			C	D	E
6.00	12.93	40	0.95			C	D	E
12.00	12.85	40	0.95				D	E
7.00	10.62	40	0.95					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Altura raíz**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Altura raíz	480	0.19	0.17	41.60	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1759.68	11	159.97	9.95	<0.0001
sus	1759.68	11	159.97	9.95	<0.0001
Error	7526.95	468	16.08		
Total	9286.63	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=3.36595**

Error: 16.0832 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.					
3.00	13.65	40	0.63	A				
9.00	11.09	40	0.63	A	B			
1.00	10.95	40	0.63	A	B			
4.00	10.90	40	0.63	A	B			
12.00	10.18	40	0.63		B	C		
2.00	10.05	40	0.63		B	C		
5.00	9.51	40	0.63		B	C	D	
11.00	9.25	40	0.63		B	C	D	
10.00	8.63	40	0.63		B	C	D	
6.00	8.37	40	0.63		B	C	D	
8.00	6.88	40	0.63			C	D	
7.00	6.23	40	0.63				D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Altura total**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura total	480	0.19	0.17	35.85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8691.09	11	790.10	10.13	<0.0001
sus	8691.09	11	790.10	10.13	<0.0001
Error	36512.38	468	78.02		
Total	45203.47	479			

**Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=7.41342**

Error: 78.0179 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	32.14	40	1.40	A
4.00	29.29	40	1.40	A B
9.00	28.64	40	1.40	A B C
2.00	27.97	40	1.40	A B C
3.00	26.93	40	1.40	A B C D
5.00	24.66	40	1.40	B C D
12.00	23.03	40	1.40	B C D E
11.00	22.77	40	1.40	B C D E
10.00	22.08	40	1.40	B C D E
6.00	21.30	40	1.40	C D E
8.00	20.23	40	1.40	D E
7.00	16.66	40	1.40	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Peso húmedo tallo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso húmedo tallo	480	0.22	0.20	64.89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	665.33	11	60.48	12.17	<0.0001
sus	665.33	11	60.48	12.17	<0.0001
Error	2325.90	468	4.97		
Total	2991.23	479			

**Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=1.87109**

Error: 4.9699 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	6.00	40	0.35	A
4.00	5.02	40	0.35	A B
2.00	4.59	40	0.35	A B C
9.00	3.86	40	0.35	B C D
5.00	3.55	40	0.35	B C D E
3.00	3.01	40	0.35	C D E
11.00	3.00	40	0.35	C D E
6.00	2.87	40	0.35	C D E
10.00	2.59	40	0.35	D E
12.00	2.51	40	0.35	D E
8.00	2.49	40	0.35	D E
7.00	1.74	40	0.35	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Peso húmedo raíz**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Peso húmedo raíz	480	0.30	0.29	78.22	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	131.72	11	11.97	18.39	<0.0001
sus	131.72	11	11.97	18.39	<0.0001
Error	304.70	468	0.65		
Total	436.42	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=0.67723**

Error: 0.6511 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	2.31	40	0.13	A
2.00	1.62	40	0.13	B
4.00	1.35	40	0.13	B C
9.00	1.35	40	0.13	B C
3.00	1.10	40	0.13	B C D
5.00	0.94	40	0.13	C D
6.00	0.74	40	0.13	C D
11.00	0.73	40	0.13	C D
12.00	0.70	40	0.13	C D
10.00	0.58	40	0.13	D
8.00	0.53	40	0.13	D
7.00	0.43	40	0.13	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Peso húmedo total**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso húmedo total	480	0.26	0.24	64.50

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1359.62	11	123.60	14.89	<0.0001
sus	1359.62	11	123.60	14.89	<0.0001
Error	3884.60	468	8.30		
Total	5244.22	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=2.41809**

