

EFFECTO DE DOS SUSTRATOS DE PROPAGACIÓN SOBRE EL PATRÓN  
DE CACAO IMC67 EN CONDICIONES DE VIVERO EN EL DISTRITO DE  
BUENAVENTURA VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA

KATHERINE VALENCIA ANGULO

UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO  
PROGRAMA DE AGRONOMÍA  
BUENAVENTURA - VALLE DEL CAUCA  
2016

EFFECTO DE DOS SUSTRATOS DE PROPAGACIÓN SOBRE EL PATRÓN DE  
CACAO IMC67 EN CONDICIONES DE VIVERO EN EL DISTRITO DE  
BUENAVENTURA VALLE DEL CAUCA-COLOMBIA

KATHERINE VALENCIA ANGULO

Director  
Sandra Yamile Pulido Pulido Ph.D

UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO  
PROGRAMA DE AGRONOMÍA  
BUENAVENTURA VALLE DEL CAUCA  
2016

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la sabiduría necesaria para adquirir conocimientos y poder culminar mi carrera con éxito.

A mis padres María Teonila Angulo Castillo y José Pompilio Castillo que con su dedicación, ejemplo y amor inculcaron en mí valores y me ayudaron a formarme y crecer como persona, apoyándome y motivándome para cumplir mis objetivos y metas trazadas.

A mis hermanos, mi padrastro Luis Evelio Campas y demás familiares por apoyarme en cada etapa de mi vida, y por haber puesto su granito de arena para que se pudiera cristalizar este sueño.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad del Pacífico por facilitar el espacio para el desarrollo del trabajo de investigación

A la profesora Sandra Yamile Pulido Pulido por la dirección que me brindo para que se pudiera viabilizar y hacer realidad este proyecto.

A todos mis maestros del programa de Agronomía de la universidad del Pacifico porque me proporcionaron conocimientos y me supieron formar académicamente

A los profesores José Omar Cardona, Donald Riascos y Carlos Julio Medina por su colaboración técnica y profesional que sirvió para desarrollar el trabajo de investigación

A mis grandes amigos y compañeros Diana Paola Micolta y Julio César Mosquera porque siempre conté con su mano amiga y con su extenuante colaboración.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
3. OBJETIVOS .....	11
3.1 GENERAL .....	11
3.2 ESPECÍFICOS .....	11
4. MARCO TEÓRICO .....	12
4.1 EL CULTIVO DEL CACAO .....	12
4.1.1 Origen.....	12
4.1.2 Taxonomía del cacao .....	12
4.1.3 Descripción botánica.....	12
4.1.4 Hábitat. ....	13
4.2 PRODUCCIÓN DEL CACAO.....	14
4.2.1 Producción del cacao en el mundo.....	14
4.2.2 Producción de cacao en Colombia.....	14
4.2.3 Zonas productoras de cacao en Colombia. ....	15
4.3. CALIDAD DEL CACAO .....	15
4. 4. TIPOS DE CACAO.....	16
4.4.1 Cacao criollo. ....	16
4.4.2 Cacao forastero.. ....	16
4.4.3 Cacao trinitario. ....	16
4.5 CLASIFICACIÓN COMERCIAL DEL CACAO .....	16
4.5.1Cacao ordinario. ....	16
4.5.2 Cacao fino o de aroma. ....	16
4.6 AGRONOMÍA DEL CULTIVO.....	17
4.7. VIVEROS .....	17
4.7.1 Mantenimiento de viveros.....	17

4.8. SUSTRATOS .....	18
<u>4.8.1. Importancia de los sustratos organicos</u> .....	18
4.8.2 Tipos de sustratos.....	18
4.8.3 Proporciones del sustrato. ....	20
4.9 SUELOS USADOS PARA SIEMBRA DE CACAO.....	20
4.10 PROPAGACIÓN DE CACAO.....	21
4.10.1 Propagación sexual. . ....	21
4.10.2 Obtención de semillas y siembra.....	21
4.10.3 Propagación asexual o vegetativa.. ....	21
4.11. IMPORTANCIA DEL ÁREA FOLIAR Y EL NÚMERO DE HOJAS EN EL CULTIVO .....	24
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	26
5.1 LOCALIZACIÓN .....	26
5.2 TOMA DE MUESTRA DE SUELO Y SUTRATO UTILIZADOS PARA LA SIEMBRA .....	26
5.3 TRATAMIENTOS .....	26
<u>5.4 Material vegetal, desinfeccion y siembra</u> .....	26
5.5 MATERIALES Y EQUIPO .....	28
5.6 VARIABLES EVALUADAS .....	28
5.6.1 Altura de planta.....	28
5.6.2 Área foliar.....	29
5.6.3 Número de hojas. .. ....	30
5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LA VARIANZA .....	31
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	32
6.1 ANÁLISIS QUIMICO.....	32
6.2 ALTURA DE LA PLANTA (cm).....	33
6.3. ÁREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> ).....	35
6.4. NÚMERO DE HOJAS .....	36
<b>7 CONCLUSION</b> .....	39
<b>8 RECOMENDACIONES</b> .....	40
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	41

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Producción de cacao en Colombia.....	14
Figura 2. Zonas productoras de cacao en Colombia.....	15
Figura 3. Tipos de sustrato y suelo utilizados para los tratamientos.....	27
Figura 4. Semillas de cacao patrón IMC67.....	27
Figura 5. Medida de la altura de la planta.....	28
Figura 6. Medida del largo y el ancho de las hojas.....	29
Figura 7. Medida para hallar área para el coeficiente.....	30
Figura 8. Conteo de las hojas.....	30
Figura 9. Comportamiento de la altura en clon de cacao IMC67 comparando tratamientos.....	34
Figura 10. Comportamiento del área foliar en cacao comparando tratamientos...	35
Figura 11. Comportamiento de número de hojas en cacao comparando tratamientos.....	37

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información morfo agronómica de clones internacionales.....	23
Tabla 2. Tratamientos.....	26
Tabla 3. Análisis químico del suelo y sustrato.....	32
Tabla 4. Resultados promedio de altura de planta.....	34
Tabla 5. Resultados promedio del área foliar.....	35
Tabla 6. Resultados promedio del número de hojas.....	37



## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Prueba de contraste para altura de la planta

Anexo B. Análisis químicos del suelo del campus universitario y sustrato de desechos de aserradero.

Anexo C. Prueba de contraste para área foliar

Anexo D. Prueba de contraste para número de hojas

## RESUMEN

En la Universidad del Pacífico se estableció un ensayo en condiciones de vivero con el fin de evaluar el efecto de dos sustratos de propagación sobre el patrón de cacao IMC67 (*Theobroma cacao*). Se utilizó un sustrato obtenido de los desechos de aserradero, otro sustrato compuesto por la mezcla de aserradero, arena y suelo en relación 1:1:1 y fueron comparados con un testigo compuesto por suelo del campus de la Universidad del Pacífico, cada sustrato constituía los tratamientos. Se realizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y un testigo, cada uno con 18 repeticiones para un total de 54 unidades experimentales. Se evaluaron características químicas del sustrato y del suelo y las variables número de hojas, altura, área foliar. El sustrato mezcla (desechos de aserradero + arena + suelo del campus de la universidad) mostro efecto significativo sobre la variable número de hoja del clon de patronaje de cacao IMC67.

**Palabras claves:** Patrón IMC67, cacao, vivero, sustrato, suelos

## ABSTRACT

University of the Pacific in a trial was conducted under greenhouse conditions in order to evaluate the effect of two substrates spread on the pattern IMC67 cocoa (*Theobroma cacao*). a substrate produced from waste sawmill was used, another substrate composed of mixing mill, sand and soil in ratio 1: 1: 1 and were compared with a control consisting of soil campus of the University of the Pacific, each substrate constituted the Treatments. A design was completely random, with three treatments and a witness, each with 18 repetitions for a total of 54 experimental units. chemical characteristics of the substrate and varying soil and leaf number, height, leaf area, and total percentage of dry matter were evaluated. The mixture substrate (sawmill waste + sand + soil campus) showed significant effect on the variable number of leaves and total dry matter cocoa clone IMC67 pattern.

Keywords: Patron IMC67, cocoa, organic fertilizers, soil

## 1. INTRODUCCIÓN

El cacao es una planta autóctona del Nuevo Mundo, actualmente distribuida a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, se desarrolla bien hasta los 20° de latitud en ambos hemisferios, describe la región Amazónica como la zona de distribución primaria del cacao y como zona secundaria de distribución del cacao la ubica en el área del Caribe que comprende los países de México, Centro América y el interior de la costa norte de Sur América (Bartley, 2005).

Alrededor de 40 a 50 millones de personas dependen del cultivo del cacao (*Theobroma cacao L*). Se estima que el 90 - 95% del cacao lo producen pequeños cacaocultores. Para Mesoamérica aproximadamente 80.000 pequeños agricultores con cerca de 100.000 hectáreas están involucrados en la producción del cultivo (Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC2001, Phillips-Mora *et al.* 2006, ICCO 2007, ICCO 2008).

La mayor producción se concentra fuera de América Tropical, básicamente en África Occidental y el sudeste asiático., la producción de cacao para el período 2006/2007 alcanzó 3,4 millones de toneladas siendo África el principal productor con 2,4 millones de toneladas, seguido por Asia y Oceanía con 0,6 millones de toneladas y América con 0,4 millones de toneladas. (ICCO, 2008).

En América los principales países productores como Brasil, República Dominicana y Ecuador tienen rendimientos de 305 Kg/ha, 436 kg/ha y 270 Kg/ha por año respectivamente. Esta situación implica que muchos cacaocultores no obtienen ingresos aceptables. (Ventura *et al.* 2004, Carranza *et al.* 2008, ICCO 2008).

En Colombia se ha reportado una producción 47.000 toneladas en el 2014, aportando el 1,2%, ocupando la décima posición a nivel mundo. (FEDECACAO, 2015).

Entre los cuidados más importantes que se deben considerar en el establecimiento de un vivero de cacao se encuentra el tipo y calidad del sustrato que se va a utilizar, principal factor de éxito o fracaso en la producción de plantas (Palencia, *et al* 2009) y para la propagación e injertación, el patrón de cacao IMC67 es el más recomendado por su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, por su tolerancia a diferentes plagas y enfermedades, por su buen vigor vegetativo (Arguello, 2000).

En Buenaventura D.E, los Consejos Comunitarios han buscado alternativas de otros productos agrícolas como el cacao, el cual es un cultivo que a nivel mundial y nacional ha adquirido gran importancia económica debido a su extensa gama de productos y su gran variabilidad. En el municipio de Buenaventura Valle del Cauca, actualmente se está realizando propagación sexual del patrón de cacao IMC67, utilizando un sustrato de desechos de aserradero, al cual no se le ha realizado un estudio previo que ofrezca información acerca de su influencia en el desarrollo del clon. Es por esto que en esta investigación se planteó evaluar el efecto de dos sustratos de propagación sobre el patrón de cacao IMC67 (*Theobroma cacao*) en condiciones de vivero.

