

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE CLONES  
PRODUCTIVOS DE CACAÓ (*Theobroma cacao* L.)  
ESTABLECIDOS BAJO UN SISTEMA TRADICIONAL  
EN LA BANDA DE SHILCAYO - TARAPOTO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**JESÚS RUIZ RAMÍREZ**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE CLONES  
PRODUCTIVOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)  
ESTABLECIDOS BAJO UN SISTEMA TRADICIONAL EN LA  
BANDA DE SHILCAYO – TARAPOTO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**JESÚS RUIZ RAMÍREZ**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2015**

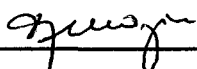
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL  
ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS**

**TESIS**

**EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE CLONES  
PRODUCTIVOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)  
ESTABLECIDOS BAJO UN SISTEMA TRADICIONAL EN LA  
BANDA DE SHILCAYO – TARAPOTO**

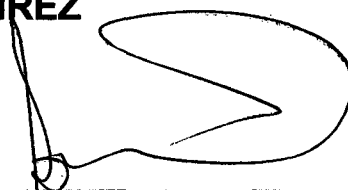
PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**JESÚS RUIZ RAMÍREZ**



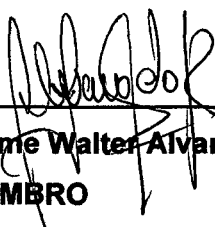
Ing. Dr. Carlos Rengifo Saavedra

**PRESIDENTE**



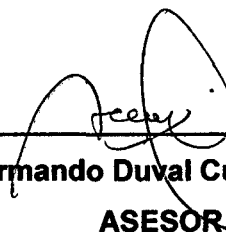
Ing. Segundo Darío Maldonado Vásquez

**SECRETARIO**



Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez

**MIEMBRO**



Ing. M. Sc. Armando Duval Cueva Benavides

**ASESOR**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2015**

## **DEDICATORIA**

Con la sinceridad y el amor desde el fondo de mi ser, a toda mi familia.

A mis padres Naún Ruiz y Teodosia Ramírez; por el enorme esfuerzo y apoyo incondicional que me brindan en cada momento de mi vida y futuro profesional.

A mi hermosa señora Kaisita Diaz y a mi querido hijo Samir Samuel, por sus comprensiones y motivaciones.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Todopoderoso, por proveerme la salud y vida.

Al Dr. Enrique Arévalo Gardini, coordinador general del Instituto de Cultivos Tropicales por la oportunidad brindada para efectuar el presente trabajo de investigación. Al Ing. Juan Arévalo Gardini, coordinador de la estación experimental “Juan Bernito” del Instituto de Cultivos Tropicales, por las facilidades y el apoyo brindado durante la ejecución de esta tesis. Al Ing. Rolando Ramírez y Ángel Tuesta por el asesoramiento y soporte técnico brindado durante el desarrollo del presente trabajo. A mi patrocinador Ing. M. Sc. Armando Cueva por el asesoramiento externo de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Y al personal de campo, practicantes de la UNSM-T y obreros por el apoyo brindado en la ejecución del presente trabajo de investigación en las personas de: Manrique Pinchi, Elgar Mozombite, Cristian Pinchi, Fernando Chung, Luis Saire, Lesly Alarcón, Ytala Ninoska, Roxana, Carlos, Sergio Panduro.

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Características generales del cultivo de cacao	3
3.2 Clones de cacaos usados en plantaciones del Perú	4
3.3 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cacao	6
3.4 Necesidades de nutrientes en los cultivos	9
3.5 Concentración de nutriente y rendimiento	13
3.6 Estudios sobre rendimientos del cultivo de cacao	13
3.7 Estudios sobre determinación de parámetros agronómicos asociados al rendimiento de cacao	15
3.8 Investigaciones sobre materia seca de componentes del cacao	15
3.9 Estudios de concentración de nutrientes en componentes del cacao	17
3.10 Estudios sobre extracción de nutrientes por el cultivo de cacao	22
I.V MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1 Materiales	25
4.1.1 Ubicación del experimento	25
4.1.2 Ubicación geográfica	25
4.1.3 Historia del área experimental	25
4.1.4 Material genético de cacao utilizado en esta investigación	26
4.1.5 Condiciones climáticas del lugar experimental	26
4.1.6 Condiciones edáficas del área experimental	26
4.2 Métodos	27
4.2.1 Diseño experimental	27
4.2.2 Tratamientos en estudio y croquis experimental	27
4.2.3 Características del campo experimental	28
4.2.4 Periodo de ejecución	29
4.2.5 Conducción del experimento	29
4.2.6 Variables morfofisiológicas y reproductivas evaluadas	30
4.2.7 Materia seca por componentes del cacao	33
4.2.8 Concentración de nutrientes en raíz, tallo, hojas, semilla, placenta y cáscara de clones de cacao	40
4.2.9 Extracción de nutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao	41
4.2.10 Programa estadístico utilizado	42

<b>V.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>43</b>
5.1	Variables asociados con el rendimiento	43
5.2	Rendimiento	44
5.3	Materia seca de frutos cherelles	45
5.4	Materia seca de raíz, tallo, hojas, semilla, placenta y cáscara de cacao	46
5.5	Concentración de nutrientes en frutos cherelles	48
5.6	Concentración de nutrientes en raíz, tallo y hojas de clones de cacao	50
5.7	Concentración de nutrientes en semilla, placenta y cáscara del fruto	54
5.8	Extracción total de nutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao	58
5.9	Extracción de nutrientes en 1000 Kg de semilla seca de cacao	62
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>64</b>
6.1	Variables asociados al rendimiento	64
6.2	Rendimiento	65
6.3	Materia seca de frutos cherelles	67
6.4	Materia seca de raíz, tallo, hojas, semilla, placenta y cáscara de cacao	68
6.5	Concentración de nutrientes en frutos cherelles	70
6.6	Concentración de nutrientes en raíz, tallo y hojas de clones de cacao	72
6.7	Concentración de nutrientes en semilla, placenta y cáscara del fruto	82
6.8	Extracción total de nutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao	89
6.9	Extracción de nutrientes en 1000 Kg de semilla seca de cacao	96
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>100</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>101</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 01: Condiciones Climáticas durante el experimento. Enero a Diciembre 2014
- Cuadro 02: Análisis inicial del suelo, caracterización física y química
- Cuadro 03: Análisis final del suelo, caracterización física y química
- Cuadro 04: Tratamientos en estudio y croquis experimental
- Cuadro 05: Variables evaluadas en relación a las características morfofisiológicas y reproductivas de los clones estudiados
- Cuadro 06: ANVA de variables asociados al rendimiento
- Cuadro 07: ANVA para el rendimiento ( $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )
- Cuadro 08: ANVA de materia seca en frutos cherelles del cacao
- Cuadro 09: ANVA de materia seca ( $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) en raíz (R), tallo (T) y hojas (H) del cacao
- Cuadro 10: ANVA de materia seca ( $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) del cacao
- Cuadro 11: ANVA de la concentración ( $\text{g} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg y S en frutos cherelles.
- Cuadro 12: ANVA de la concentración ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ) de Zn, Cu, Mn, Fe y B en frutos cherelles.
- Cuadro 13: ANVA de la concentración ( $\text{g} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ) de N, P y K en raíz (R), tallo (T) y hojas (H)
- Cuadro 14: ANVA de la concentración ( $\text{g} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ) de Ca, Mg y S en raíz (R), tallo (T) y hojas (H).
- Cuadro 15: ANVA de la concentración ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ) de Zn, Cu y Mn en raíz (R), tallo (T) y hojas (H).