Error: 8.3004 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	8.31	40	0.46	A
4.00	6.37	40	0.46	A B
2.00	6.21	40	0.46	A B
9.00	5.21	40	0.46	B C
5.00	4.49	40	0.46	B C D
3.00	4.10	40	0.46	B C D
11.00	3.73	40	0.46	C D
6.00	3.61	40	0.46	C D
12.00	3.21	40	0.46	C D
10.00	3.17	40	0.46	C D
8.00	3.02	40	0.46	C D
7.00	2.18	40	0.46	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Peso seco tallo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso seco tallo	480	0.19	0.18	62.51

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	63.61	11	5.78	10.24	<0.0001
sus	63.61	11	5.78	10.24	<0.0001
Error	264.22	468	0.56		
Total	327.83	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=0.63064**

Error: 0.5646 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	2.13	40	0.12	A
4.00	1.56	40	0.12	A B
9.00	1.41	40	0.12	B C
2.00	1.40	40	0.12	B C
11.00	1.18	40	0.12	B C D
5.00	1.16	40	0.12	B C D
12.00	1.03	40	0.12	B C D
10.00	1.02	40	0.12	B C D
3.00	0.97	40	0.12	B C D
6.00	0.94	40	0.12	B C D
8.00	0.91	40	0.12	C D
7.00	0.70	40	0.12	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )**Peso seco raíz**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso seco raíz	480	0.25	0.23	78.13

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.97	11	0.63	13.94	<0.0001
sus	6.97	11	0.63	13.94	<0.0001
Error	21.27	468	0.05		
Total	28.24	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=0.17892**

Error: 0.0454 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	0.57	40	0.03	A
2.00	0.39	40	0.03	A B
9.00	0.35	40	0.03	B C
4.00	0.34	40	0.03	B C D
11.00	0.27	40	0.03	B C D E
3.00	0.25	40	0.03	B C D E
12.00	0.24	40	0.03	B C D E
5.00	0.22	40	0.03	B C D E
10.00	0.21	40	0.03	C D E
6.00	0.16	40	0.03	D E
8.00	0.16	40	0.03	E
7.00	0.11	40	0.03	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Peso seco total**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso seco total	480	0.21	0.20	63.34

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	111.17	11	10.11	11.58	<0.0001
sus	111.17	11	10.11	11.58	<0.0001
Error	408.41	468	0.87		
Total	519.59	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=0.78406**

Error: 0.8727 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
1.00	2.70	40	0.15	A
4.00	1.90	40	0.15	B
2.00	1.79	40	0.15	B C
9.00	1.76	40	0.15	B C
11.00	1.45	40	0.15	B C D
5.00	1.39	40	0.15	B C D
12.00	1.28	40	0.15	B C D
10.00	1.24	40	0.15	B C D
3.00	1.22	40	0.15	B C D
6.00	1.10	40	0.15	C D
8.00	1.07	40	0.15	C D
7.00	0.80	40	0.15	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )**Relación Tallo/Raíz**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
t/r	480	0.07	0.05	105.28

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	204.00	11	18.55	3.11	0.0005
sus	204.00	11	18.55	3.11	0.0005
Error	2786.92	468	5.95		
Total	2990.91	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=2.04814**

Error: 5.9549 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
10.00	3.72	40	0.39	A
7.00	3.14	40	0.39	A B
8.00	2.58	40	0.39	A B C
1.00	2.54	40	0.39	A B C
6.00	2.50	40	0.39	A B C
2.00	2.33	40	0.39	A B C
11.00	2.16	40	0.39	A B C
5.00	2.12	40	0.39	A B C
4.00	2.09	40	0.39	A B C
12.00	1.94	40	0.39	A B C
9.00	1.60	40	0.39	B C
3.00	1.08	40	0.39	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )



**Relación DAC/Altura**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAC/H	480	0.26	0.24	28.38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	29362.22	11	2669.29	14.89	<0.0001
sus	29362.22	11	2669.29	14.89	<0.0001
Error	83869.72	468	179.21		
Total	113231.95	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=11.23572**