Para desarrollar la investigación se utilizó un sustrato obtenido de los desechos de aserradero, otro sustrato compuesto por la mezcla de aserradero, arena y suelo en relación 1:1:1 y se compararon con un testigo compuesto por suelo del campus de la universidad del pacífico, cada sustrato constituyó los tratamientos. Se realizaron análisis químicos del suelo y sustrato de desecho de aserradero y se evaluaron variables fisiológicas de desarrollo y crecimiento tales como, área foliar, altura de la planta, número de hojas.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Costa Pacífica colombiana especialmente en el Distrito de Buenaventura, no hay sustratos para implementar el material de llenado de bolsas para plantas en vivero, en buenaventura actualmente se está realizando la propagación sexual de cacao, utilizando el patrón IMC67, en un sustrato de desecho de aserradero, al cual no se le ha realizado un estudio previo que ofrezca información acerca de su influencia sobre el desarrollo clon.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Evaluar el efecto de dos sustratos de propagación sobre el patrón de cacao IMC67 (*Theobroma cacao*) en condiciones de vivero en el distrito de Buenaventura Valle del Cauca.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

Realizar análisis químico del suelo y sustrato de desecho de aserradero utilizado para el crecimiento del patrón IMC67 en condiciones de vivero.

Evaluar variables fisiológicas de desarrollo y crecimiento tales como, área foliar, altura de la planta, número de hoja.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 EL CULTIVO DEL CACAO

**4.1.1 Origen.** El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta originaria de América tropical. Los requerimientos agroecológicos, las condiciones más propicias para el cultivo se encuentran confinadas a las áreas de los bosques húmedos tropicales, concentrándose su producción en una banda estrecha no mayor de 20° al norte y al sur de la línea ecuatorial (Lal, *et al.*1992).

### 4.1.2 Taxonomía del cacao

Clase: Equisetopsida C. Agardh  
Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.  
Súper orden: Rosanae Takht.  
Orden: Malvales Juss.  
Familia: Malvaceae Juss.  
Género: *Theobroma* L. (trópicos 2015).

**4.1.3 Descripción botánica.** Según descripción de ANECACAO 2007, describe el cacao como:

Árbol pequeño entre cuatro y ocho metros de altura y bajo sombra de árboles grandes puede alcanzar hasta diez metros de alto. La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 - 2.0 m. de profundidad Las raíces laterales en su mayoría se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol, pudiendo alcanzar los 5 – 6 m de longitud horizontal.

El tallo, en su primera fase de crecimiento, es ortotrópico (vertical) que perdura por 12-15 meses. Luego, este crecimiento se interrumpe para dar lugar a la formación de 4 - 5 ramitas secundarias (“horqueta”), que son de crecimiento plagiotrópico (horizontal). Debajo de la horqueta aparece con frecuencia brotes ortotrópicos (verticales) o “chupones” que darán lugar a una nueva horqueta y este evento, puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas.

Las hojas son enteras, de 15 – 50 cm de longitud y de 5 – 20 cm de ancho, con ápice acuminado o romo; simétricas en el brote ortotrópico y/o asimétricas en las ramas plagiotrópicas. La forma del limbo pueden ser: elíptica, ovada o abobada, con peciolo que presentan dos engrosamientos, denominados “pulvínulos”, uno en la inserción con el tallo, y otro en la inserción con el limbo foliar. En las ramas plagiotrópicas, los dos pulvínulos están casi unidos. Los brotes tiernos



generalmente presentan pigmentación antociánica, con excepción de árboles mutantes, que son completamente despigmentados..

Las flores, son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario), completas (todos sus verticilios florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Estas aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos (“cojines florales”).

Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, que depende de los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa, delgada o intermedia; de surcos superficiales, intermedios o profundos. El epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso.

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2-3cm), cubierta con un mucilago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral y frutal). Grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior de la almendra están los cotiledones que pueden ser de color morado, violeta, rosado, o blanco según el genotipo.

Además el fruto contiene entre treinta y cuarenta semillas de color marrón-rojizo en el exterior y están cubiertas de una pulpa blanca dulce y comestible, el embrión está formado por dos grandes cotiledones y las sustancias que se encuentran en éstos constituyen el producto comercial y en los tejidos de parénquima de los cotiledones se encuentran los principios estimulantes -la teobromina y la cafeína- en porcentajes de 1 a 0,5% respectivamente (UNCTAD, 2003).

**4.1.4 Hábitat.** Crece en topografía plana u ondulada. Llega a crecer en terrenos que sobrepasan el 50 % de pendiente, en cañadas, a orilla de arroyos. Exige temperaturas medias anuales elevadas con fluctuaciones pequeñas, una gran humedad y una cubierta que le proteja de la insolación directa y de la evaporación. La precipitación debe ser de 1,300 a 2,800 mm por año con una estación seca corta, menor de 2 meses y medio, con temperatura media diaria entre 20 y 30 °C, con una mínima de 16 °C. Para su pleno desarrollo exige suelos profundos (1 m como mínimo), fértiles y bien drenados. Deben evitarse suelos arcillosos, arenosos, mal drenado o muy superficial con presencia de rocas y un nivel freático poco profundo. Suelos: negro rocoso, café-rojizo barroso, aluvial (Lal, *et al.*1992).

La temperatura debe mantenerse entre 21°C y 32 °C, para tener una buena producción de cacao se requiere una precipitación anual entre 1.150 y 2.500 mm.

Además, los vientos no deben ser fuertes ni constantes porque pueden romper ramas y dañar la planta (Lal, *et al.*1992)

## 4.2 PRODUCCIÓN DEL CACAO

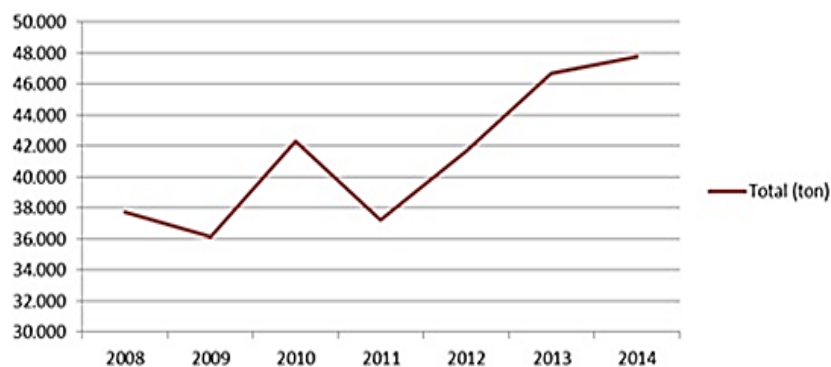
**4.2.1 Producción del cacao en el mundo.** Se observa una producción con volúmenes que van desde 3, 169,000 toneladas métricas en la cosecha 2002-2003 a 3, 400,000 toneladas en el período 2006-2007. En el último período 2006-2007 la producción se desplomó en un 9% con relación a la cosecha del año anterior 2005-2006, con valores de 3, 724,000 a 3, 400,000 toneladas.

El principal factor determinante de la caída de la producción mundial fue la ocurrencia de condiciones climáticas desfavorables en las principales áreas de producción. El oeste de África, la principal región productora de cacao en el mundo, fue afectado por fuertes vientos secos Harmattan con temperaturas calientes, seguido por una severa sequía la cual se produjo desde final de noviembre del año 2006 hasta fin de marzo de 2007.

Esto tuvo un impacto negativo en la producción. En Asia y América del Sur, condiciones de clima relacionadas con el fenómeno del niño ocurrieron desde septiembre del 2006 hasta el inicio del año 2007, afectando sensiblemente la producción. Para el año cacaotero octubre 2007 a septiembre 2008, la producción mundial se estima en 3,740, 000 toneladas. (Batista, 2009)

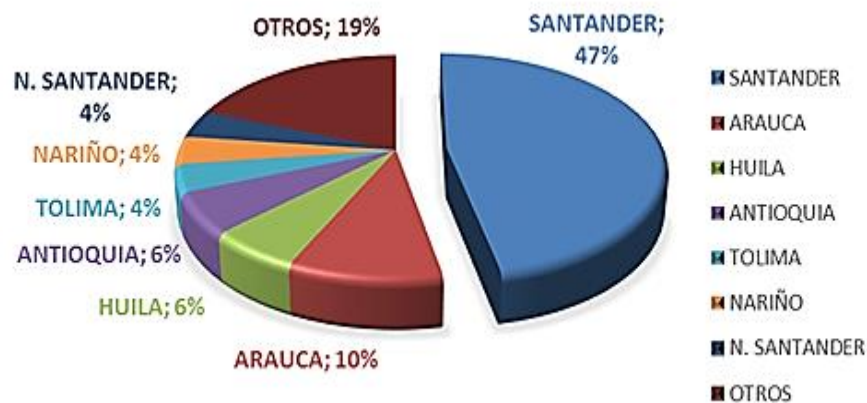
**4.2.2 Producción de cacao en Colombia.** Se estima que América Latina produce el 15% de la producción mundial,. Colombia (Figura 1) con 47.000 toneladas reportadas en 2014 aporta el 1,12% ocupando la décima posición a nivel mundial y el quinto en la región, según un estudio realizado por la casa productora, United Cacao miembro de la Fundación Mundial del Cacao. (FEDECACAO, 2015)

**Figura 1.** Producción de cacao en Colombia



**4.2.3 Zonas productoras de cacao en Colombia.** La Figura 2, muestra que el departamento que tradicionalmente ha concentrado la mayor producción de cacao es Santander con el 47% de participación en el total. Le siguen en importancia con sensiblemente menor participación: Arauca, Norte de Santander, Tolima, Huila, Nariño, Antioquia, Cundinamarca, los cuales en conjunto representan el 45,4% del total. Estos ocho departamentos participan en total, con el 91,6% de la producción, lo cual indica una alta concentración de la producción en ellos (FEDECACAO, 2015).

**Figura 2.** Zonas productoras de cacao en Colombia



### 4.3. CALIDAD DEL CACAO

Durante las últimas décadas en el contexto de la globalización económica surgen una serie de reformas orientadas a una mayor apertura comercial y liberación de la economía, lo cual exige mejorar la competitividad. En este sentido, se puede decir que una de las aristas de la competitividad se vincula con una mejor calidad del producto. (UNCTAD, 2003).

De acuerdo con la UNCTAD (2003), los estándares internacionales para cacao requieren que el grano de calidad negociable sea fermentado, completamente seco, libre de olores extraños y de cualquier evidencia de adulteración, así como razonablemente libre de insectos vivos, de granos partidos, fragmentos y partes de cáscara, así como uniforme en tamaño. La calidad del producto final está estrechamente vinculada con las características de la materia prima utilizada. El término calidad comprende diversos aspectos asociados a criterios objetivos y subjetivos. Algunos aspectos pueden ser mensurables y comparables, como por ejemplo, el tamaño del grano, el contenido de manteca de cacao y la dureza de ésta; en cambio otros aspectos son de difícil medición como el sabor y el aroma. (UNCTAD, 2003).

#### **4. 4. TIPOS DE CACAO**

**4.4.1 Cacao criollo.** Corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas. Este tipo de cacao posee un cotiledón de color entre marfil pardusco y castaño muy claro, con un olor de cacao dulce unido a un aroma delicado característico. Ejemplos de cacao “Criollo” son algunos tipos de cacao cultivados en Venezuela, en el Caribe y Nueva Guinea Papua. (UNCTAD/GATT, 1991).

**4.4.2 Cacao forastero.** Se caracteriza por ser de mayor tolerancia a las enfermedades que el cacao Criollo. Representa aproximadamente un 95% de la producción mundial, proveniente de los países de África Occidental y Brasil. (UNCTAD/GATT, 1991).