Cuadro 16: ANVA de la concentración ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) de Fe y B en raíz (R), tallo (T) y hojas (H)

Cuadro 17: ANVA de la concentración ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) de N, P y K en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C)

Cuadro 18: ANVA de la concentración ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) de Ca, Mg y S en semilla (S), placenta (P) y cascara (C)

Cuadro 19: ANVA de la concentración ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) de Zn, Cu y Mn en semilla (S), placenta (P) y cascara (C)

Cuadro 20: ANVA de la concentración ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) de nutrientes de Fe y B en semilla (S), placenta (P) y cascara (C)

Cuadro 21: ANVA de la extracción ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) de nutrientes de N, P y K en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao

Cuadro 22: ANVA de la extracción ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) de Ca, Mg y S en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao

Cuadro 23: ANVA de la extracción ( $\text{g.ha}^{-1}$ ) de Zn, Cu y Mn en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao

Cuadro 24: ANVA de la extracción ( $\text{g.ha}^{-1}$ ) de Fe y B en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao

Cuadro 25: ANVA de la extracción ( $\text{Kg.1000 Kg de semilla seca}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg y S de clones de cacao

Cuadro 26: ANVA de la extracción ( $\text{g.1000 Kg de semilla seca}^{-1}$ ) de Zn, Cu, Mn, Fe y B de clones de cacao

## **LISTA DE GRÁFICOS**

- Gráfico 01: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de variables asociados al rendimiento**
- Gráfico 02: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico del rendimiento de semilla seca**
- Gráfico 03: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de materia seca de frutos cherelles**
- Gráfico 04: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de materia seca de raíz, tallo y hojas**
- Gráfico 05: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de materia seca de semilla, placenta y cáscara del cacao**
- Gráfico 06: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes en frutos cherelles**
- Gráfico 07: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en frutos cherelles**
- Gráfico 08: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes primarios en raíz, tallo y hojas**
- Gráfico 09: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes secundarios en raíz, tallo y hojas**
- Gráfico 10: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en raíz, tallo y hojas**
- Gráfico 11: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en raíz, tallo y hojas**
- Gráfico 12: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes primarios en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

**Gráfico 13: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes secundarios en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

**.Gráfico 14: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

**.Gráfico 15: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

**Gráfico 16: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de macronutrientes primarios de clones de cacao**

**.Gráfico 17: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de macronutrientes secundarios de clones de cacao**

**Gráfico 18: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de micronutrientes de clones de cacao**

**Gráfico 19: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de micronutrientes de clones de cacao**

**Gráfico 20: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de macronutrientes de clones de cacao**

**Gráfico 21: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de micronutrientes de clones de cacao**

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo que desde hace una década está impulsando el desarrollo económico y social en la región San Martín; por el área cultivada, la calidad del producto, los clones internacionales y regionales que promueven las instituciones y cultivan los agricultores. Actualmente, la superficie sembrada alcanza 51 780 has representando el 38% de la producción nacional (MINAGRI, 2015).

Es importante resaltar y reforzar el conocimiento sobre el manejo del cultivo en una determinada zona, ya que existe heterogeneidad de prácticas agronómicas que adoptan los cacaoteros; sobre todo en el aspecto nutricional, influyendo finalmente en el rendimiento del grano. En tanto, existen evidencias que en el Alto Huallaga (Tocache), agricultores aplicando ciertos parámetros obtienen rendimientos promedios de 2500 Kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en una plantación policlonal, predominado el CCN-51 (INFOREGIÓN, 2010). Sin embargo, se desconoce la capacidad extractiva de nutrientes de estos genotipos en función del tipo de suelo y zona agroecológica donde se cultive que ameritan y validan los requerimientos nutricionales por cada tonelada de producción de semilla seca.

Razón por la cual, en el Instituto de Cultivos Tropicales – Tarapoto, se desarrolló el presente trabajo de investigación con la finalidad de determinar los niveles de extracción de nutrientes en una plantación policlonal, con clones mejorados establecidos bajo el sistema de siembra tradicional.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

**2.1.1** Determinar la extracción de nutrientes y el rendimiento en una plantación policlonal de cacao establecido bajo un sistema tradicional.

### **2.2 Objetivos específicos**

**2.2.1** Determinar la concentración de nutrientes en cada una de las partes vegetativas (raíz, tallo, hojas) y productivas (frutos: semilla, placenta, cáscara y cherelles) de los clones en estudio.

**2.2.2** Determinar la cantidad de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (Zn, Cu, Mn, Fe y B) extraídos por la semilla, placenta y cáscara en los clones de cacao CCN-51, ICS -1 e ICS- 6, durante la etapa productiva.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Características generales del cultivo de cacao

##### 3.1.1 Origen y distribución

Es una planta originaria del bosque húmedo tropical de América del Sur, del área que comprende la Amazonía: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela (Isla, 2009).

##### 3.1.2 Clasificación taxonómica

MINAG (2012), ubica a la planta de cacao en la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Angiosperma
Orden	:	Malvales
Familia	:	Esterculeaceae
Género	:	<i>Theobroma</i>
Especie	:	<i>Cacao</i> L.

### **3.2 Clones de cacao usados en plantaciones del Perú**

Actualmente los clones de cacao representan incremento productivo y calidad (sabor y aroma). La presencia de clones ICS (ICS -1, ICS - 6 e ICS - 95), UF (UF - 613), Forasteros del Alto Amazonas (IMC - 67), y el clon TSH - 565, son clones acompañantes al clon CCN-51, y en muy baja proporción, al interior de las plantaciones clonales algunas selecciones del agricultor. A continuación se presenta una concisa información morfo-agronómica e industrial de los clones que en este trabajo de investigación se estarán abordando y que son descritos por Batista (2009).

#### **3.2.1 Clon ICS – 1:**

1. Grupo genético	:	Trinitario
2. Color del fruto	:	Rojo
3. Forma del ápice del fruto	:	Obtuso
4. Rugosidad del fruto	:	Ligera
5. Profundidad de surcos	:	Intermedia
6. Tamaño del fruto	:	Mediano
7. Tamaño de la semilla	:	Mediana
8. Número de semillas.fruto <sup>-1</sup>	:	31 – 46
9. Peso seco de semilla	:	1.3 g
10. Índice de mazorca	:	23
11. Mazorcas.árbol <sup>-1</sup>	:	40
12. Rendimiento	:	1304 kg.ha <sup>-1</sup> (652 – 1956 kg.ha <sup>-1</sup> )
13. Compatibilidad	:	Autocompatible

- |                   |   |             |
|-------------------|---|-------------|
| 14. Reacción a    | : |             |
| - Escoba de bruja | : | Tolerante   |
| - Moniliasis      | : | Susceptible |
| - Pudrición parda | : | Susceptible |

### 3.2.2 Clon ICS – 6:

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1. Grupo genético                         | : | Trinitario   |
| 2. Color del fruto                        | : | Verde  |
| 4. Forma del ápice del fruto              | : | Apezonado  |
| 5. Rugosidad del fruto                    | : | Ligera   |
| 6. Profundidad de surcos                  | : | Intermedia   |
| 7. Tamaño de la semilla                   | : | Grande   |
| 8. Número de semillas.fruto <sup>-1</sup> | : | 26 – 45  |
| 9. Peso seco de semilla                   | : | 1.6 g  |
| 10. Índice de mazorca                     | : | 16   |
| 11. Mazorcas.Árbol <sup>1</sup>           | : | 36.3   |
| 12. Rendimiento                           | : | 1874.5 kg.ha <sup>-1</sup> (937 – 2812 kg.ha <sup>-1</sup> ) |
| 13. Compatibilidad                        | : | Autocompatible   |
| 14. Reacción a                            | : |  |
| - Escoba de bruja                         | : | Susceptible  |
| - Moniliasis                              | : | Susceptible  |
| - Pudrición parda                         | : | Susceptible  |



### **3.2.3 Clon CCN – 51:**

1. Grupo genético	:	(IMC-67 x ICS-95) x Forastero
2. Color del fruto	:	Rojo
3. Forma del ápice del fruto	:	Ligeramente atenuado
4. Rugosidad del fruto	:	Fuerte
5. Profundidad de surcos	:	Profundo
6. Tamaño de fruto	:	Grande
7. Tamaño de semilla	:	Mediana
8. Número de semillas/fruto	:	35 – 55
9. Peso seco de semilla	:	1.4 g
10. Índice de mazorca	:	16
11. Mazorcas.Árbol <sup>-1</sup>	:	60
12. Rendimiento	:	1874.5 kg.ha <sup>-1</sup> (937 – 2812 kg.ha <sup>-1</sup> )
13. Compatibilidad	:	Autocompatible
14. Reacción a	:	
- Escoba de bruja	:	Moderadamente resistente
- Moniliasis	:	Susceptible
- Pudrición parda	:	Susceptible

### **3.3 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cacao**

#### **3.3.1 Requerimientos edáficos**

En cuanto a requerimientos edáficos para el cacao, Cueva (2014) reporta lo siguiente:

**a. Textura**

Los suelos más apropiados son los francos, francos arcillosos y los suelos ubicados en terrazas aluviales con una textura franca limosa a franco arcillo arenoso, que confiere buen soporte a las plantas del cacao y un adecuado nivel de nutrientes de Mg, Ca y K.