Error: 179.2088 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
2.00	54.18	40	2.12	A
4.00	53.48	40	2.12	A
11.00	52.40	40	2.12	A
1.00	52.30	40	2.12	A
5.00	50.83	40	2.12	A
8.00	48.88	40	2.12	A
10.00	47.65	40	2.12	A
12.00	46.78	40	2.12	A
6.00	46.70	40	2.12	A
3.00	45.58	40	2.12	A
7.00	43.90	40	2.12	A
9.00	23.48	40	2.12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )**Relación Peso seco Tallo/Raíz**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ps t/r	480	0.14	0.12	73.40

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1746.91	11	158.81	6.90	<0.0001
sus	1746.91	11	158.81	6.90	<0.0001
Error	10773.52	468	23.02		
Total	12520.44	479			

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=4.02696**

Error: 23.0203 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
8.00	10.04	40	0.76	A
7.00	9.66	40	0.76	A B
6.00	9.05	40	0.76	A B
5.00	6.54	40	0.76	A B C
10.00	6.29	40	0.76	A B C
4.00	6.03	40	0.76	A B C
11.00	6.01	40	0.76	B C
12.00	5.79	40	0.76	B C
2.00	5.76	40	0.76	B C
9.00	4.73	40	0.76	C
3.00	4.49	40	0.76	C
1.00	4.07	40	0.76	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Índice de esbeltez**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
esbeltez	480	0.06	0.04	26.88

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53.01	11	4.82	2.71	0.0021
sus	53.01	11	4.82	2.71	0.0021
Error	832.45	468	1.78		
Total	885.46	479			

**Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=1.11938**

Error: 1.7787 gl: 468

sus	Medias	n	E.E.	
2.00	5.42	40	0.21	A
4.00	5.35	40	0.21	A
9.00	5.28	40	0.21	A
11.00	5.24	40	0.21	A
1.00	5.23	40	0.21	A
5.00	5.08	40	0.21	A
8.00	4.88	40	0.21	A
10.00	4.77	40	0.21	A
12.00	4.68	40	0.21	A
6.00	4.67	40	0.21	A
3.00	4.55	40	0.21	A
7.00	4.39	40	0.21	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )**Índice de calidad de Dickson**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
IQD	480	0.25	0.23	69.90

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.94	11	0.09	14.31	<0.0001
sus	0.94	11	0.09	14.31	<0.0001
Error	2.80	468	0.01		
Total	3.74	479			

**Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=0.06487**

Error: 0.0060 gl: 468

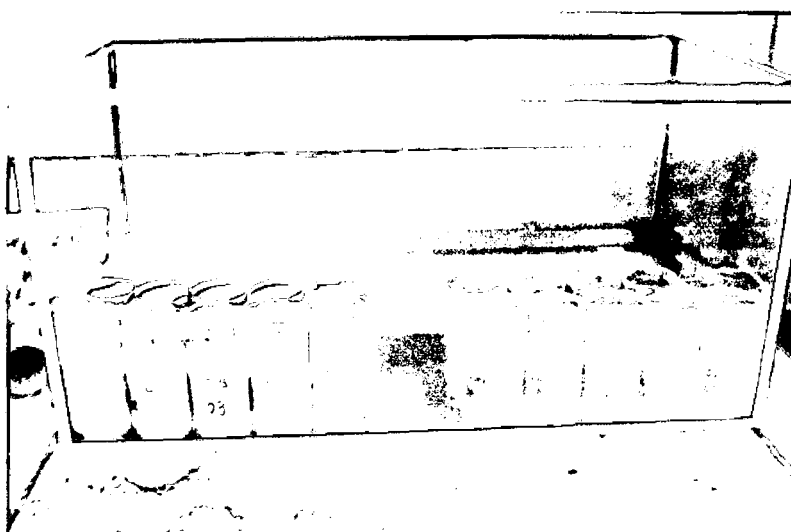
sus	Medias	n	E.E.	
1.00	0.23	40	0.01	A
2.00	0.14	40	0.01	B
4.00	0.14	40	0.01	B C
9.00	0.14	40	0.01	B C D
11.00	0.10	40	0.01	B C D E
5.00	0.10	40	0.01	B C D E
12.00	0.10	40	0.01	B C D E
3.00	0.09	40	0.01	B C D E
10.00	0.09	40	0.01	B C D E
8.00	0.08	40	0.01	C D E
6.00	0.07	40	0.01	D E
7.00	0.05	40	0.01	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