**4.4.3 Cacao trinitario.** Es más resistente y productivo que el cacao “Criollo” pero de inferior calidad. Es el resultado del cruce entre el cacao “Forastero” y el “Criollo”. Es producido en Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago, Colombia, Venezuela, américa central. (UNCTAD/GATT, 1991).

#### **4.5 CLASIFICACIÓN COMERCIAL DEL CACAO**

Desde el punto de vista comercial e industrial, en el mercado mundial generalmente se clasifican los granos de cacao en dos categorías (Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT, 1991):

**4.5.1 Cacao ordinario.** Granos producidos por los cacaos tipo “Forastero”; éstos son utilizados en la fabricación de manteca de cacao y de productos que tengan una elevada proporción de chocolate.

**4.5.2 Cacao fino o de aroma.** En términos generales, los granos de cacaos “Criollos” y “Trinitarios” corresponden a lo que en el mercado mundial se conoce como cacao fino o de aroma. Éste es utilizado usualmente en mezclas con granos ordinarios o “Forastero” para producir sabores específicos en los productos terminados. Los granos correspondientes a esta categoría dan características específicas de aroma o color en chocolates finos de revestimientos o capas de cobertura.

También se usan aunque cada vez menos para producir cacao en polvo que se emplea como aroma en algunas recetas y en la preparación de algunos alimentos

y bebidas. La oferta mundial de cacao fino o de aroma es relativamente reducida y representa aproximadamente el 5% del cacao producido en el mundo.

#### **4.6 AGRONOMÍA DEL CULTIVO**

La planta de cacao inicia su producción aproximadamente a partir del tercero al quinto año de sembrado dependiendo de la variedad, alcanzando el máximo rendimiento entre el octavo y el décimo año. El cacaotero es productivo hasta los cuarenta y cinco años de edad, si se realiza un manejo agronómico adecuado. Generalmente se llevan a cabo dos cosechas en un año: la cosecha principal y la cosecha intermedia, siendo esta última menor que la cosecha principal, el tamaño relativo varía de acuerdo con el país (UNCTAD, 2003).

Se requiere de cinco a seis meses entre la fertilización y la cosecha; esta última dura alrededor de cinco meses. Y consiste en cortar los frutos maduros de los árboles, abrir las “mazorcas” y extraer las semillas de los frutos (UNCTAD, 2003). El cacao es un cultivo exigente en mano de obra, especialmente en las épocas de cosecha y el procesamiento poscosecha (fermentación y secado).

#### **4.7. VIVEROS**

Son instalaciones relativamente pequeñas, cuyo objetivo específico es la producción de plántulas en óptimas condiciones de sanidad para asegurar futuras plantaciones productivas y de alto rendimiento. Los viveros pueden ser transitorios o temporales y fijos o permanentes; según su intencionalidad se clasifican en:

Viveros forestales: Producción de plántulas para forestación

Viveros ornamentales: Producción de plántulas para jardinería

Viveros de investigación: Adaptación de especies y enseñanzas

Viveros frutales. (Manrique, et al, 1998)

**4.7.1 Mantenimiento de viveros.** Los principales cuidados que se requieren para mantener los viveros adecuadamente son los siguientes:

El regado diario de los plantones en horas de la mañana en temporada de sequía, es una labor que el agricultor no debe descuidar por ningún motivo. El agua tiene que bañar bien las hojas y la tierra contenida en la bolsa

- Eliminar en forma manual las malezas que se van desarrollando, para evitar competencia por nutrientes con la planta.

- Es necesario separar a otro lugar las plantas que hayan muerto, las muy débiles, las mal formadas y las raquílicas. Cuando los plantones tengan entre 60 a 70 días de edad, estas serán llevados a campo definitivo. (Manrique, et al, 1998)

## 4.8. SUSTRATOS

Se entiende por sustrato al material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical, que desempeña así un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Noguera *et al*, 1997).

**4.8.1 Importancia de los sustratos orgánicos.** Los sustratos orgánicos solos o en mezclas mejoran las condiciones de crecimiento de las plantas desde el punto de vista físico, químico y biológico.

Un buen sustrato es fundamental para una buena cosecha: es el abono base para todo el ciclo de vida de la planta y proporciona los minerales necesarios para un crecimiento sano y una floración abundante. (Noguera *et al*, 1997).

**4.8.2 Tipos de sustratos.** Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc. (Canovas *et al*, 1993)

Según sus propiedades:

**Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc. (Canovas *et al*, 1993)

**Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc. (Canovas *et al*, 1993)

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización. Almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal. (Canovas *et al*, 1993).

**Características de los sustratos para la producción de clones en cacao.** Según Palencia, *et al* (2009), menciona que entre los cuidados más importantes que se deben considerar en el establecimiento de un vivero de cacao se encuentra

el tipo y calidad del sustrato que se va a utilizar, principal factor de éxito o fracaso en la producción de plantas. El sustrato es la mezcla de suelo, arena y materia orgánica que se utiliza para llenar las bolsas y en donde se siembra la semilla para patrón de cacao. Es, a la vez, el soporte físico de la planta y protege a las raíces durante los primeros meses de desarrollo y durante el transporte hasta la siembra.

Una primera recomendación es el análisis físico-químico de laboratorio de los componentes del sustrato, con el fin de conocer las cantidades aplicadas de cada uno de los elementos importantes y, al mismo tiempo, poder ajustar la nutrición adecuada.

Un buen sustrato combina buena aireación con alta capacidad de retención de agua, buen drenaje, buen contenido de nutrimentos, libre de agentes patógenos y fácil manejo. El pH del sustrato controla la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes, para cacao, el rango óptimo se encuentra entre 5.5 a 6.5. Un buen sustrato es aquel cuya composición está formada por 50% de buen suelo, 25% de materia orgánica, preferiblemente lombricompost y 25% de arena. El sustrato debe tener características particulares como:

**Mullido y permeable:** Evita el encharcamiento y permite que las raíces respiren y puedan desarrollarse.

**Capaz de retener agua:** Evita que sustrato se seque rápido y haya disponibilidad de agua para las raíces.

**Estructura estable:** Garantiza una distribución uniforme de los nutrientes necesarios para el desarrollo normal de la planta y hace que no se descomponga, no se apelmace ni se deforme.

**Capaz de acumular nutrientes:** Debe permitir que las raíces encuentren disponible los nutrientes en todo momento.

**Libre de microorganismos patógenos y semillas de maleza:** Evita que se afecten o compitan con la planta

**pH estable:** Debe ser ligeramente ácido. Un sustrato muy ácido retiene los nutrientes y uno muy alcalino asimila mal el hierro, el cual es fundamental para la fotosíntesis (Palencia *et al*, 2009).

**4.8.3 Proporciones del sustrato.** El sustrato que se utiliza debe llevar la siguiente proporción: de tres a cuatro partes de tierra (de preferencia oscura suelta), y una parte de materia orgánica (humus - bocashi - compost - tamo carbonizado, etc.), si la tierra que se encuentre en la zona es de menor calidad se debe aumentar la proporción del material orgánico. (MCCH, 2009).

Según Islas y Andrade (2009), la preparación del suelo debe consistir en la mezcla de una relación 3:1, es decir tres proporciones de suelo agrícola (de 0 a 10 cm de la superficie) se debe agregar una porción de arena. INIA (2009), manifiesta que el sustrato para el llenado de fundas debe estar compuesto por tres partes de tierra y una de materia orgánica (tamo o pulpa de café descompuesto).

#### **4.9 SUELOS USADOS PARA SIEMBRA DE CACAO**

A través de un examen especializado en laboratorio es posible conocer las características químicas del suelo en relación con los contenidos de nutrientes que necesita la planta para su crecimiento y producción. Los más importantes son: fósforo (P), potasio (K), nitrógeno (N), magnesio (Mg), calcio (Ca) y azufre (S). Este análisis incluye la acidez del suelo (pH), el cual debe estar entre 5.5 y 7.5, siendo el óptimo 6.5. Debe suplir y retener el agua en cantidades adecuadas para la planta, permitir un buen desarrollo de raíces, que no sea tan duro como la arcilla ni tan suave como la arena, Tener los nutrientes suficientes para el desarrollo de la planta en cantidades adecuadas, Facilitar el crecimiento de diversos microorganismos que ayudan a la planta de cacao a absorber los alimentos que necesita (Alvin,1987).

Para la preparación de mezclas con suelo para trabajar cacao en vivero se recomienda utilizar suelos franco arenoso o franco. Los francos tienen las características físicas deseables de las arcillas y las arenas sin mostrar las propiedades indeseables de soltura extrema, baja fertilidad y baja retención de humedad por un lado, puesto que los problemas que envuelven el drenaje y la aireación son acentuados cuando el suelo es colocado en un recipiente los franco arenosos son preferidos a los franco limosos o arcillas (OIRSA 2002).

Los suelos arenosos generalmente están bien drenados y la aireación no es problema cuando son utilizados para cultivos en recipientes. Los nutrientes para las plantas y en particular los elementos traza, son relativamente bajos., la humedad y la retención de nutrientes en estos suelos pueden ser mejorados por la adición de materia orgánica (OIRSA 2002).



## 4.10 PROPAGACIÓN DE CACAO

**4.10.1 Propagación sexual.** Se utiliza semilla botánica para la propagación, es necesario conocer el biotipo y las principales características de las plantas productoras de semillas para que reciban un adecuado tratamiento con la finalidad que estas puedan crecer bien conformadas, uniformes y con alta producción (INIA 2009).

**4.10.2 Obtención de semillas y siembra.** En la plantación de cacao por ser un cultivo perenne con una vida útil de producción promedio de 20 años, es muy importante el cuidado selectivo del proceso para obtener las semillas que producirán los patrones. Se eligen las mazorcas maduras y bien constituidas, ubicadas en el tercio superior del tronco donde se encuentran las semillas más grandes para que el patrón crezca vigoroso y sea pronto injertado.

Después de extraídas las semillas de las mazorcas y eliminado el mucílago a través de la frotación con ceniza, aserrín, arena fina, cal apagada o costales de yute, se dispone a orearlas bajo sombra durante 8 horas. Transcurrido este tiempo se las desinfecta con ceniza o cal apagada estando ya aptas para ser sembradas. Para la siembra se coloca una semilla por bolsa en posición horizontal a una profundidad aproximada de 2.5 centímetros y se la cubre con el sustrato.

Las semillas inducidas al germinador son enterradas en terreno húmedo, de preferencia bajo sombra, durante cinco días al final de los cuales dejan ver su raíz. Para sembrarlas se las introduce verticalmente con la raíz abajo en un hoyo pequeño practicado en el sustrato de la bolsa.

**4.10.3 Propagación asexual o vegetativa.** Este tipo de propagación se realiza utilizando partes vegetativas de la planta seleccionada. No implica un cambio en la constitución genética de la nueva planta ya que todas las características de la planta madre se presentan en la nueva planta, la propagación asexual se puede realizar por medio de estacas o ramillas (INIA 2009). En este tipo de propagación se utiliza el método de propagación por injertos.

La injertación consiste en utilizar dos partes de la planta, independientes y de composición genética diferente entre sí, las cuales llegan a formar una sola planta,

un solo individuo. El injerto es tomado de una planta seleccionada por sus características favorables este debe poseer al menos una yema la cual se va transformar en la copa del nuevo árbol, por lo que será la encargada de formar las ramas, las hojas, las flores y los frutos.