**b. pH del suelo**

Es extremadamente importante para el cacao porque afecta directamente la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas. Los mejores suelos para el cacao están en pH de 6.0 a 6.5 considerando suelos ligeramente ácidos.

**c. Materia orgánica en el suelo**

Es el componente importante como fuente de la energía requerida por la actividad y el metabolismo de los microorganismos del suelo y como sustrato para el suministro de algunos nutrientes esenciales para la planta. Un suelo provisto de buena cantidad de materia orgánica (> de 3%) permite mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo. Además, incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC) que se refleja en una mayor capacidad para retener y aportar nutrientes a las plantas.

### **3.3.2 Requerimientos climáticos**

Respecto a los requerimientos Cueva (2014), indica lo siguiente:

#### **a. Precipitación**

La precipitación óptima para el cacao es de 1600 a 2500 mm distribuidos durante todo el año. Es un factor determinante en los ecosistemas tropicales de la selva alta del Perú en la siembra del cacao bajo condiciones de secano; tanto para bosques secos (Bs-T), bosques húmedos (Bh-T) y muy húmedos (Bmh-T).

#### **b. Temperatura**

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura donde crece el cacao está entre 18 y 32 °C y una temperatura óptima media de 26 °C.

#### **c. Altitud**

El cacao crece mejor en las zonas tropicales, cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al Ecuador, el cultivo se desarrolla normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1000 a 1400 m.s.n.m.m.

#### **d. Humedad Relativa**

La humedad relativa media para la producción de cacao es de 82% dependiendo de la altitud y latitud.

#### **e. Luminosidad**

Es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo óptimo del cacao, especialmente para el proceso de las funciones fisiológicas, básicamente la fotosíntesis. Igualmente interviene en la morfología del follaje, apertura de estomas, procesos que se presentan en función a la baja intensidad y/o a plena exposición solar. En relación a la intensidad de la luz sobre la nutrición y producción del cacao, a mayor intensidad de luz; mayores serán las necesidades de elementos minerales para obtener el rendimiento óptimo cuanto mejor será el rendimiento potencial máximo. A mayor sombraje las disponibilidades en elementos minerales son limitadas y su exceso de sombra puede mermar la tasa de metabolismo y crecimiento de las plantas y reducir la floración y producción.

### **3.4 Necesidades de nutrientes en los cultivos**

Para planificar la fertilización de un cultivo determinado hay que tener en cuenta tanto el estado de fertilidad del suelo como las extracciones de nutrientes del mismo (SEAE, 2008).

### **3.4.1 Extracción de nutrientes**

Corresponde a la cantidad de nutrientes contenidos en los productos cosechados. El cálculo de esta extracción (salida o exportación) puede realizarse de dos formas: a) restando a los nutrientes absorbidos por la planta los nutrientes que quedan en la parcela con los restos de cosecha; y b) a partir de los datos del rendimiento y los contenidos tanto de materia seca como de nutrientes (SEAE, 2008). Es importante tener siempre presente la diferencia semántica que existe entre las palabras, “absorción” y “extracción”. Se entiende por absorción a la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. El término extracción, es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados: grano, forraje u otros. La diferencia entre los términos es significativa al momento de las recomendaciones de fertilización bajo el criterio de reposición (IPNI, 2013).

### **3.4.2 Concentración de nutrientes en los tejidos vegetales.**

El movimiento de los nutrientes dentro y entre partes de la planta (translocación) ejerce su influencia en la concentración de nutriente que tiene un tejido en un momento dado (Hart *et al.*, 2003).

### **3.4.3 Factores que afectan la concentración de nutrientes en la planta**

La concentración de un nutriente en una planta o en una parte no es un valor fijo, sino que varía debido a varias causas:

**a. Edad fisiológica**

El movimiento de los nutrientes dentro y entre partes de la planta (translocación) ejerce su influencia en la concentración de nutriente que tiene un tejido en un momento dado; árboles jóvenes tienen un mayor nivel de nutrientes en sus hojas que aquellos en producción, debido a la competencia de los frutos por los nutrientes (Barbazán, 1998). Lambers *et al.*, (1998); afirman que existe una disminución de la concentración de nutrientes con la edad en todos sus componentes. Estas disminuciones con el aumento de la edad se deben principalmente a una continua reducción en la concentración de nutrientes de los tejidos (efecto dilución) a medida que el árbol envejece, ya que existe un incremento de la proporción de las estructuras con carbono (C), como ser las de las paredes celulares.

Existen otros factores que influyen en la concentración en la planta, y que es descrito por Barbazán (1998):

**b. Órgano muestreado**

El órgano o tejido de la planta a muestrear debe ser aquel que manifieste mejor la relación entre su contenido de un nutriente y el rendimiento del cultivo.

**c. Posición en la planta**

Una vez definido qué tejido u órgano se va a muestrear, es necesario saber también qué posición ocupa éste en la planta: si es la primera o segunda

hoja, si es la hoja opuesta al fruto, etc., como por ejemplo: si una rama es o no es fructífera.

**d. Efectos del cultivar**

En plantas perennes como frutales se ha demostrado que los distintos cultivares de portainjertos y copa varían considerablemente en su capacidad para extraer nutrientes desde el suelo.

**e. Interacciones entre nutrientes**

La planta es capaz de detectar deficiencias de un nutriente por vez, un nutriente puede afectar no sólo la concentración de otro nutriente en la planta sino también su concentración crítica.

**f. Condiciones ambientales**

La humedad del aire y del suelo, así como la temperatura y la intensidad de la luz afectan la concentración de nutrientes y también al nivel crítico, tanto en el momento del muestreo como en la respuesta del cultivo a la aplicación de nutrientes.

**g. Otros factores**

Los factores de manejo parecen tener considerable influencia en el análisis de plantas: época de siembra, distribución de plantas, población, frecuencia de cortes, encalado, control de malezas, laboreo y aplicación de fertilizantes.

### **3.5 Concentración de nutriente y rendimiento**

La relación entre la concentración de un nutriente en una planta o en una parte de la misma y el rendimiento constituye la base de muchos esquemas para usar el análisis de planta como herramienta para evaluar el estado nutricional del cultivo. Es común que, el rendimiento aumenta cuando hay más concentración de nutriente dentro de la planta, el rendimiento no está limitado cuando la concentración de un nutriente es constante y el rendimiento desciende al disminuir la concentración dentro de la planta (Barbazán, 1998).

### **3.6 Estudios sobre rendimientos del cultivo de cacao**

En Brasil, bajo condiciones experimentales se registran rendimientos con Híbridos de cacao de productividad superior a  $2000 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  de semillas secas y en algunos casos, incluso por encima de  $3000 \text{ Kg}$  al utilizar métodos culturales avanzados (ALVIM, 1989). En Colombia, Puentes-Páramo *et al.*, (2014); evaluando rendimiento de clones obtuvieron hasta  $2020 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  en el clon CCN-51 y en los trinitarios ICS-39 e ICS-95 de  $1634$  y  $1337 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . En tanto en Ecuador, Esmeraldas (2012), evaluando clones entre ellos al CCN-51, encontró un rendimiento promedio de  $1783 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ .