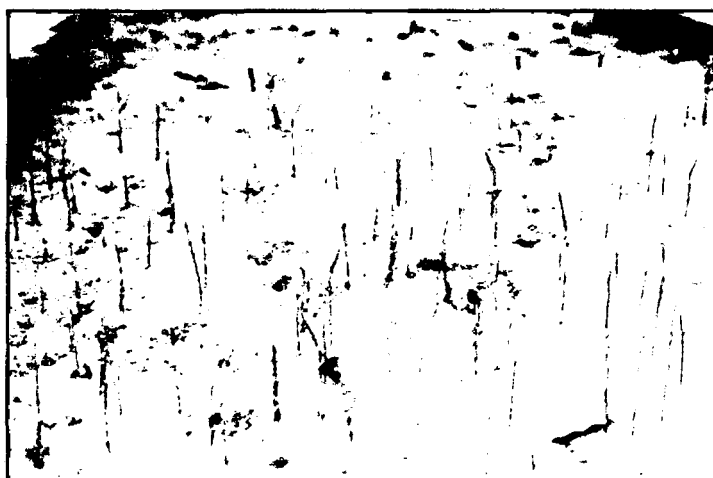
**Anexo 4****Registro fotográfico**



**Figura 26** Estufa eléctrica utilizada para el secado de las muestras



**Figura 27** Porómetros con los sustratos a evaluar



**Figura 28** Camas de germinación de castaña



**Figura 29** Semillas de castaña germinadas con dos pares de hojas



**Figura 30** Plántulas repicadas en tubetes de 400cc



**Figura 31** Planta de castaña producida en tubetes con 5 meses de edad

## **Anexo 5**

### **Registro de datos de las propiedades físicas**

sustrato	Porómetro			Volumen agua drenada (ml)	peso húmedo de la muestra + porómetro (gr)	peso húmedo de la muestra (gr)	peso seco de la muestra + envase (gr)	envase para secado		peso seco de la muestra (gr)	porosidad total %	Porosidad de aireación %	Capacidad de retención de agua %	Densidad aparente	Densidad de partículas
	Nº	volumen (ml)	peso (gr)					Nº	peso (gr)						
1	1	720.00	107.30	145.10	755.60	648.30	312.40	1.00	73.50	238.90	77.01	20.15	56.86	0.33	1.44
	2	720.00	106.90	150.00	747.20	640.30	312.20	2.00	76.70	235.50	77.06	20.83	56.22	0.33	1.43
	3	715.80	107.00	152.00	754.00	647.00	431.00	3.00	191.40	239.60	78.15	21.23	56.92	0.33	1.53
	4	724.00	106.50	146.90	763.60	657.10	374.10	4.00	137.10	237.00	78.31	20.29	58.02	0.33	1.51
	5	720.00	107.60	156.30	758.10	650.50	316.50	5.00	74.10	242.40	78.39	21.71	56.68	0.34	1.56
2	6	720.00	108.10	154.00	756.30	648.20	394.60	6.00	143.60	251.00	76.56	21.39	55.17	0.35	1.49
	7	720.00	108.60	157.10	745.00	636.40	355.40	7.00	113.30	242.10	76.58	21.82	54.76	0.34	1.44
	8	720.00	108.10	154.60	741.70	633.60	409.20	8.00	165.80	243.40	75.67	21.47	54.19	0.34	1.39
	9	727.00	107.80	168.80	742.50	634.70	418.40	9.00	171.60	246.80	76.57	23.22	53.36	0.34	1.45
	10	720.00	108.50	143.20	757.60	649.10	419.00	10.00	170.70	248.30	75.56	19.89	55.67	0.34	1.41