El injerto o vareta debe provenir de una planta seleccionada teniendo en cuenta su buena adaptación al medio donde se va sembrar, la producción del árbol, el tamaño y calidad de los granos, su forma de reproducción y, en especial, su tolerancia a las enfermedades. (Arguello, 2000).

En el CATIE se han estudiado y seleccionado una serie de plantas (clones, plantas madres de donde se van a obtener varetas o injertos con yemas) que están siendo utilizadas con éxito en varios países, como Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú. Así, por ejemplo, en Colombia se recomienda a los agricultores sembrar combinaciones de los clones ICS-1 (Imperial College Selection), ICS-39, ICS-40, ICS-60, ICS-95, TSH-565 (Trinidad Selection Hybrida), TSH- 792, RSH-812, CAP-34 (Centro Agrícola de Pichilingue Ecuador), IMC-67 (Iquitos Marañoñ Colection), CCN- 51, UF-613 (United Fruit), EET-8, EET-62, F-302, F-303, SCC-59 y SCC-61.

La mayoría de estos clones se encuentran sembrados en el Banco de Germoplasma de cacao del CATIE. Otra forma de obtener injertos o varetas con yemas de árboles sobresalientes es realizando trabajos de identificación de árboles con características deseables, partiendo de las plantaciones híbridas que se tienen sembradas en un país dado, o de cacaos criollos o cacaos regionales identificados por su buena calidad. La selección de estos árboles debe ser conducida cuidadosamente para asegurar la multiplicación de plantas de cacao de buena producción, compatibilidad genética adecuada, alta calidad y tolerancia a las enfermedades locales. En la finca FINMAC, situada en Limón, Costa Rica, partieron de una población seleccionada de más de 40 árboles, hasta llegar a solo 4 o 5, que son los que siembran actualmente con excelente resultado. (Arguello, 2000).

El patrón (porta injerto), constituye la base o el soporte de la planta, por lo que conforma el sistema radicular, indispensable para el estado nutricional de la planta (Echeverría, 2006). Este debe ser seleccionado por su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, tolerancia a diferentes plagas y enfermedades radicales (*Ceratocystis* y *Phytophthora*), y por su buen vigor vegetativo. Palencia y Mejía (2000) recomiendan que las semillas provengan de los clones IMC-67, PA-121, PA-46, PA-150, Piune 7, Pound 12, EET 399, EET-400 y SPA-9, por su

tolerancia a los hongos de la raíz. La semilla del patrón se debe obtener de una plantación sembrada para este fin.

En muchos países se han distribuido numerosos clones seleccionados por su productividad, resistencia y/o tolerancia a las enfermedades o bien por su calidad organoléptica. En nuestro país se ha observado en pequeñas áreas y en contadas oportunidades, la presencia de clones ICS (ICS -1, ICS – 6 e ICS – 95), UF (UF – 613), Forasteros – AA (IMC - 67), y el clon TSH – 565, como complementos (en muy baja proporción), en las plantaciones clónales que usan el clon CCN-51 y algunas selecciones del agricultor. En la tabla 1, se presenta una breve información morfo-agronómica e industrial para identificar o verificar la identidad genética de los clones internacionales (CORPAICA, 2001).

**Tabla 1.** Información morfo agronómica de clones internacionales

<b>Características agroindustriales de los clones</b>				
<b>CLONES</b>	<b>ICS 95</b>	<b>IMC 67</b>	<b>TSH 565</b>	<b>CCN51</b>
Origen	Trinidad	Perú	Trinidad	Ecuatoriano
Arquitectura	Erecta	Erecta	Erecta	Erecta
Vigor	Vigorosa	Vigorosa	Vigorosa	Vigorosa
Compactibilidad	Auto compatible	Autocompatible	Autocompatible	Autocompatible
Forma de la mazorca	Amelonada	Amelonada	Angoleta	Elíptica
Color de la mazorca	Rojo	Verde	Rojo	Rojo
Color de la semilla	Violeta	Púrpura	Púrpura	Púrpura
Forma de la semilla	Cilíndrica	Ovoide	Cilíndrica	Cilíndrica
Número de almendra/mazorca	41	42	39	48

Numero de mazorca / kilo de cacao seco	18	21	24	24
Peso de almendras	1,4 gramos	1,2 gramos	1,1 gramos	1,4 gramos
Números de mazorcas/arboles/años	60	57	55	
Rendimiento kg/árbol/año	3.2	2.6	2.5	
Altitud recomendada	De 100 a 1200 m.s.n.m	De 100 a 1200 m.s.n.m	Por encima de 800 m.s.n.m	
Reacción enfermedades				
Monilia	Tolerante	Tolerante	Susceptible	Tolerante
Escoba de bruja	Tolerante	Susceptible	Tolerante	Tolerante
Phytophthora	Susceptible	Tolerante	Susceptible	Susceptible
Rosellinia	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Caratosystis	Susceptible	Tolerante	Tolerante	Tolerante

Fuente: CORPOICA, 2001.

#### **4.11. IMPORTANCIA DEL ÁREA FOLIAR Y EL NÚMERO DE HOJAS EN EL CULTIVO**

El resultado del análisis de diferentes partes de la planta varía considerablemente. Generalmente la hoja es el órgano más útil para diagnóstico por su marcada variación en composición con diferentes niveles de fertilidad. La lámina foliar

presenta casi siempre más altos contenidos de nutrientes que otros órganos de la planta. (Mejía, 2005).

Según Barradas *et al.*, 1999; Dapaah *et al.*, 2000; Gomes *et al.*, 2000; Jesús *et al.*, 2001; Lieth y Reynolds, 1984; Tsubo y Walker, 2002). Además, en los modelos mecanicistas de cultivos, el ÁF es una variable de importancia principal para el modelaje de los mecanismos de intercambio de agua y energía que ayuda a comprender las interacciones cultivo-ambiente) En los estudios clásicos de análisis de crecimiento, el ÁF, junto con variables de peso seco de biomasa, número de nudos y ramas, y altura de tallos, puede ser utilizada para describir un resumen de los procesos fisiológicos principales del cultivo y para calcular otros índices derivados como ÍÁF, intensidad de crecimiento relativo (ICR) y área foliar específica (ÁFE), entre otros.

Las mediciones del área foliar (AF) son parte fundamental de la investigación en fisiología vegetal, en la agricultura y en la dendrología (Broadhead *et al.* 2003)El área foliar está asociada con la mayoría de procesos agronómicos, biológicos, ambientales y fisiológicos, que incluyen el análisis de crecimiento, la fotosíntesis, la transpiración, la interceptación de luz, la asignación de biomasa y el balance de energía (Kucharik *et al.* 1998). Los fisiólogos vegetales, los biólogos y los agrónomos demostraron la importancia del área foliar en la estimación de crecimiento vegetal, en la determinación de etapas fenológicas, en la estimación del potencial de rendimiento biológico y agronómico, en el cálculo del uso eficiente de la radiación solar, como también en el cálculo del uso eficiente del agua y de la nutrición mineral (Sonnentag *et al.* 2008).

Las hojas son los órganos principales de las plantas, ya que sintetizan el alimento de los vegetales. Las hojas pueden ser encontradas en una gran variedad de formas, colores y tamaños, lo que hace distintiva una planta de otra, cada una con características propias. Las hojas nacen del tallo y es una de las partes más importantes de las plantas ya que en la hoja se encuentra la clorofila.

La clorofila es el pigmento verde responsable de la fotosíntesis, proceso en el cual la planta absorbe la energía de la luz solar y la usa para convertir el dióxido de carbono en oxígeno, las hojas son el pulmón de la planta (Tekalign, *et al.* 2005a).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se llevó a cabo bajo condiciones de vivero, ubicado en el Campus de la Universidad del Pacífico que se encuentra ubicada a 3 Km vía al aeropuerto Gerardo Tovar López, a una altura de 20 msnm; la posición geográfica es 3° 50' N y, 76° 59' O, clima cálido, valores de temperatura media anual de 28°C, precipitación promedio anual de 6.500 mm y humedad relativa media anual de 80%, brillo solar de 3 h/día. (Eslava, 1994).

### 5.2 TOMA DE MUESTRA DE SUELO Y SUSTRATO UTILIZADOS PARA LA SIEMBRA

Para la toma de muestra de suelo se utilizó la metodología propuesta por CORPOICA 2015, que consistió en recorrer lotes al azar dentro del campus Universitario y tomar submuestras por lote realizando un recorrido en zigzag, posteriormente se mezclaron para formar una muestra completa, de allí se tomó 1 kilogramo, se secaron al aire durante 5 días para finalmente empacarlas y enviarlas al laboratorio especializado de suelo de CORPOICA para su análisis químico.

La toma de muestra del sustrato de aserradero se realizó con la misma metodología utilizada para el suelo y descrita arriba, para su análisis químico.

### 5.3 TRATAMIENTOS

En la Tabla 2, se muestran muestra los tratamientos realizados para evaluar el patrón IMC67

**Tabla 2.** Tratamientos

TRATAMIENTOS	PATRON	SUSTRATOS	PORCENTAJES /PROPORCION
Tratamiento 1 (T1)	IMC67	Sustrato de desecho de aserradero	100%
Tratamiento 2 (T2)	IMC67	Sustrato de aserradero +arena+ suelo del campus	1:1:1
Testigo T3	IMC67	suelo del campus de la universidad	100%

En la figura 3, se muestran el suelo del campus de la universidad, sustrato de desecho de aserradero y la arena utilizadas para los tratamientos.

**Figura 3.** Tipos de sustratos y suelo utilizado para los tratamientos



#### **5.4 MATERIAL VEGETAL, DESINFECCIÓN Y SIEMBRA**

Se utilizó semillas del patrón IMC67, provenientes del departamento de Santander municipio de Rio Negro de la finca Villa Juliana las cuales vienen certificadas por el ICA, a estas semillas se les realizó una desinfección con oxiclóruo de cobre.

La Figura 4, corresponde a las semillas de clon de patronaje IMC67 de cacao (*Theobroma cacao*), las cuales fueron utilizadas durante el ensayo experimental, y que fue sembrada directamente en bolsas con capacidad de 2 kg, con dimensiones de 28 cm de alto x 17 cm de ancho 2 cm de fuelle. Posteriormente fueron ubicadas en el vivero que previamente se había adecuado y limpiado.

**Figura 4.** Semillas de cacao patrón IMC67



## 5.5 MATERIALES Y EQUIPO

Se utilizaron materiales como bolsas plásticas, marcadores, bugí, pala, regla de madera, cinta métrica, palitos baja lengua, tijeras, lapicero, agenda de apuntes, calculadora, papel cartón, además cámara fotográfica, computadora, balanza, horno de secado.

## 5.6 VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Altura de la planta
- Área foliar
- Número de hojas

Estas fueron evaluadas a los 15, 45, 75 hasta los 105 días después de la siembra (DDS), tiempo en el cual están listas para el trasplante a campo.

**5.6.1 Altura de planta.** Esta medida se realizó teniendo en cuenta la metodología planteada por Maza en el 2014, con algunas modificaciones, (Figura 5) se tomó la longitud desde la base del tallo hasta base de la hoja apical con una cinta métrica.