En el Perú, según García (2014), el rendimiento del clon CCN-51 oscila de  $937$  a  $2812 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ; del ICS-1 es de  $652$  a  $1956 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  y del ICS-6 está comprendido entre  $937$  y  $2812 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . Según el MINAG (2011), el



rendimiento promedio nacional por hectárea oscilaba en  $671 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ; no obstante, la región San Martín como primer productor obtuvo un rendimiento de  $891 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . Sin embargo, en localidad de Nuevo Horizonte en la provincia de Tocache (San Martín), agricultores obtienen rendimientos promedios de  $2500 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  (INFOREGIÓN, 2010).

En tanto, Cabala-Rosand *et al.*, (1982); afirman que en un suelo provisto de niveles altos en fósforo; se obtienen altos rendimientos ya que este tiene un papel fundamental en el desarrollo del sistema radicular, la fotosíntesis, floración y fructificación del fruto de cacao.

Morais *et al.*, (1988) afirmaron que el P es el principal elemento que limita la producción de cacao cultivado sobre condiciones de sombra. En tanto, el efecto depende del tipo de suelo, siendo más pronunciado en aquellos con bajo contenido de P disponible. Gama-Rodrigues (2004) cita que el P sería el factor nutricional más limitante en la producción de cacao en los suelos tropicales muy arcilloso.

Los bajos y altos rendimientos de un material genético de cacao pueden atribuirse a que unos son autoincompatibles o autocompatibles; lo cual disminuye o incrementa el porcentaje de polinización y cuajamiento de mazorcas, respectivamente (Mora *et al.*, 2011).

### **3.7 Estudios sobre determinación de variables agronómicas asociados al rendimiento de cacao**

En cuanto a las variables asociadas al rendimiento, García (2014) establece, que las variables agronómicas para el clon ICS-1, tales como índice de mazorca (I.M) es 23, índice de semilla (I.S) es 1.3, número de semillas por fruto es 44. Para el clon ICS-6, indica que el I.M es 16, el I.S es 1.6, el número de semillas por fruto es 39. El mismo autor señala que para el CCN-51 el I.M es 16, el I.S es 1.4, el número de semillas por fruto es 44. Por otro lado, Puentes-Páramo *et al.*, (2014); obtuvieron para el clon CCN-51 un I.M de 16, I.S de 1.6, número de frutos por árbol de 34, número de semillas por fruto de 39. En tanto, Esmeraldas (2012) reporta que el clon CCN-51 obtuvo un I.M de 16, I.S de 1.6 y 48 semillas por fruto en promedio.

Teniendo en cuenta las características agronómicas de un material genético las variables: número de mazorcas por planta, número de granos por mazorca e I.S, son independientes para cada material, influyendo directamente en la producción y rendimiento de los mismos; asimismo, el I.M es independiente para cada material (Mora *et al.*, 2011).

### **3.8 Investigaciones sobre materia seca de componentes del cacao**

Existen diversos estudios realizados sobre materia seca de partes vegetativas y reproductivas del árbol de cacao. En Bahía, Brasil; Orrico da Silva (2009),

trabajando con seis clones de cacao de 7 años de edad con una densidad de siembra de 1111 plantas.ha<sup>-1</sup> y sombreados con *Erythrina fusca*, plantadas a 24 x 24 m y siendo estos manejados con una tecnología media; encontró que las raíces (raíces finas, medianas y gruesas) obtenían 4040 Kg.ha<sup>-1</sup>, el tallo (ramas finas, medianas, gruesas y tronco) ostentan 7670 Kg.ha<sup>-1</sup> y las hojas alcanzaban 2790 Kg.ha<sup>-1</sup>. Este mismo autor reporta que, la materia seca de la cáscara y semilla alcanzan 1830 y 1500 Kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Por otro lado, Rivero y Mérida (2009); investigando en una plantación tradicional de cacao, encontró que la biomasa de hojas fue 4876 y 10 994 Kg.ha<sup>-1</sup> en árboles de 7 y 12 años de edad; con esto queda demostrado que la biomasa del cacao es directamente proporcional a la edad.

La acumulación de biomasa del cacao es creciente hasta la etapa madura. En esta etapa su tasa de acumulación se hace constante, siendo que la mayor biomasa se concentra en las ramas (Thong y Ng, 1980; Alpizar *et al.*, 1986). Sin embargo, el material genético, manejo (con o sin sombra, estructura y constitución del árbol), suelo y las condiciones edafoclimáticas influyen notablemente en la producción y distribución de la biomasa en el cultivo de cacao. El cacao sin sombra tiene una biomasa bastante alta en relación al cacao con sombra (Thong y Ng, 1980). La acumulación de biomasa seca de cáscara y semillas de cacao, no sólo está determinada por las diferencias genéticas en las tasas de crecimiento, sino también por factores ambientales y las prácticas de

manejo (Vello *et al.*, 1982). Esta acumulación depende fundamentalmente de la capacidad fotosintética de cada genotipo, ya que el contenido de nutrientes minerales de la mayoría de los tejidos de la planta representa sólo el 5% de la biomasa seca producida (Hutcheon, 1986).

### **3.9 Estudios de concentración de nutrientes en componentes del cacao**

Orrico da Silva (2009), estudiando clones productivos de 7 años de edad, observó que la concentración promedio de N, P y K en las hojas fue de 22.3, 1.6 y 8.9 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. En el tallo, la concentración de N, P y K estuvo así: 7.3, 1.2 y 6.6 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Asimismo, en la raíz la concentración de N, P y K que halló fue: 9.2, 1.03 y 6.3 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. También, en la cáscara la concentración de N, P y K fue de 10, 1.4 y 37.9 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente; y. En las semillas la concentración de N, P y K que encontró fue: 25.8, 3.2 y 13.6 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Este mismo autor, menciona que la época de colecta de muestras puede ser uno de los factores que interfieren con el contenido de N y K en la planta de cacao; y sugiere que el muestreo se debe realizar en periodos donde hay una mayor estabilidad de los niveles de nutrientes en las plantas.

Por otro lado, Puentes-Páramo, *et al.*, (2014) evaluando plantas productivas de cacao de cuatro años de edad, encontraron que en la cáscara del clon CCN-51, la concentración de N fue de 20.7 g.Kg<sup>-1</sup>. También, en la almendra descubrieron que la concentración de N en el ICS-39 estuvo en 24.69 g.Kg<sup>-1</sup>. Asimismo, en la

hoja la concentración de N en el CCN-51 se halló en  $24.8 \text{ g.Kg}^{-1}$ . Mientras tanto, la concentración foliar de P fue de  $2.31 \text{ g.Kg}^{-1}$  en el CCN-51 y en el ICS-39 se encontró  $1.03 \text{ g.Kg}^{-1}$ . En la cáscara, la concentración de P fue de  $2.56 \text{ g.Kg}^{-1}$  en el ICS-95 y en el clon CCN-51 se encontró en  $0.6 \text{ g.Kg}^{-1}$ . En almendra, la concentración de P estuvo en  $6.55 \text{ g.Kg}^{-1}$  en el clon ICS-95 y en el CCN-51 fue de  $4.07 \text{ g.Kg}^{-1}$ . Asimismo, la concentración de K en las hojas del clon CCN-51 fue de  $24.22 \text{ g.Kg}^{-1}$  y en el ICS-95 hubo  $7.42 \text{ g.Kg}^{-1}$ . En la cáscara, la concentración de K en el clon ICS-39 se presentó en  $54.74 \text{ g.Kg}^{-1}$ . En la almendra, la concentración en el clon ICS-95 se observó en  $19.14 \text{ g.Kg}^{-1}$  y en el clon CCN-51 fue  $8.58 \text{ g.Kg}^{-1}$ . Por otro lado, Sánchez (2013), reporta concentraciones de Ca y Mg de 4 y  $3 \text{ g.Kg}^{-1}$ , respectivamente; en la cáscara del CCN-51.