3	11	710.00	119.80	279.00	520.50	400.70	145.40	11.00	77.30	68.10	86.14	39.30	46.85	0.10	0.69
	12	705.00	117.00	274.00	510.70	393.70	148.10	12.00	81.40	66.70	85.25	38.87	46.38	0.09	0.64
	13	705.00	117.00	270.00	520.80	403.80	142.20	13.00	72.00	70.20	85.62	38.30	47.32	0.10	0.69
	14	705.00	118.40	240.00	530.40	412.00	155.00	14.00	80.40	74.60	81.90	34.04	47.86	0.11	0.58
	15	705.00	117.80	274.00	527.50	409.70	145.90	15.00	77.50	68.40	87.28	38.87	48.41	0.10	0.76
4	16	710.00	118.90	88.00	775.70	656.80	351.20	16.00	75.30	275.90	66.04	12.39	53.65	0.39	1.14
	17	710.00	119.10	123.00	733.10	614.00	413.90	17.00	160.10	253.80	68.06	17.32	50.73	0.36	1.12
	18	720.00	119.00	138.00	728.20	609.20	413.30	18.00	169.80	243.50	69.96	19.17	50.79	0.34	1.13
	19	705.00	118.80	139.00	728.60	609.80	334.60	19.00	79.60	255.00	70.04	19.72	50.33	0.36	1.21
	20	705.00	117.20	131.00	723.80	606.60	325.60	11.00	77.30	248.30	69.40	18.58	50.82	0.35	1.15
5	1	720.00	107.30	144.00	687.70	580.40	324.50	1.00	73.50	251.00	65.75	20.00	45.75	0.35	1.02
	2	720.00	106.90	144.00	693.00	586.10	330.20	2.00	76.70	253.50	66.19	20.00	46.19	0.35	1.04
	3	715.80	107.00	144.00	694.10	587.10	433.90	3.00	191.40	242.50	68.26	20.12	48.14	0.34	1.07
	4	724.00	106.50	134.00	704.70	598.20	399.00	4.00	137.10	261.90	64.96	18.51	46.45	0.36	1.03
	5	720.00	107.60	125.00	705.90	598.30	324.90	5.00	74.10	250.80	65.63	17.36	48.26	0.35	1.01
6	6	720.00	108.10	266.00	490.60	382.50	228.70	6.00	143.60	85.10	78.25	36.94	41.31	0.12	0.54
	7	720.00	108.60	264.00	492.00	383.40	199.20	7.00	113.30	85.90	77.99	36.67	41.32	0.12	0.54
	8	720.00	108.10	246.00	513.60	405.50	253.50	8.00	165.80	87.70	78.31	34.17	44.14	0.12	0.56
	9	727.00	107.80	260.00	506.70	398.90	260.20	9.00	171.60	88.60	78.45	35.76	42.68	0.12	0.57
	10	720.00	108.50	255.00	482.30	373.80	258.40	10.00	170.70	87.70	75.15	35.42	39.74	0.12	0.49