**Figura 5.** Toma de la altura de la planta





**5.6.2 Área foliar.** Esta variable se determinó dibujando la hoja (Figura 6), siguiendo la metodología propuesta por Martínez, 2015, la cual se midió en la zona más ancha de la hoja, la longitud fue medida de la base al ápice de la hoja y en la zona central de ésta, posteriormente se calcula el producto del largo (L) por el ancho (B) en cada hoja, a partir de esto se calcula el coeficiente (b) que relaciona el área de la hoja medida directamente con el producto (LxB). El área de la hoja se calculó utilizando la ecuación:

$$A= b \times L \times B$$

Donde b es coeficiente el cuál fue hallado con la fórmula:

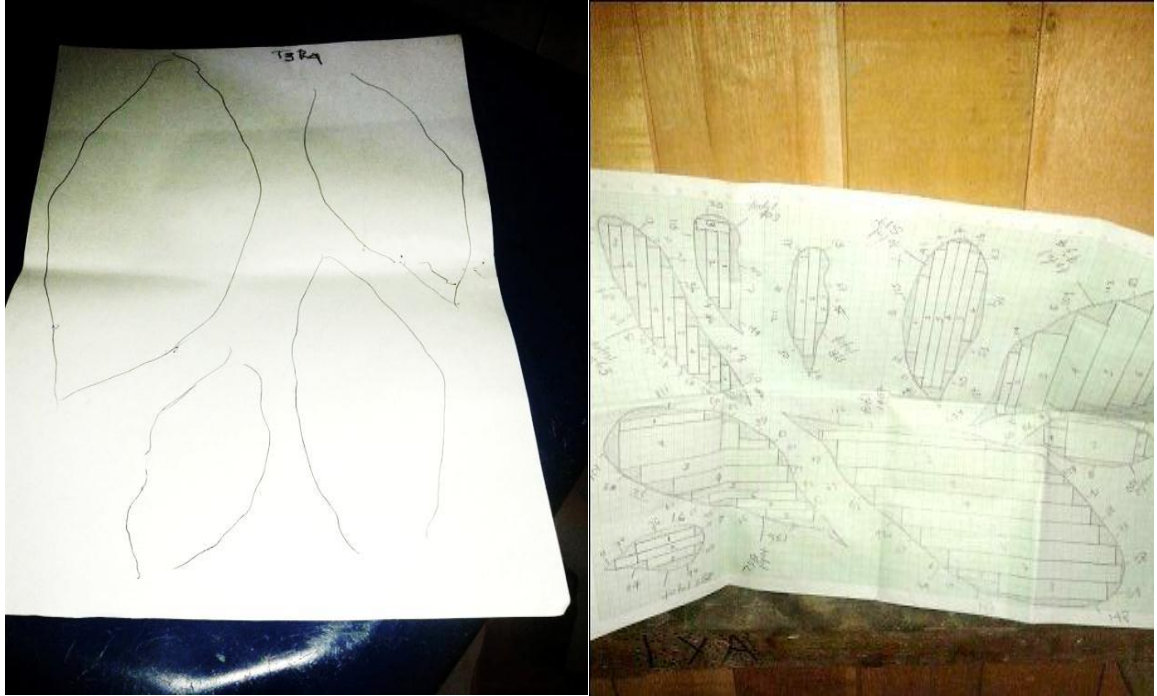
$$\text{Coeficiente} := \frac{\sum A}{\sum LxB}$$

**Figura 6.** Dibujo de las hojas



El área para el coeficiente (Figura 7), se halló dibujando en papel milimetrado la silueta de las hojas y se enumeraron para la identificación. Posteriormente se contaron los m<sup>2</sup> que tenían las siluetas de las hojas dibujadas.

**Figura 7.** Cálculo para determinar área para el coeficiente



**5.6.3 Número de hojas.** Se utilizó la metodología propuesta por Maza, 2014. con algunas modificaciones, Se realizó un conteo (Figura 8) del número de hojas total por planta y por tratamiento.

**Figura 8.** Conteo de las hojas.



## **5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LA VARIANZA**

El ensayo se realizó utilizando el diseño completamente al azar, con dos tratamientos, un testigo y 18 repeticiones para un total de 54 plantas.

El Análisis estadístico se realizó con el programa SAS, haciendo prueba de contraste entre tratamientos con una probabilidad de  $P \leq 0.05$ , para las variables altura de plantas, área foliar, número de hojas.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 ANÁLISIS QUÍMICO

En la tabla 3, se observa:

Tabla 3. Resultados de análisis químico de suelo y de sustrato

	pH	C.E ds/m	MO %	P mg/Kg	S mg/Kg	AL+H cmol/Kg	Al cmol/Kg	Ca cmol/Kg	
SUELO	4,92	0,31	2,65	6,00	8,72	0,96	0,71	2,43	
SUSTRATO	5,28	2,66	33,67	10,88	18,69	0,15	0,00	33,02	
	Mg cmol/Kg	K cmol/Kg	Na cmol/Kg	CICE cmol/Kg	Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg	B mg/Kg
SUELO	0,92	0,05	0,53	4,89	254,57	1,83	1,53	1,23	0,11
SUSTRATO	6,11	0,23	0,08	39,59	99,88	12,57	87,51	1,62	0,40

**6.1.1 pH del suelo.** Los resultados del suelo del campus de la universidad y del sustrato de desechos de aserradero, el pH está en el rango menor de 5,5 los cuales se califican como fuerte a extremadamente ácido (ICA, 1992).

**6.1.2 Aluminio intercambiable y porcentaje de saturación de Aluminio.** El suelo del campus universitario presentó valores de 0,96 cmol/Kg para acidez intercambiable, el aluminio intercambiable y el porcentaje de saturación de aluminio se encontraron dentro de los rangos normales con 071 cmol/Kg y 15 % respectivamente. El sustrato de desechos de aserradero presentó valores de 0,15 cmol/Kg para acidez intercambiable, 0,00 cmol/Kg de aluminio intercambiable y 0,00 % del porcentaje de saturación de este.

De acuerdo a lo propuesto por (ICA, 1992), donde señalan los criterios generales para considerar el aluminio como problema en los suelos, y de acuerdo con los análisis químicos, el aluminio presente en el suelo y el sustrato no es una limitante para el crecimiento de las plantas, ya que el aluminio presente en los suelos muestra una alta toxicidad por lo que inhibe el crecimiento de las raíces para absorber los nutrientes especialmente el fósforo.

**6.1.3 Capacidad de intercambio catiónico efectiva.** El suelo del campus universitario presentó una CICE de 4,89 y la del sustrato de desechos de aserradero fue de 39,59 de acuerdo a los valores propuestos por (ICA, 1992), donde se muestra el estimativo conceptual de la CICE en los suelos:

Menor que 10 meq/100g: baja  
10-20 meq/100g: media  
Mayor que 20 meq/100g: alta

Esto indica que el sustrato de desechos de aserradero presenta los valores deseables para el desarrollo de las plantas de cacao que requieren de niveles de nutrientes como calcio, magnesio, y potasio para su desarrollo, según (bertsch, 1986), el contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo, la CICE es un indicador para retener e intercambiar nutrientes en las plantas, un suelo que tiene alto contenido de arcillas puede retener más cationes intercambiables que un suelo con bajo contenido de arcillas. La CIC se incrementa también a medida que la materia orgánica se incrementa.

Se presentan los contenidos de materia orgánica (MO) del suelo del campus de la universidad y del sustrato proveniente de desechos de aserradero los cuales presentaron valores de 2,65 para suelo y 33, 67 para el sustrato, donde el suelo presenta niveles medios con respecto a el sustrato de aserradero. Según Bertsch, 1989. Los suelos con menos de 2% de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5%,

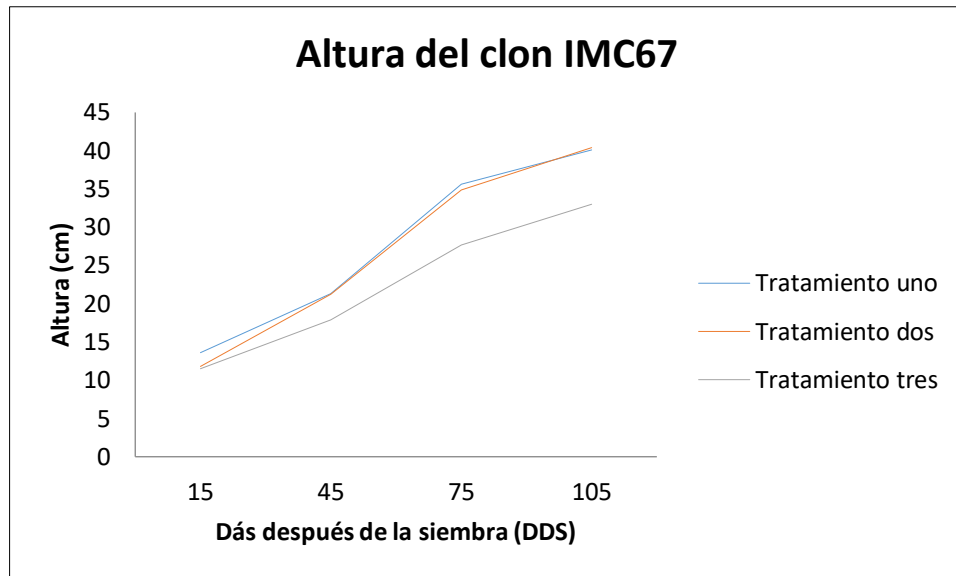
La materia orgánica es el residuo de plantas y animales incorporados al suelo, el contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes, esta mejora muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas. (Kass 1996).

Esto indica que el sustrato por tener alto contenido de materia orgánica A medida que descomponen los residuos y la materia orgánica, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes). Lo cual siempre van a tener más contenidos de los macros y micro nutriente contenidos en el suelo para ser tomados por las plantas para su desarrollo fisiológico.

## **6.2 ALTURA DE LA PLANTA (cm)**

En la figura 9 se observa la tendencia del tratamiento T3 a presentar valores promedios menores que los tratamientos T1 y T2 . En la tabla 4 se registró las medidas de los tratamientos T1, T2, T3, durante 15, 45, 75 y 105 días para altura de planta. Según la prueba de contraste (Anexo A ), la probabilidad fue de 0,5232, 0,4521 y no presentó diferencia significativas.

**Figura 9.** Comportamiento de la altura del clon de cacao IMC67 comparando tratamientos.



**Tabla 4.** Resultados promedio de altura de planta

Tratamientos	Días después de la siembra (DDS)			
	15	45	75	105
	Altura (cm)			
T <sub>1</sub>	13,6	21,3	35,6	40,1
T <sub>2</sub>	11,8	21,2	34,9	40,4
T <sub>3</sub>	11,5	17,9	27,7	33

Sarmiento *et al* en el 2011, Cortés-Patiño *et al*, en el 2015 en estudios realizados con el clon de cacao IMC67 y plantas de cacao sembradas en condiciones de vivero y sustratos compuestos de materia orgánica, presentaron similar comportamiento en cuanto a la altura, con respecto a los días después de la siembra.