Por otra parte, Sánchez (2013); encontró que en la cáscara del CCN-51 se hallaba concentrado en  $4 \text{ g.Kg}^{-1}$  el Ca y en el Mg  $3 \text{ g.Kg}^{-1}$ .

En tanto, Torres (2014) investigando la concentración de nutrientes en plantones de cacao de 4 meses de edad, encontró que la raíz del clon ICS-6 contenía  $20 \text{ g.Kg}^{-1}$  de N,  $5.6 \text{ g.Kg}^{-1}$  de P,  $24.8 \text{ g.Kg}^{-1}$  de K,  $3.8 \text{ g.Kg}^{-1}$  de Ca,  $7.1 \text{ g.Kg}^{-1}$  de Mg y  $1.5 \text{ g.Kg}^{-1}$  de S. Asimismo, halló  $42.58 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Zn,  $10.99 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Cu,  $13.74 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Mn,  $1086 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Fe y  $44.69 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de B. De igual manera, el tallo tuvo una concentración de  $22.2 \text{ g.Kg}^{-1}$ ,  $11 \text{ g.Kg}^{-1}$  de P,  $21.1 \text{ g.Kg}^{-1}$  de K,  $17.5 \text{ g.Kg}^{-1}$  de Ca,  $13.8 \text{ g.Kg}^{-1}$  de Mg y  $1.3 \text{ g.Kg}^{-1}$  de S. Además, encontró  $66.57 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Zn,  $8.18 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Cu,  $21.02 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Mn,  $115.63$

mg.Kg<sup>-1</sup> de Fe y 42.32 mg.Kg<sup>-1</sup> de B. De la misma forma, descubrió que las hojas poseían 31.1 g.Kg<sup>-1</sup> de N, 4.9 g.Kg<sup>-1</sup> de P, 44.6 g.Kg<sup>-1</sup> de K, 7.1 g.Kg<sup>-1</sup> de Ca, 5 g.Kg<sup>-1</sup> de Mg y 2.3 g.Kg<sup>-1</sup> de S. Asimismo, localizó 36.19 mg.Kg<sup>-1</sup> de Zn, 30.48 mg.Kg<sup>-1</sup> de Cu, 74.29 mg.Kg<sup>-1</sup> de Mn, 154.29 mg.Kg<sup>-1</sup> de Fe y 19.72 mg.Kg<sup>-1</sup> de B.

Asimismo, Malavolta (1995); indica que el rango de concentración en hojas de cacaos productivos; del N, P y K es de 20 a 23; 2 a 2.3 g.Kg<sup>-1</sup> y del K según Abreu Júnior *et al.*, (1996) está de 3.8 a 12.5 g.Kg<sup>-1</sup>. Para Malavolta (1995), el rango de concentración para el Ca en clones productivos está entre 5.0 y 8.1 g.Kg<sup>-1</sup>; para el Mg, esta de 4.0 a 6.0 g.Kg<sup>-1</sup>. Por otro lado, Abreu Júnior *et al.*, (1996) estipula que en clones productivos de cacao el rango de concentración para el Zn es de 32 a 75 mg.Kg<sup>-1</sup>. Asimismo, las concentraciones de Cu son de 6.0 a 8.7 mg.Kg<sup>-1</sup> y de Mn es de 242 a 435 mg.Kg<sup>-1</sup>. Según Sodré *et al.*, (2001), establece un rango de 62.7 a 83.4 mg.Kg<sup>-1</sup> para el Fe; en las hojas de clones productivos de cacao.

De la misma forma, Epstein (1999); establece concentraciones adecuadas de elementos necesarios para las plantas; por tanto, para el Ca, Mg y S los valores son 5, 2 y 1 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente; para el Zn, Cu, Mn, Fe y B es 20, 6, 50, 100 y 20 mg.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Por otro lado, el contenido del N en planta de cacao varía en función al suelo (Igue *et al.*, 1983) y la principal vía de entrada del N en agrosistemas de cacao, desconsiderando la fertilización, es por fijación biológica y simbiosis de rizobius de la leguminosa forestal. Asimismo, el N es

constituyente de aminoácidos (presente en proteínas), clorofila y ácidos nucleicos; estimula la producción de proteínas en frutas y granos (Kovacik *et al.*, 2007). Según Marshner (2005) el P es un elemento que se acumula especialmente en semillas y flores. Asimismo, es indispensable en la fotosíntesis y es constituyente de compuestos como ATP (Adenosina trifosfato) que son almacenadores de energía en la célula (Chepote *et al.*, 2012). El K representa el que mayor movilidad tiene en un sistema agroforestal o sombreado de cacao (Müller y Gama-Rodrigues, 2012). Además, el K es un activador de enzimas implicados en la fotosíntesis, translocación de carbohidratos y en la síntesis de proteínas, aumentando el contenido de azúcar en los frutos (Pyo *et al.*, 2010). Asimismo, el K, es un nutriente que se concentra siempre en partes de activo crecimiento como las hojas (Chepote *et al.*, 2012).

El Ca es un elemento que se halla presente en mayor proporción en las hojas y tallos que en las semillas; pero, va a depender mucho de la cantidad de calcio asimilable presente en el suelo. Forma parte de la protopectina, como agente cementante para mantener células unidas (Navarro, 2003 y Chepote *et al.*, 2012). El Mg, es el componente principal de la molécula de clorofila y desempeña un papel indispensable en el proceso de la fotosíntesis, funcionando como activador de varias enzimas relacionadas al metabolismo de carbohidratos (Navarro, 2003). Las plantas sanas generalmente acumulan Ca en los tejidos maduros que transpiran (White, 2001); el Ca, posee baja movilidad y una limitada capacidad de redistribución a otros órganos a través del floema; de esta manera

los síntomas de deficiencia se manifiestan primero en órganos más nuevos como las hojas jóvenes (Chepote *et al.*, 2012). El S, es componente de aminoácidos y proteínas en distintas reacciones metabólicas de la planta (Marschner, 1995). Las plantas con carencias de S, muestran desordenes en la estructura de cloroplastos, disminución en la intensidad fotosintética, reducción del contenido de clorofila y aumento de compuestos solubles de nitrógeno, presentes en las hojas, resultantes de una reducción en la síntesis de proteínas (Chepote *et al.*, 2012).

Asimismo, Chepote *et al.*, (2012); sostienen que la función del Zn tiene que ver con la formación de ácido indolacético (AIA), un importante regulador del crecimiento, formación de carbohidratos, proteínas y auxinas. El Cu, participa en procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración y distribución de carbohidratos. El Fe, es esencial en la síntesis de clorofila y es constituyente de proteínas y enzimas. El B es un elemento importante en la translocación de azúcares y carbohidratos, cuajamiento del grano de polen, formación de flores, frutos y semillas (Chepote *et al.*, 2012; Marschner, 1995). Por otra parte, el Mn participa en la síntesis de proteínas y formación de ácido ascórbico (vitamina C). Además, está implicado en la activación de enzimas (descarboxilasas y deshidrogenasas) que son catalizadores importantes de la reducción de carbohidratos, formación de clorofilas, síntesis de DNA y RNA (Shenker *et al.*, 2004). La función mejor definida del Mn se da en las reacciones fotosintéticas en las que genera oxígeno a partir del agua (Marschner, 1995). El Fe, Mn, Cu y Zn;



son altamente disponibles a pH inferior a 5 y el B, presenta su máximo de solubilidad en el intervalo de pH= 5 a 7 (Navarro, 2003).

Bartolomé (1982) estudiando las causas del marchitamiento de frutos de cacao en Costa Rica; independientemente de la absorción de minerales, encontró que era debido en gran parte a enfermedades fungosas; siendo *Phytophthora palmivora* el hongo mayormente responsable. Los periodos de mayor producción de frutos así como de precipitación abundante, crean las condiciones más adecuadas para el marchitamiento de orden fungoso.