sustrato	Porómetro			Volumen agua drenada (ml)	peso húmedo de la muestra+ porómetro (gr)	peso húmedo de la muestra (gr)	Peso seco de la muestra+ envase (gr)	envase para secado		peso seco de la muestra (gr)	porosidad total %	Porosidad de aireación %	Capacidad de retención de agua %	Densidad aparente	Densidad de partículas
	Nº	volumen (ml)	peso (gr)					Nº	peso (gr)						
7	11	710.00	119.80	101.00	789.10	669.30	426.30	11.00	77.30	349.00	59.34	14.23	45.11	0.49	1.21
	12	705.00	117.00	113.00	763.50	646.50	416.00	12.00	81.40	334.60	60.27	16.03	44.24	0.47	1.19
	13	705.00	117.00	99.00	798.60	681.60	431.20	13.00	72.00	359.20	59.77	14.04	45.73	0.51	1.27
	14	705.00	118.40	109.00	750.30	631.90	420.70	14.00	80.40	340.30	56.82	15.46	41.36	0.48	1.12
	15	705.00	117.80	130.00	692.20	574.40	362.60	15.00	77.50	285.10	59.48	18.44	41.04	0.40	1.00
8	16	710.00	118.90	91.00	792.50	673.60	405.70	16.00	75.30	330.40	61.15	12.82	48.34	0.47	1.20
	17	710.00	119.10	83.00	802.50	683.40	497.30	17.00	160.10	337.20	60.45	11.69	48.76	0.47	1.20
	18	720.00	119.00	98.00	776.20	657.20	478.70	18.00	169.80	308.90	61.99	13.61	48.38	0.43	1.13
	19	705.00	118.80	87.00	778.70	659.90	403.80	19.00	79.60	324.20	59.96	12.34	47.62	0.46	1.15
	20	705.00	117.20	82.00	807.70	690.50	486.60	6.00	143.60	343.00	60.92	11.63	49.29	0.49	1.25
9	1	720.00	107.30	188.00	578.10	470.80	233.00	1.00	73.50	159.50	69.35	26.11	43.24	0.22	0.72
	2	720.00	106.90	191.00	576.80	469.90	248.30	2.00	76.70	171.60	67.96	26.53	41.43	0.24	0.74
	3	715.80	107.00	166.00	603.10	496.10	364.30	3.00	191.40	172.90	68.34	23.19	45.15	0.24	0.76
	4	724.00	106.50	188.00	592.80	486.30	303.00	4.00	137.10	165.90	70.22	25.97	44.25	0.23	0.77
	5	720.00	107.60	203.00	569.50	461.90	239.90	5.00	74.10	165.80	69.32	28.19	41.13	0.23	0.75
10	6	720.00	108.10	40.00	895.50	787.40	491.80	6.00	143.60	348.20	66.56	5.56	61.00	0.48	1.45
	7	720.00	108.60	39.00	899.00	790.40	469.30	7.00	113.30	356.00	65.75	5.42	60.33	0.49	1.44
	8	720.00	108.10	41.00	894.50	786.40	519.70	8.00	165.80	353.90	65.76	5.69	60.07	0.49	1.44
	9	727.00	107.80	32.00	921.80	814.00	547.50	9.00	171.60	375.90	64.66	4.40	60.26	0.52	1.46
	10	720.00	108.50	30.00	904.10	795.60	529.50	10.00	170.70	358.80	64.83	4.17	60.67	0.50	1.42
11	11	710.00	119.80	39.00	909.10	789.30	452.90	11.00	77.30	375.60	63.76	5.49	58.27	0.53	1.46
	12	705.00	117.00	40.00	880.10	763.10	426.90	12.00	81.40	345.50	64.91	5.67	59.23	0.49	1.40
	13	705.00	117.00	53.00	856.10	739.10	399.90	13.00	72.00	327.90	65.84	7.52	58.33	0.47	1.36
	14	705.00	118.40	57.00	855.70	737.30	410.10	14.00	80.40	329.70	65.90	8.09	57.82	0.47	1.37
	15	705.00	117.80	70.00	825.10	707.30	372.10	15.00	77.50	294.60	68.47	9.93	58.54	0.42	1.33
12	16	710.00	118.90	115.00	710.40	591.50	250.70	16.00	75.30	175.40	74.80	16.20	58.61	0.25	0.98
	17	710.00	119.10	104.00	724.80	605.70	340.30	17.00	160.10	180.20	74.58	14.65	59.93	0.25	1.00
	18	720.00	119.00	128.00	713.30	594.30	347.10	18.00	169.80	177.30	75.69	17.78	57.92	0.25	1.01
	19	705.00	118.80	116.00	706.20	587.40	259.30	19.00	79.60	179.70	74.28	16.45	57.83	0.25	0.99
	20	705.00	117.20	108.00	692.00	574.80	313.10	6.00	143.60	169.50	72.81	15.32	57.49	0.24	0.88



## **Anexo 6**

### **Resultados de los análisis químicos de los sustratos**



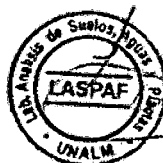
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA PERUANA  
 PROCEDENCIA : MADRE DE DIOS/TAMBOPATA  
 MUESTRA DE : SUSTRATO  
 REFERENCIA : H.R. 27544  
 FACTURA : 17799  
 FECHA : 05-08-10