La tendencia a presentar menores valores en la altura el tratamiento tres (suelo del campus de la universidad) posiblemente es debida a que presenta un contenido de materia orgánica medio, respecto al sustrato de desecho de aserradero cuyo contenido de materia orgánico es alto y presenta mejores condiciones químicas (Anexo B). Los sustratos con materia orgánica pueden tener

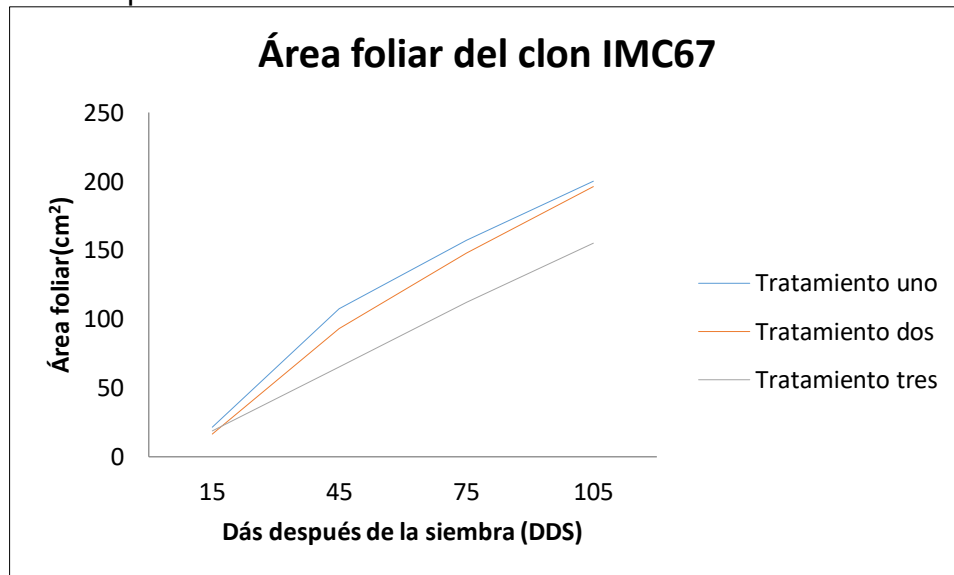
mayor número de microorganismos los cuales son reconocidos por su gran efecto como promotor del desarrollo radical en las plántulas de cacao y por contribuir al incremento y capacidad de absorción de nutrientes (Martínez *et al*, 2011; Techameni, 2011 citado por Cortés-Patiño *et al*, 2015; Lazo *et al*. 1999; Ricaurte 2008).

### 6.3. ÁREA FOLIAR (cm<sup>2</sup>)

En la tabla 5 se registró la medida de los tratamientos T1, T2, T3, durante 15, 45, 75 y 105 días para área foliar, según la prueba de contraste en una probabilidad de 0,2156, 0,2496 no presento diferencias significativas (Anexo C), en la figura 10 la tendencia del tratamiento T3 ( suelo del campus) a presentar valores promedios menores que los tratamientos T1 Y T2 tabla 5.

También se muestra una tendencia del incremento del área foliar ascendente y no muy pronunciado hasta los 45 DDS y posteriormente, el crecimiento fue de tendencia exponencial para todos los sustratos evaluados.

**Figura 10.** Comportamiento del área foliar del clon de cacao IMC67



**Tabla 5.** Resultados promedio del área foliar

Tratamientos	Días después de la siembra (DDS)			
	15	45	75	105
	Área foliar (cm <sup>2</sup> )			
T <sub>1</sub>	21,5	107,4	157,3	200,1
T <sub>2</sub>	16,5	92,9	147,8	196,2
T <sub>3</sub>	18,8	65,1	112,1	155,1

Este comportamiento fue similar al obtenido por Gil y Miranda en el 2007, donde evaluaron cultivos de papaya sembrados en sustratos orgánicos, ellos explican que esta tendencia de crecimiento exponencial es debida a que en los primeros días de crecimiento de las plantas, estas dependen principalmente de las reservas del endospermo y en menor grado de los nutrimentos edáficos (Richards y Rowe, 1977 citados por Gil y Miranda en el 2007).

Es importante el incremento del área foliar durante el desarrollo y crecimiento de una planta, porque se incrementa la respiración de mantenimiento ( $R_m$ ), por lo tanto se necesita que las plantas sean más eficientes en su sistemas fotosintéticos y radical para enviar los foto asimilados y nutrientes hacia los vertederos (Schaffer *et al.*, 1996 citados por Gil y Miranda en el 2007).

El tratamiento tres, posiblemente debido a su estructura impide la penetración de la raíz que limitan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta por la reducción de la tasa de elongación. También se reduce la toma de agua y nutrientes que depende, en gran parte, de la profundidad a la cual ocurre la zona de restricción (Unger y Kaspar, 1994 citados por Gil y Miranda en el 2007). En plántulas de duraznero, la restricción de la raíz redujo área foliar y toma de agua en 30-60% (Richards y Rowe, 1977 citados por Gil y Miranda en el 2007).

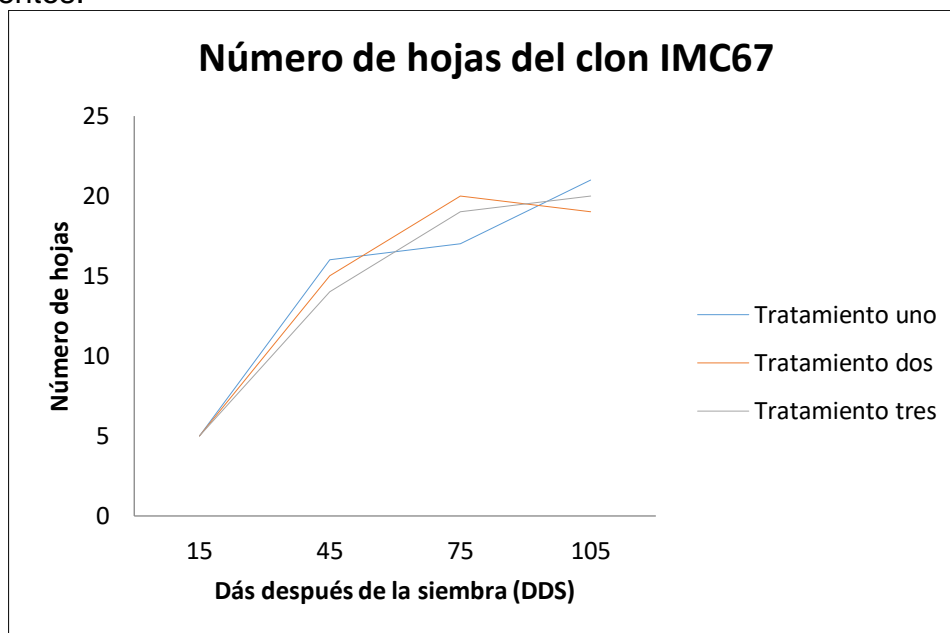
#### **6.4. NÚMERO DE HOJAS**

En la prueba de contraste entre el testigo y el tratamiento uno se obtuvo como resultado una probabilidad de 0.4953 que fue estadísticamente no significativa, es decir que no hubo efecto de los tratamientos sobre el número de hojas y de 0.0356 para el tratamiento dos que fue estadísticamente significativa (Anexo D), es decir que hubo efecto de los tratamientos sobre el número de hojas del patrón de cacao IMC67.

En la (Figura11) y (Tabla 6) la tendencia del tratamiento  $T_1$  a presentar los menores valores promedio respecto a los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$  (testigo). También se muestra una tendencia del incremento del número de hoja hasta los 75 DDS, donde el tratamiento dos presentaba el mejor comportamiento, pero sobre los 105 DDS este tratamiento experimentó un descenso, debido a la defoliación natural.



**Figura 11.** Comportamiento de número de hojas en cacao comparando tratamientos.



**Tabla 6.** Resultados promedio del número de hojas

Tratamientos	Días después de la siembra (DDS)			
	15	45	75	105
T <sub>1</sub>	5	16	17	21
T <sub>2</sub>	5	15	20	19
T <sub>3</sub>	5	14	19	20

Según Rodríguez y Barrigh (1979) señalan que entre mayor cantidad de hojas por planta mayor fotosíntesis por lo tanto mayor rendimiento. Esto indica que la mezcla entre sustrato proveniente de aserradero+ la arena y el suelo mejoran las característica físicas y químicas del suelo para que haya un mejor enraizamiento en la planta y puedan tomar mejor los nutrientes disponibles, ya que el aserrín presenta altos contenidos de macro y micronutrientes, carbono orgánico y un pH neutro, el arena le brinda soporte, y la arcilla le brinda un gran poder de absorción a la planta.

Estos resultados coinciden con los manifestado por Palencia *et al* (2009), quien menciona que la disponibilidad de sustratos con buenos niveles de fertilidad es básica, pues induce un rápido y sólido desarrollo de patrones y clones. Hay que

tomar en consideración que la utilización de sustratos específicos en mezcla y tipo para crecimiento de plántulas de café, logran una mejora visual del cultivo, debido a que ellos tienen en su composición química un adecuado balance nutricional y materia orgánica

## 7. CONCLUSIONES

El patrón IMC67 no muestra el mejor desarrollo cuando se siembra en sustrato de aserradero.

El patrón de cacao IMC67 obtiene un mejor desarrollo cuando se siembra en mezcla.

El número de hojas del clon de cacao IMC67 se favoreció cuando se sembró en la mezcla.

## 8. RECOMENDACIONES

Realizar ensayos con mezclas donde se utilicen otros sustratos como fuente de materia orgánica.

Realizar análisis físicos y biológicos de cada uno de los sustratos y el suelo Para poder complementar este estudio.

Realizar investigaciones previas y básicas de adaptación de cultivos en la zona.

Evaluar otras variables fisiológicas como crecimiento de raíz para que ayuden a corroborar los resultados de este estudio.

La variable número de hojas se debe tomar hasta los 75 días después de la siembra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga, C.W.R. 2004. Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés-CATIE.
- Abad, B. M., Noguera, P., y Carrión, B. C. 2004. Los Sustratos en los cultivos sin suelo. En: M. G. Urrestarazu, (Ed). Tratado de cultivo sin suelo. 2nd ed. Mundi-Prensa. Almería, España. pp. 113-158.
- Alvin, P.T. 1987 Agronomía del cultivo. Relaciones entre factores climáticos y la producción del árbol de cacao. Actas conferencias internacional de investigación en cacao. Santo domingo., Republica dominicana. 10:159-167.
- Arguello, O. 2000. Características morfo agronómicas de clones de cacao. In Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción del Cacao. Colombia, CORPOICA. p. 55-64.
- ANECACAO: Asociación Nacional de Exportadores de Cacao. Ecuador, (2007). (On line). Ecuador (<http://www.anecacao.com.ec>).
- BARRADAS, V., H. JONES and J. CLARK. 1999. Leaf orientation and distribution in a Phaseolus vulgaris L. crop and their relation to light microclimate (en línea). Int. J Biometeorol. 43(2):64-70. Consultado 16 de junio de 2005.
- Bartley, BGD.2005.Yield variation in the early productive years in trials with cacao (*Theobroma cacao* L).Euphytica 19: 199- 206.
- Batista, L., 2009.guia técnica el cultivo de cacao en la republica dominicana. Santo domingo, república Dominicana. CEDAF, 2009.
- Bertsch, F., 1989. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica, San José, universidad de Costa Rica, 86p.
- Brooks, ER. 1950. Vegetative anatomy of Theobroma cacao L. Tesis Mag. Sc. Estados Unidos. Purdue University. 49 p.
- CANOVAS, F.; DÍAZ, J.R. 1993. Cultivos Sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería.
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/GATT. 1991. Cacao fino o de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial. Ginebra: UNCTAD/GATT.