### **3.10 Estudios sobre extracción de nutrientes por el cultivo de cacao**

Las principales vías de eliminación de nutrientes en el cultivo de cacao comprenden las cosechas y por lixiviación (Santana y Cabala-Rosand, 1985). Estos mismos investigadores señalan que la extracción de N, P, K, Ca y Mg en 1000 Kg de cacao seco, por las semillas en promedio es 21.8, 11, 14.8, 1.6 y 4.5 Kg, respectivamente. Asimismo, por las cáscaras es 13.5 de Kg de N, 2.6 Kg de P, 45.4 Kg de K, 4.6 Kg de Ca y 4 Kg de Mg.

Estudios de fertilización a través del análisis de toda la planta, para estimar las exigencias de nutrientes en diferentes etapas de desarrollo del cacao demuestran que el cultivo es altamente exigente en nutrientes. Esta fue desarrollada por Thong y Ng (1980), en la que encontraron un requerimiento

nutricional promedio en plena producción para N, P, K, Mg, Ca, Mn y Zn es de: 438, 48, 633, 221, 540, 7 y 1,6 Kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, respectivamente.

Según, Thong y Ng (1980), reportó que en 1000 Kg de cacao seco.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; y dividiendo al fruto en componentes, encontró que la cáscara extrae 9.1 Kg de N, 2.5 Kg de P, 39.4 Kg de K, 8.7 Kg de Ca, 4.3 de Mg, 1.5 de S, 35.9 g de Zn, 8.8 g de Cu, 58.7 g de Mn, 32.5 g de Fe y 28.8 g de B. Asimismo, la semilla extrae 15.8 Kg de N, 7.3 Kg de P, 8.9 Kg de K, 3.6 Kg de Ca, 3.7 Kg de Mg, 1.2 Kg de S, 33.8 g de Zn, 16.8 g de Cu, 17.6 g de Mn, 50.3 g de Fe y 20.6 g de B. También, la placenta remueve 0.4 Kg de N, 0.1 Kg de P, 0.7 Kg de K, 0.2 Kg de Ca, 0.1 Kg de Mg, 0 Kg de S, 0.7 g de Zn, 0.4 g de Cu, 0.4 g de Mn, 3.5 g de Fe y 0.9 g de B.

Por otro lado, Enríquez (2004), reporta que la cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo en particular depende del estado nutricional del árbol. En promedio, 1000 kg de semilla de cacao extraen 30 Kg de N, 8 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg de K<sub>2</sub>O, 13 Kg de CaO y 10 kg de MgO. Además, también se remueven nutrientes en la cáscara de la mazorca que es rica en K, y que pueden reciclarse 2 Kg de N, 5 Kg de P y 24 Kg de K al suelo aproximadamente (Flores, 2008).

En tanto, Puentes-Páramo *et al.*, (2014), indican que en 1000 Kg de grano seco de cacao el clon CCN-51 extrae en promedio 21.88 Kg de N, 4.72 Kg de P y

11.11 Kg de K; el ICS-95 remueve 23.57 Kg de N, 6 Kg de P y 15.95 Kg de K; el ICS-39 remueve 23.10 Kg de N, 4.95 Kg de P y 13.58 Kg de K.

Santana y Cabala-Rosand (1985), demostraron que para la producción de 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> de almendras secas las cantidades de N, P, K, Ca y Mg removidos no fueron significativos en relación al ingreso de nutrientes, incluso si fueran consideradas las pérdidas por lixiviación, que fueron despreciables. Los requerimientos nutricionales del cacao en forma general están sujetos al material genético de siembra, a la intensidad de sombra y al estado de desarrollo del cultivo (Santana y Cábala-Rosand, 1985). Por otra parte, la capacidad de este tipo de agrosistema en retener alrededor de 44% de lluvia precipitada (Miranda, 1990) minimizaría los efectos de drenaje profundo.

Los valores de extracción menores a los reportados en la literatura permiten concluir que la extracción de nutrientes depende del manejo tanto del cultivo, factores climáticos, así como de la sombra que afecta la cantidad de luz sobre el cultivo según (Puentes-Páramo *et al.*, 2014; Uribe *et al.*, 1998).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Materiales

#### 4.1.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental "Juan Bernito" del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), ubicado en la margen izquierda de la carretera Fernando Belaúnde Terry, en el distrito de la Banda de Shilcayo, a 2,5 km de la ciudad de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín (Perú).

#### 4.1.2 Ubicación geográfica

Latitud sur : 06° 00' 28"  
Longitud oeste : 76° 00' 18"  
Altitud : 333 m.s.n.m.m.

#### 4.1.3 Historia del área experimental

Inicialmente, en 1998; el área del estudio era bosque secundario donde predominaba como hierba la cashaucsha, para ese entonces se limpió y se sembraron maíz. En 1999, se sembró la sombra temporal (plátano) del cacao y enseguida el cultivo principal (4 ha) como plantación policlonal en un sistema de 3 x 3 en tres bolillos; y como sombra permanente se sembró leguminosas conocidas como guabas (*Inga edulis*) a un distanciamiento de 10 x 10 m.

El rendimiento inicial (2001) por hectárea fue de  $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , luego fue de forma ascendente: 400, 500, 700  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . En el 2012, con 2275 plantas clonadas, 2857 plantas híbridas y con fertilización de una mezcla de guano de islas y cloruro de potasio ( $800 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ ) se registró un rendimiento de  $1800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El 2013 no se aplicó fertilizantes, solo se manejó desmalezados y podas de mantenimiento. En el 2014, se inició el trabajo experimental.

#### **4.1.4 Material genético de cacao utilizado en esta investigación**

El material genético evaluado fueron clones productivos de cacaos establecidos hace 15 años como son: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 y sembrados en sistema de tres bolillos, para una densidad de  $1283 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

#### **4.1.5 Condiciones climáticas del lugar experimental**

Según Holdridge (1997), menciona que la clasificación ecológica de la zona, pertenece a un bosque seco tropical; con una temperatura promedio de  $25.42 \text{ }^\circ\text{C}$ , variando entre  $22.69$  y  $28.15 \text{ }^\circ\text{C}$ ; precipitación anual acumulada de  $1280.4 \text{ mm}$  y una humedad relativa media de  $77.51\%$ . Esta aseveración se detalla en anexos (cuadro 01).

#### **4.1.6 Condiciones edáficas del área experimental**

En general, el suelo del área experimental posee una textura franco arcillo arenosa, un pH ácido ( $4.15$  a  $4.70$ ), una capacidad de intercambio catiónico muy

bajo (1.95 a 5.09 meq/100 g) y cuyo contenido de materia orgánica es bajo (1.01 a 2.05%). Con mayores detalles se indica en el cuadro N° 02 y 03 en anexos.

## **4.2 Métodos**

### **4.2.1 Diseño experimental**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos, tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 02 plantas de cacao clonal en producción:

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}. \text{ Donde:}$$

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Media poblacional.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental.

### **4.2.2 Tratamientos en estudio y croquis experimental**

Los tratamientos en estudio se muestran en el cuadro 4, se estudiaron 3 tratamientos (clones de cacao), con tres repeticiones cada uno.

**Cuadro 4: Tratamientos en estudio y croquis experimental**

Tratamientos		Bloques		
Clave	Clon	I	II	III
T1	CCN-51	T2	T3	T1
T2	ICS-1	T1	T2	T3
T3	ICS-6	T3	T1	T2

#### **4.2.3. Características del campo experimental**

**Área:**

Largo : 33 m

Ancho : 24 m

Área total : 792 m<sup>2</sup>

**Bloque o repetición:**

Largo : 27 m

Ancho : 18 m

Área total : 486 m<sup>2</sup>

Separación entre bloques : 3 m

N° de Bloques : 3

**Unidad experimental:**

Largo : 9 m

Ancho	: 6 m
Área total	: 54 m <sup>2</sup>
N° de unidades experimentales/Block	: 3
N° total de unidades experimentales	: 9
N° de plantas evaluadas/unidad experimental	: 2
N° total de unidades experimentales evaluadas	: 18 plantas.