Lab	Número Muestra	pH (p.p.s)	C.E. <sub>(p.p.s)</sub> dS/m
	Claves		
0589	T1 - IIA - MDD	6.81	0.95
0590	T2 - IIA - MDD	6.98	1.33
0591	T3 - IIA - MDD	6.94	1.71
0592	T4 - IIA - MDD	6.00	1.00
0593	T5 - IIA - MDD	6.43	1.34
0594	T6 - IIA - MDD	6.25	1.50
0595	T7 - IIA - MDD	5.01	1.73
0596	T8 - IIA - MDD	5.66	1.69
0597	T9 - IIA - MDD	5.36	2.21
0598	T10 - IIA - MDD	6.30	0.70
0599	T11 - IIA - MDD	6.60	1.17
0600	T12 - IIA - MDD	6.45	1.17



Ing. Brawlio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

Indf

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614 7800 Anexo 222 Telefax: 349 5622  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## RESEÑA BIOGRÁFICA

Edgar Cusi Auca, el autor de esta investigación nació en el distrito de Iberia, Provincia de Tahuamanu, Región Madre de Dios, el 8 de noviembre de 1965.

Concluyó sus estudios secundarios en el Colegio Nacional Dos de mayo de Iberia. Estudió en el Instituto Superior tecnológico “Jorge Basadre Grohman” de Puerto Maldonado, obteniendo el título de Profesional técnico en Producción Agropecuaria en el año 1989.

Desde el año 1990 ejerció sus actividades profesionales en diferentes Instituciones de la Región, como: el Banco Agrario del Perú, Proyecto Especial Madre de Dios, PRONATURALEZA, Comité de reforestación y actualmente en el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.

El año 2009, concluyó la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios donde obtuvo el grado de Bachiller en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

Participó en la Publicación del Libro “La Castaña Amazónica (*Bertholletia excelsa*) Manual de Cultivo” 2010; Buenas prácticas para el cultivo de Castaña Amazónica, 2012; y la publicación científica “Respuesta de las plantas de castaña amazónica *bertholletia excelsa* H.B.K. a cuatro niveles de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en la amazonia peruana, 2012”.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**ACTA DE SUSTENTACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**


En la ciudad de Puerto Maldonado, siendo las 16 horas con cero minutos del día veinte y nueve de noviembre del año dos mil trece, en las instalaciones del anfiteatro del... PABLO... piso de la ciudad universitaria dando cumplimiento a la Resolución N° 228...-2013-UNAMAD-DFI, de fecha... 20... noviembre del 2013, se reunieron los miembros del jurado integrados por los siguientes docentes:

Ing. Saúl Manrique León: Presidente  
Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre: Secretario  
Ing. Mgt. Telesforo Vásquez Zavaleta: Vocal


Con la finalidad de evaluar el trabajo de investigación titulado "*Influencia de 12 Sustratos en el crecimiento de Bertholletia excelsa H.B.K. en el vivero, El Castañal, Tambopata, Madre de Dios*", presentado por el bachiller Edgar Cusi Auca. Seguido de la exposición del trabajo por parte de los sustentantes el jurado procede al cuestionamiento del trabajo y el sustento por parte del responsable del trabajo de investigación. Acto seguido, el jurado procede a la deliberación en base a una discusión de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto como *APROBADO* por *UNANIMIDAD*. Con el calificativo de *BUENO* y la nota de *12*.

En fe de lo cual firmamos la presente acta, siendo las 17:55... horas del día veintinueve de noviembre del año 2013, se dio culminado el presente acto de sustentación.

El sustentante deberá levantar todas las observaciones realizadas por los miembros del jurado calificador.

  
Ing. Saúl Manrique León  
Presidente

  
Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre  
Secretario

  
Ing. Mgt. Telesforo Vásquez Zavaleta  
Vocal