Cerdas, M., Montero, M., Somarribas, Jones. 2014. Verificación del contenido de materia seca indicador de cosecha para aguacate (*Persea Americana*) cultivar Hass en zona intermedia de producción de los santos, Costa Rica. *Agronomía Costaricense* 38(1):207 2014. ISSN:0377-9424/2014. [www.mag.go.cr/rev-agro/index/ htm](http://www.mag.go.cr/rev-agro/index/htm) [www.cid.ver.ac.cr](http://www.cid.ver.ac.cr).

CORPOICA. 2001. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. [On Line]. Colombia. (<http://www.corpoica.com.col>)

CORPOICA.2007. Escalamiento, validación y ajustes de tecnologías para la producción masiva de plantas clonales de cacao. Informe final. CORPOICA- la suiza ministerio de agricultura y desarrollo rural. Rionegro.santander. Colombia. 78p.

Cortez, J. Patiño, R.2015. Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Manual No. 54. Quito, Ecuador, Pp. 360

DAPAAH, H., B. MCKENZIE and G. HILL. 2000. Influence of sowing date and irrigation on the growth and yield of pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in a sub-humid temperate environment. Cambridge University Press. *The Journal of Agricultural Science Cambridge*

Echeverría, J. (2006). Injerto en la producción de cacao orgánico. Hoja técnica número 53.p102.

Eslava, J. 1994. Climatología del Pacífico Colombiano. Academia Colombiana de ciencias, Colección Eratóstenes N° 1. Editorial. Gente Nueva. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá D.C. Colombia, 1994.

Falade, J. A. 1977. Root distribution of cocoa (*Theobroma cacao L.*) as influenced by nitrogen fertilizer. *Turrialba (IICA)* 27(3): 267 – 271.

FEDECACAO. 2015. Dinero/Economía/Dulce futuro para el cacao Colombiano/fedecacao-calculos-dinero. (On line).[www.dinero.com/economía/articulo/ oportunidades-para-producción-cacao-país/209590.6/22/15](http://www.dinero.com/economía/articulo/oportunidades-para-producción-cacao-país/209590.6/22/15), 12: AM.

Gama R., AC da; Cadima Z., A. 1991. Efectos de fertilización sobre sistema radicular de cacao en suelos de "tabuleiros" del sur de Bahía, Brasil. *Turrialba (IICA)* 41(2): 135-141.

Gil, D., María A. Miranda, P. 2007. Preparación y aplicación de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de papaya. – Enero-Diciembre 2007:29:34.

GOMES, A., A. ARAUJO, R. ROSSIELLO e C. PIMENTEL. 2000. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro (en línea). Revista PAB. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Volume 35 Numero 10

ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia técnica no.25

ICCO. 2008. Informe anual 2006/2007 (en línea). Londres, Reino Unido. ICCO. 48p. Consultado 30 Jun. 2008. Disponible en: [http://www.icco.org/pdf/An\\_report/anrep0607spanish.pdf](http://www.icco.org/pdf/An_report/anrep0607spanish.pdf)

INIA. 2006. Instituto nacional de innovación agronómica, Revista informativa (on Line) Perú. ([http://www.inia.gob.pe/eeas/el\\_porvenir](http://www.inia.gob.pe/eeas/el_porvenir)).

INIA. 2009. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Revista informativa (on Line) Perú. ( [http://www.inia.gob.pe/eeas/el\\_porvenir](http://www.inia.gob.pe/eeas/el_porvenir)).

JESÚS, W. de, F. do VALE, R. COELHO and L. COSTA. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean (en línea). Agronomy Journal 93:989-991. Consultado el 21 de febrero de 2005.

Journals Online – CUP Abstract Page. Consultado en Internet 21 de febrero de 2005. 134:33-43.

Kass, D. 1996. Fertilidad de suelos. Editorial EUNED, San José, Costa Rica 272p.

KUCHARIK, CH.J.; NORMAN, J.M.; GOWER, S.T. 1998. Measurements of branch area and adjusting leaf area index to indirect measurements. Agric. Forest Meteorol. 91:69-88.

Kummerow, J.; Kummerow, A.; Alvim, P. 1981. Root biomass in a mature cacao (*Theobroma cacao* L.) plantation. *Theobroma* 11(1): 77-85.

Lal, R. Azizan chulan H.and K.martin. 1992. *Theobroma cacao* L. (1953) publicado en *especies plantarum* 2: 782.1753.

Azote, Aránzazu, H, Nubia G, FM. 1999, Ricaute. 2008., Citado por Cortez- Patiño 2015. Aproximación metodológica al manejo por sitio específico del suelo para la sostenibilidad y competitividad de cultivos perennes en Colombia. Suelos Ecuatoriales. 36(2): 49-56.

León, J. 2000. Botánica de los Cultivos Tropicales. 3 ed. Costa Rica, San José, IICA.678 p.

LIETH, J. and J. REYNOLDS. 1984. A model of canopy irradiance in relation to changing leaf area in a phytotron-grown snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. Int. J. Biometeor. 28(1):61-71.

Manrique, L., López, O., Triana, M. 1998. MINAMBIENTE- OIMT- CEUDES., Florencia, Caquetá.

Maza, J., F. 2014. Efecto de diferentes sustratos sobre la aclimatación del anturio (*Anthurium andreanum*) en vivero-2014. Universidad técnica de machala facultad de ciencias agropecuarias, escuela de ingeniería agronómica.

Martínez -Peragón JL, Techameni P, Rubira. 2011. Efecto de la edad de la planta y el tipo de preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento de "*Quercus faginea*" Lam. Cultivado en contenedor. Cuad Soc Esp Cien For 17:205-209.

MCCH. (Fundación Maquita Cushunchic, Ec). 2009. Plantaciones Orgánicas en Fincas Cacaoteras. (En línea). Ec. Consultado 10 de jun. 2010. Formato (PDF). Disponible: [www.fundmcch.com.ec](http://www.fundmcch.com.ec).

Mejía F Luís Antonio, 2005. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao Aspectos ecofisiológicos relacionados con el cultivo del cacao

Nganga, S. 1982. Physiological basis of potato crop yield: principles. pp. 13 - 16. In: Nganga, S. and F. Shideler (Eds.). Potato Seed Production for Tropical Africa. International Potato Center.

Noguera, F., Aragón. 1997 2004. Cacao Orgánico, Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Manual N° 54. Quito, Ecuador.

OIRSA, 2002. PROYECTO REGIONAL DE FORTALECIMIENTO DE LA VIGILANCIA FITOSANITARIA EN CULTIVOS DE EXPORTACION NO TRADICIONAL-VIFINEX-REPUBLICA DE CHINA-OIRSA-COSTARICA 2002.



Palencia, C., Gildardo, E., Gómez, R. Guiza, O. 2009. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) 1ed. Colombia producción Editorial. P19-25-26.

Palencia, B., Andrade, Mejía, Flores, LA; Arguello Castellanos, O. 2000. Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia.

Phillips, W; Mora, A; Mata, A; Motamayor, J.C. 2006. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. 1 ed. CATIE. Turrialba, Costa Rica.326

Ramos, G.; Ramos 2000. Manual del productor del cacao. Mérida (Venezuela): FUNALAP-FUNDACITE-FONCACAO.

Roa, S., 2006. "Análisis de la estructura de comercio del cacao, subproductos y derivados en el mercado internacional" Bogotá D.C.

Rodríguez, E., Cerdas, Barrigh, 1979. Relaciones entre factores climáticos, sustratos y la Producción del árbol de cacao. Actas Conferencia Internacional de Investigación en Cacao. Santo Domingo, República Dominicana. 10: 159-167.

Sarmiento, C., León, B. Gutiérrez, M. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato.

SONNENTAG, O., TALBOT, J.; CHEN, J.M.; ROULET, N.T. 2008. Using direct and indirect measurements of leaf area index to characterize the shrub canopy in an ombrotrophic peatland. Agric. Forest. Meteorol. 144:200-212

Tekalign, T. and P.S. Hammes. 2005a. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. Scientia Horticulturae 105(1): 13-27.

Tekalign, T. and P.S. Hammes. 2005b. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. Scientia Horticulturae 105 (1): 29-44.

Trópicos (2015).Missouri Botanical Garden. Disponible en <http://www.Tropicos.Org/Name/29600308>. Consultado el 12/12/2015.

TSUBO, M. and S. WALKER. 2002. A model of radiation interception and use by a maize-bean intercrop canopy (en línea). Agricultural and Forest Meteorology. 110(3):203-215. Consultado el 22 de febrero de 2005. Disponible en <http://www.science.direct.com>

TSUJI, G., G. UEHARA and S. Balas. 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 244 p

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD).2003.Informacion de mercado sobre productos básicos. (En: <http://www.unctad.org>.2 de julio de 2003).

UNCTAD/OMC, 2001, (CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL) UNCTAD/OMC2001. Producción mundial de cacao de cacao en grano, por país, por cantidad, y como porcentaje total. [www.intracen.org/...cacao](http://www.intracen.org/...cacao).

UNICTAD, 2003. Producción de cacao mundial, compañía de chocolates, Colombia.

## **ANEXOS**

## Anexo A. Prueba de contraste para altura de la planta

Efecto de sustrato sobre ALTURA DE PLANTA 31  
16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Tests de hipótesis para efectos Between Subjects

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
GROUP	17	3369.607083	198.212181	0.80	0.6848
Error	36	8950.126667	248.614630		

Efecto de sustrato sobre ALTURA DE PLANTA 32  
16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Test de hipótesis univariante para efectos Within Subject

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Adj Pr > F G - G	H - F
group	3	22001.65014	7333.88338	197.54	<.0001	<.0001	<.0001
group*GROUP	51	2004.36569	39.30129	1.06	0.3953	0.4105	0.3953
Error(group)	108	4009.68667	37.12673				

Greenhouse-Geisser Epsilon 0.6500  
Huynh-Feldt Epsilon 1.0113  
Efecto de sustrato sobre ALTURA DE PLANTA 33  
16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Análisis de varianza de las variables de contraste

group\_N representa el contraste entre el nivel n de group y de 3ro

Variable de contraste: group\_1





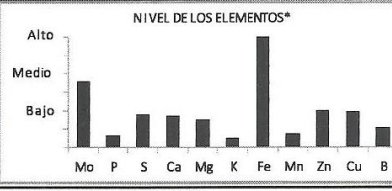
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Mean	1	22484.88167	22484.88167	211.67	<.0001
GROUP	17	1725.32167	101.48951	0.96	0.5232
Error	36	3824.08667	106.22463		

Variable de contraste: group\_2

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Mean	1	8575.560185	8575.560185	124.67	<.0001
GROUP	17	1204.436481	70.849205	1.03	0.4521
Error	36	2476.313333	68.786481		

Anexo B. Análisis químico del suelo del campus universitario y sustrato de desechos de aserradero.