#### **4.2.4 Periodo de ejecución**

El trabajo se desarrolló en un periodo de 12 meses, comprendido desde el 1 de enero del 2014 hasta el 31 de diciembre del 2014.

#### **4.2.5 Conducción del experimento**

##### **a. Muestreo inicial de suelo**

Esta actividad se realizó el 06 de enero del 2014 y consistió en obtener cuatro submuestras por planta con la ayuda de barreno muestreador de aluminio; las dos primeras a 50 cm del tronco una al frente de otra y las dos últimas al nivel de su copa; también una al frente de otra; todas a una profundidad de 20 cm; de esta planta 1 (unidad experimental) más la planta 2 se conformó una sola muestra; y así sucesivamente con el resto.

##### **b. Control de malezas**

Se realizó en forma manual cada 3 meses a partir del inicio del experimento.



**c. Poda de mantenimiento**

Se realizó al inicio del experimento con el fin de determinar la variable altura de planta; cabe señalar que la altura de planta del clon CCN-51 (T1) fue de 4.25 m, del ICS-1 (T2) fue 4.38 m y del ICS-6 (T3) fue 4.19 m.

**d. Poda fitosanitaria**

Se efectuó cada 15 días durante el desarrollo del estudio, removiendo escoba de bruja, moniliasis y suelda con suelda.

**e. Cosecha**

Se realizó cada 15 días para evaluar los parámetros establecidos en el estudio.

**f. Muestreo final de suelo**

Se realizó el 12 de enero del 2015 y siguiendo el protocolo empleado en el primer muestreo de suelos.

#### **4.2.6 Variables morfofisiológicas y reproductivas evaluadas**

**a. Altura de planta**

Se efectuó desde la base del tallo en el suelo hasta el ápice de la ramilla más alta; para ello se utilizó una vara telescópica de aluminio, luego de visualizar

que la vara esté correctamente colocada, se extendía en el suelo y se medía con una cinta métrica. Esta actividad se realizó cada tres meses.

**b. Diámetro de planta**

Se realizó a 30 cm de la base del suelo por tratarse de plantas injertadas; para ello se utilizó una forcípula en óptimas condiciones. Se hicieron 3 mediciones siguiendo en forma de asterisco en una misma planta y luego se promedió estos valores. Esta variable se evaluó cada tres meses.

**c. Número de frutos cherelles**

Los frutos cherelles o frutos marchitos prematuramente son aquellos frutos no han logrado completar su desarrollo fisiológico o maduración; esta variable consistió en recolectar cada quince días.

**d. Peso de frutos cherelles**

Para determinar esta variable se utilizó la misma balanza antes mencionada y se registró los datos en gramos, pasando luego a kilogramos.

**e. Número de frutos cosechados**

Se cosecharon mazorcas de cacao fisiológicamente maduro (cambio de tonalidad de color de fruto) y sin ninguna afectación visible de enfermedades.

**f. Peso de semilla fresca**

Luego de partido el fruto, se extrajo con sumo cuidado las semillas adheridas en la placenta y se pesó en una balanza técnica digital marca Ohaus, modelo Explorer EOD120, registrándose en gramos para luego expresarlo en Kilogramos.

**g. Peso de placenta fresca.**

Esta variable se pesó luego de pesado las semillas y se anotó en gramos para luego transformar a su equivalente en kilogramos.

**h. Peso de cáscara fresca.**

Este dato de la variable en mención se realizó consecutivamente al pesado de la variable anterior, registrándose los datos en gramos para luego expresarlo a kilogramos.

**NOTA:** Los subíndices a, b, c, d, f, g, h; se muestran en el cuadro 05 en anexos.

**i. Variables asociados con el rendimiento**

- **Número de semillas por fruto**

Esta variable se registró al momento de la cosecha, es decir cada quince días y luego se promedió por la cantidad de frutos cosechados por réplica y tratamiento.

- **Índice de semilla**

Se determinó el índice de semilla tomando el peso promedio en gramos de una semilla seca menor al 7% de humedad. Para ello se tomaron al azar 30 semillas considerando 5 semillas por mazorca, repetición y tratamiento; luego de fermentadas y secadas en estufa por 10 horas a 90 °C (García, 2014), se calculó utilizando la siguiente fórmula:  $IS = \text{Peso fresco fermentado de 5 semillas} / \text{Peso seco de 5 semillas}$ .

- **Índice de mazorca**

Se refiere al número de mazorcas necesarias para obtener 1 Kg de cacao seco. Para determinar esta variable se empleó la fórmula propuesta por García (2014) el cual consistió,  $IM = 1000 / (NSF \times IS)$ , (donde: NSF: Número de semillas por fruto; IS: índice de semilla).

**j. Rendimiento ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )**

El rendimiento se calculó mediante el producto del número de frutos/planta, número de semillas/mazorca, índice de semilla y densidad de plantas ( $1283 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) cuyos valores fueron obtenidos por cosecha, clon y año cacaotero (Puentes-Páramo *et al.*, 2014).

#### **4.2.7 Materia seca por componentes del cacao**

##### **a. Materia seca de raíz, tallo y hojas del cacao**

Para lograr estas variables se utilizó el método destructivo propuesto por Sanqueta (2002) y empleado por Orrico da Silva (2009); es decir, se sacrificaron las plantas experimentales; el cual se cortó el tronco al ras del suelo, luego se dividieron en componentes las partes de cada planta (raíz, tallo y hojas) por bloques y tratamientos.

- **Obtención de biomasa fresca y toma de muestras de hojas**

De cada planta se retiraron todas las hojas, se colocaron en bolsas y se pesaron en una balanza (sirvió para el pesado de raíz, tallo y hojas) semi-industrial, marca Mettler Toledo, modelo SB 16000 (rango: 16 100 g máximo, 5 g mínimo); con esto se obtuvo la biomasa fresca por planta para luego promediar por bloques y tratamientos.

Cabe señalar que previo al sacrificio de cada planta, se realizaron muestreos foliares de acuerdo con la metodología propuesta por el ICT-FINCYT (2013), este consistió en la recolección de entre la cuarta y sexta hoja de la cuarta o quinta rama sin fructificar; esto de la parte media de la copa de la planta en cuatro puntos cardinales; es decir, se tomaron 8 hojas por planta experimental, para determinar nutrientes.

- **Preparación y obtención de biomasa seca de hojas**

Para la preparación de esta muestra se siguió el protocolo utilizado por el Laboratorio de Suelos, Fertilizantes, Plantas y Aguas del ICT. Las muestras de hojas colectadas en campo, fueron trasladados al Laboratorio de suelos, fertilizantes, plantas y aguas del ICT, debidamente identificados. Se lavaron con agua destilada dejándose en reposo en bandejas en cuyo interior contenía papel absorbente; luego se registró el peso fresco de cada muestra y enseguida se colocaron en una estufa a una temperatura de 70 °C hasta peso constante.

Cumplido esto, se pesaron en una balanza técnica digital marca Ohaus, modelo Explorer EOD120. Cabe señalar que el porcentaje de materia seca en promedio obtenido en el clon CCN-51 fue 34%, en el ICS-1: 40% y en el ICS-6: 30%. La materia seca se calculó utilizando la siguiente fórmula:  $(\text{Peso seco de la muestra} / \text{Peso fresco de la muestra}) \times \text{Peso fresco total de la planta}$ . Este resultado fue proyectado para 1 ha teniendo en cuenta la densidad de 1283 plantas.

- **Obtención de biomasa fresca y toma de muestras de tallos**

Una vez que la planta fue defoliada, se tomaron muestras de tallos representativos en forma de discos de todo tipo de diámetro, esto incluye del tronco, de ramas gruesas, medianas y finas; haciendo una sola

muestra para determinar la biomasa seca y nutrientes; la misma que fue colocado en una bolsa y luego pesado. En seguida, se pesaron todos los tallos que conformaban al árbol para obtener la biomasa fresca total por planta, para luego promediar por bloques y tratamientos.