**INFORME N° 1098-S16 (19455) Carlos Julio Medina S. 2016-05-02**

 	<b>VINCULACIÓN DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA</b>		Código: VC F 226	
	Reporte de Resultados Laboratorios de Servicios una Muestra. ONAC		Versión: 0	
<b>LABORATORIO DE QUÍMICA DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS</b>			Fecha de vigencia: (01-02-2016)	
<b>1. Información del cliente</b> Nombre y Apellido: CARLOS JULIO MEDINA S. Cédula o NIT: 16244991 Dirección: CR 79B # 9-55 Dpto: VALLE DEL CAUCA Municipio: BUENAVENTURA Tel. fijo/Celular: 3218550808- 3394879 Tipo de análisis: COMPLETO		# DE SOLICITUD <b>1098</b>	CODIGO DE LABORATORIO <b>S 16-19455</b>	
<b>2. Información de la muestra</b> Identificación: 007729 Matriz: SUELO Vereda: EL TRIUNFO Finca: CAMPUS UNIVERSIDAD DEL PACIFICO Altura: 20 Cultivo: PLANTULAS PARA VIVERO CACAO Estado: POR ESTABLECER		 		
"El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH (método NTC 5264 de 2008"				
Fecha de recepción: 2016-04-18		Jamer Ricardo Jiménez. (7882)		
Fecha(s) de análisis: 2016-04-28		Lider Unidad de Laboratorio de Suelos		
Fecha de reporte: 1900-01-00				
DETERMINACION ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR*	INTERPRETACIÓN*
pH		NTC 5264 de 2008	4,92	FUERTE A EXTREMADAMENTE ACIDO
Conductividad eléctrica	dS/m	NTC 5596	0,31	NO SALINO
Materia orgánica (MO)	%	Walkley & Black	2,65	MEDIO
Fósforo disponible (P) Brády II	mg/kg	NTC 5350	6,00	BAJO
Azufre disponible (S)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	8,72	BAJO
Acidez intercambiable (Al+H)	cmol <sub>c</sub> /kg	KCl	0,96	
Aluminio intercambiable (Al)	cmol <sub>c</sub> /kg	KCl	0,71	NORMAL
Calcio intercambiable (Ca)	cmol <sub>c</sub> /kg	NTC 5349	2,43	BAJO
Magnesio Intercambiable (Mg)	cmol <sub>c</sub> /kg	NTC 5349	0,92	BAJO
Potasio intercambiable (K)	cmol <sub>c</sub> /kg	NTC 5349	0,05	BAJO
Sodio intercambiable (Na)	cmol <sub>c</sub> /kg	NTC 5349	0,53	NORMAL
Capacidad de intercambio cationico (CICE)	cmol <sub>c</sub> /kg	Suma de cationes	4,89	BAJO
Hierro disponible (Fe) Ols en	mg/kg	NTC 5526	254,57	ALTO
Manganeso disponible (Mn) Ols en	mg/kg	NTC 5526	1,83	BAJO
Zinc disponible (Zn) Ols en	mg/kg	NTC 5526	1,53	MEDIO
Cobre disponible (Cu) Ols en	mg/kg	NTC 5526	1,23	MEDIO
Boro disponible (B)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0,11	BAJO
<b>NIVEL DE LOS ELEMENTOS*</b>				
				
OBSERVACIONES: * Interpretación basada en: ICA, 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia N 25. Los resultados son validos unicamente para la muestra en referencia Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma. Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de CORPOICA				
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3 CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATA KILOMETRO 14 VÍA MOSQUERA (CUNDINAMARCA) TELÉFONOS: 4227300, extensión 1414 E-MAIL: ypaezc@corpoca.org.co				

# INFORME N° 212-ST15 (17421-17423) Epifanio Caldas Parra 2015-06-12

	<b>VINCULACIÓN DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA</b>	Código: VC F 115																	
	<b>REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO DE SERVICIOS</b>	Versión: 1																	
<b>LABORATORIO DE QUIMICA DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS</b>		Fecha de vigencia: (18-11-2013)																	
<b>1. información del cliente</b> Nombre y Apellido: EPIFANIO CALDAS PARRA Cédula o NIT: 93373049 Dirección: CRA 3 N 13-46 Dpto: TOLIMA Municipio: IBAGUE Tel. fijo/Celular: 2621815 Tipo de análisis: COMPLETO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"># DE SOLICITUD</td> <td style="text-align: center;">CODIGO DE LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 1.2em;"><b>212</b></td> <td style="text-align: center; font-size: 1.2em;"><b>S15-17423</b></td> </tr> </table>	# DE SOLICITUD	CODIGO DE LABORATORIO	<b>212</b>	<b>S15-17423</b>													
# DE SOLICITUD	CODIGO DE LABORATORIO																		
<b>212</b>	<b>S15-17423</b>																		
<b>2. información de la muestra</b> Identificación: 3 (ESPERANZA) <i>Sustrato Mo de cen</i> Vereda: NO INDICA Finca: NO INDICA Altura: 45 Cultivo: CACAO Estado: POR ESTABLECER Fecha de recepción: 2015-05-25 Fecha(s) de análisis: 2015-06-02 Fecha de reporte: 2015-06-12		<p style="text-align: center;"><b>PROSPERIDAD PARA TODOS</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Jamer Ricardo Jiménez. (7882)</i> Lider Unidad de Laboratorio de Suelos</p>																	
DETERMINACION ANALITICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR*	INTERPRETACIÓN*															
pH		Potenciométrico	5,28	FUERTE A EXTREMADAMENTE ACIDO															
Conductividad eléctrica	dS/m	Conductivimetro suelo:agua 1:5	2,66	MUY LIGERAMENTE SALINO															
Materia orgánica (MO)	%	Walkey & Black	33,67	ALTO															
Fósforo disponible (P) Bray II	mg/kg	Bray II	10,88	BAJO															
Azufre disponible (S)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	18,69	MEDIO															
Acidez intercambiable (Al+H)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	KCl	0,15																
Aluminio intercambiable (Al)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	KCl	0,00																
Calcio intercambiable (Ca)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	33,02	ALTO															
Magnesio Intercambiable (Mg)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	6,11	ALTO															
Potasio intercambiable (K)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	0,23	MEDIO															
Sodio intercambiable (Na)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	0,08	NORMAL															
capacidad de intercambio cationico (CICE)	cmol <sub>(c)</sub> /kg	Suma de cationes	39,59	ALTO															
Hierro disponible (Fe) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	99,88	ALTO															
Manganeso disponible (Mn) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	12,57	ALTO															
Zinc disponible (Zn) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	87,51	ALTO															
Cobre disponible (Cu) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	1,62	MEDIO															
Boro disponible (B)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0,40	MEDIO															
<b>SATURACION DE BASES</b>	Saturacion de Calcio	83% Alto	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption style="text-align: center;">NIVEL DE LOS ELEMENTOS*</caption> <tr> <td style="text-align: center;">Alto</td> <td style="text-align: center;">Medio</td> <td style="text-align: center;">Bajo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mo</td> <td style="text-align: center;">P</td> <td style="text-align: center;">S</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ca</td> <td style="text-align: center;">Mg</td> <td style="text-align: center;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Fe</td> <td style="text-align: center;">Mn</td> <td style="text-align: center;">Zn</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Cu</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> </tr> </table>		Alto	Medio	Bajo	Mo	P	S	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
Alto	Medio	Bajo																	
Mo	P	S																	
Ca	Mg	K																	
Fe	Mn	Zn																	
Cu	B																		
	Saturacion de Magnesio	15% Medio																	
	Saturacion de Potasio	1% Bajo																	
	Saturacion de Sodio	0% Normal																	
	Saturacion de Aluminio	0%																	
<b>RELACIONES IÓNICAS</b>	Relacion Ca/Mg	5,4																	
	Relacion (ca+Mg)/K	167,5																	
	Relacion Mg/K	26,2																	
	Relacion Ca/B	16686																	
OBSERVACIONES: * Interpretación basada en: ICA, 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia N 25. Los resultados son validos unicamente para la muestra en referencia Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma. Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de CORPOICA																			
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3 CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATA KILOMETRO 14 VÍA MOSQUERA (CUNDINAMARCA) TELÉFONOS: 4227300, extensión 1414 E-MAIL: ypaetz@corpoica.org.co																			

## Anexo C. Prueba de contraste para área foliar

Efecto de sustrato sobre AREA FOLIAR

36

16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Tests de hipótesis para efectos Between Subjects

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
group	17	599648.3159	35273.4303	1.43	0.1804
Error	36	889295.0650	24702.6407		

Efecto de sustrato sobre AREA FOLIAR

37

16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Test de hipótesis univariante para efectos Within Subject

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Adj Pr > F G - G	H - F
group	3	811300.5359	270433.5120	65.04	<.0001	<.0001	<.0001
group*group	51	285097.0807	5590.1388	1.34	0.1009	0.1674	0.1187
Error(group)	108	449060.2283	4157.9651				

Greenhouse-Geisser Epsilon 0.5535

Huynh-Feldt Epsilon 0.8509

Efecto de sustrato sobre AREA FOLIAR

38

16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Análisis de varianza de las variables de contraste

group\_N representa el contraste entre el nivel n de group y de 3ro

Variable de contraste: group\_1

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Mean	1	779617.3067	779617.3067	63.57	<.0001
group	17	282771.6000	16633.6235	1.36	0.2156
Error	36	441514.2333	12264.2843		

Variable de contraste: group\_2

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Mean	1	138330.2891	138330.2891	46.75	<.0001
group	17	65192.4743	3834.8514	1.30	0.2496
Error	36	106525.1867	2959.0330		

## Anexo D. Prueba de contraste para número de hojas

Efecto de sustrato sobre numero de hojas

26

16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Tests de hipótesis para efectos Between Subjects

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
GROUP	2	41.120370	20.560185	0.19	0.8252
Error	51	5438.291667	106.633170		

Efecto de sustrato sobre numero de hojas

27

16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Test de hipótesis univariante para efectos Within Subject

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Adj Pr > F G - G	H - F
group	3	7331.421296	2443.807099	102.21	<.0001	<.0001	<.0001
group*GROUP	6	144.731481	24.121914	1.01	0.4217	0.4114	0.4147
Error(group)	153	3658.097222	23.909132				

Greenhouse-Geisser Epsilon

0.7529

Huynh-Feldt Epsilon

0.8204

Efecto de sustrato sobre numero de hojas

28

16:13 Monday, April 23, 2016

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza  
Análisis de varianza de las variables de contraste

group\_N representa el contraste entre el nivel n de group y de 3ro

Variable de contraste: group\_1

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Mean	1	10058.68519	10058.68519	214.86	<.0001
GROUP	2	66.70370	33.35185	0.71	0.4953
Error	51	2387.61111	46.81590		

Variable de contraste: group\_2

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Mean	1	808.907407	808.907407	29.06	<.0001
GROUP	2	198.370370	99.185185	3.56	0.0356
Error	51	1419.722222	27.837691		



# Anexo E. Análisis factorial para materia seca total

Sistema SAS

16:13 Monday, May 4, 2016 22

## Procedimiento GLM

### Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
trat	3	1 2 3
Número de observaciones leídas		54
Número de observaciones usadas		54

## Procedimiento GLM Variable dependiente: ms

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	561652.994	280826.497	5.07	0.0098
Error	51	2825341.935	55398.861		
Total correcto	53	3386994.929			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ms Media
0.165826	72.89861	235.3696	322.8726

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	2	561652.9940	280826.4970	5.07	0.0098

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	2	561652.9940	280826.4970	5.07	0.0098

16:13 Monday, May 4, 2016 24

## Procedimiento GLM

### t Tests (LSD) para ms

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	51
Error de cuadrado medio	55398.86
Valor crítico de t	2.00758
Diferencia menos significativa	157.51

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	Número de observaciones	trat
A	466.70	18	2
B	260.26	18	1
B	241.66	18	3