- **Preparación y obtención de biomasa seca de tallos.**

Una vez que las muestras llegaron al Laboratorio de Suelos, para la preparación de las muestras, se siguió el protocolo planteado por este. A las muestras en discos correctamente identificados, se cortaron en unidades más pequeñas con el fin facilitar el secado y molienda; enseguida, se lavaron con agua destilada y se pusieron a reposo en bandejas en cuyo interior había papel absorbente; luego, se pesaron cada muestra en fresco y se colocaron en sobres manilas y se pusieron en la estufa a 75 °C hasta peso constante.

Transcurrido esto, se pesaron en la balanza digital que viene siendo mencionado. El porcentaje de materia seca en promedio conseguido en el clon CCN-51 fue 63%, en el ICS-1: 61% y en el ICS-6: 65%. La materia seca se calculó utilizando la siguiente fórmula:  $(\text{Peso seco de la muestra} / \text{Peso fresco de la muestra}) \times \text{Peso fresco total de la planta}$ . Este resultado fue proyectado para 1 ha teniendo en cuenta la densidad de 1283 plantas.

- **Obtención de biomasa fresca y toma de muestras de raíces**

Finalmente, para obtener raíces, se adaptó a la metodología usado por Gargaglione (2010), el cual se trazó, midió y promedió en cuatro puntos cardinales el área de la proyección de la copa de cada planta. Este valor promedio se cavó alrededor de la planta, desde la base del tronco hasta el alcance de la copa promediada, siguiendo la dirección de las raíces principales en forma manual con palas; la profundidad de excavación fue de 0.30 m, simultáneo a ello se iban colectando las raíces (raíz fina + raíz media + raíz gruesa) en bolsas con sumo cuidado para no incluir en ellas las raíces de la sombra permanente (guabas). Enseguida, se limpiaron con cepillos para eliminar la tierra adherida, se pesó la biomasa fresca de la planta y se tomaron muestras en forma de discos de todo tipo de diámetros de las raíces para determinar la biomasa seca y contenido de nutrientes.

- **Preparación y obtención de biomasa seca de raíces.**

Ubicadas las muestras en el Laboratorio de Suelos debidamente identificadas, se utilizó el protocolo del laboratorio para la preparación de estas muestras. Se cortaron en unidades más pequeñas, con el propósito de facilitar el secado y molienda; enseguida, se lavaron con agua destilada y se dejaron escurrir el agua en bandejas con papel absorbente. Luego, se registraron el peso fresco de cada muestra y se



pusieron en sobres manilas, enseguida se colocaron en la estufa por 75 °C hasta peso constante.

Pasado esto, se pesaron en la balanza digital. El porcentaje de materia seca en promedio alcanzado en el clon CCN-51 fue 44%, en el ICS-1: 49% y en el ICS-6: 40%. La materia seca se calculó utilizando la siguiente fórmula:  $(\text{Peso seco de la muestra} / \text{Peso fresco de la muestra}) \times \text{Peso fresco total de la planta}$ . Este resultado fue proyectado para 1 ha teniendo en cuenta la densidad de 1283 plantas.

**a. Materia seca de semilla, placenta y cáscara del fruto de cacao**

- **Obtención de biomasa fresca y toma de muestras placenta y cáscara**

Para la obtención de biomasa fresca de los componentes del fruto (semilla, placenta y cáscara) por cada cosecha que se realizaba se pesaba en una balanza técnica digital marca Ohaus, modelo Explorer EOD120, por cada repetición y tratamiento.

- **Preparación y obtención de biomasa seca de placenta y cáscara**

Para la preparación de las muestras de placenta y cáscara se utilizó el protocolo planteado por el laboratorio de suelos del ICT. En cada vez

que se tenían cosecha en las repeticiones se procedió a evaluar esta variable; para lo cual, se picaban todas las placentas y cáscaras de cada repetición en porciones pequeñas con el fin de facilitar el secado y molienda; enseguida, se extraían al azar una porción, luego se registraban los pesos en fresco de esta muestra y se colocaban en placas Petri, luego se ponían en la estufa a 75 °C hasta peso constante.

Pasado esto, se pesaron en la balanza digital para determinar el porcentaje de materia seca de cada réplica para luego promediar por bloques y tratamientos. El porcentaje de materia seca obtenido en promedio en la placenta en el clon CCN-51, ICS-1 e ICS-6 fue 33, 23 y 22%, respectivamente. En la cáscara, el porcentaje de materia seca en promedio en el clon CCN-51, ICS-1 e ICS-6 fue: 16, 18 y 18%, respectivamente. Los valores de biomasa seca de cada cosecha se obtuvieron multiplicando el valor del peso de biomasa fresca por porcentaje de materia seca de esa cosecha. La biomasa seca total de la placenta y cáscara se obtuvo al final del trabajo de investigación; es decir, sumando las biomásas secas de cada cosecha.

- **Obtención de biomasa fresca y toma de muestras de semillas.**

Para determinar la biomasa seca se tomaron muestras de mazorcas maduras por unidad experimental en cada cosecha, dependiendo de la cantidad de frutos cosechados en cada momento.

- **Preparación y obtención de biomasa seca de semilla**

Al igual que en el anterior se utilizó la metodología planteada por el Laboratorio de Suelos; el cual consistió en dividir a todas las semillas de cada réplica en 2 o 3 partes con el fin de facilitar el secado y molienda; luego al azar se cogían una porción, a esta porción de muestra se pesaba, se colocaba en placas Petri y se llevaban a la estufa a 75 °C por hasta peso constante. Ocurrido esto, se pesaron en la balanza digital para determinar el porcentaje de materia seca de cada réplica para luego promediar por bloques y tratamientos.

El porcentaje de materia seca obtenido en promedio en el clon CCN-51, IC-S1 e ICS-6 fue: 37, 43 y 42%, respectivamente. Los valores de biomasa seca de cada cosecha se obtuvieron multiplicando el valor del peso de biomasa fresca por porcentaje de materia seca de esa cosecha. La biomasa seca total de la semilla se obtuvo al final del trabajo de investigación; es decir, sumando las biomásas secas de cada cosecha.

#### **4.2.7 Concentración de nutrientes en raíz, tallo, hojas, semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

##### **a. Molienda de muestras**

Con las muestras aún calientes, se pasó al área de molienda del Laboratorio de Suelos; para ello se utilizó un mini molino eléctrico de cuchillos y por una

criba (tamiz N° 20), todas las muestras de los diversos componentes, a excepción de las semillas que fueron molidas en un pilón y con mortero; fueron molidas en este mini molino, en su totalidad. Luego, se empacaron en bolsas plásticas con sus respectivos rótulos y se entregaron al laboratorista del área para la determinación de nutrientes.

#### **b. Metodologías de determinación de nutrientes**

La determinación de los nutrientes se realizó cumpliendo el protocolo de análisis de tejidos del Laboratorio de Suelos, Fertilizantes, Plantas y Aguas del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT). El método empleado para determinar la concentración de N fue el de Kjeldhal, el P por digestión o espectrofotómetro UV-Vis ( $\lambda=420$  nm), el S por turbimetría, el K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn y Fe por espectrofotómetro de absorción atómica, el B por Espectrofotómetro UV-Vis ( $\lambda=555$  nm).

#### **4.2.9 Extracción de nutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

Los valores de extracción de los macronutrientes se expresaron en  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y de los micronutrientes en  $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; los cuales fueron encontrados a partir de la materia seca de cada componente del fruto (semilla, placenta y cáscara) y de la concentración de nutrientes. Cabe señalar que la extracción para 1 tonelada de semilla seca se procedió de la misma manera.

**Nota:** Para comparar y discutir los resultados obtenidos en este estudio con los de otros autores, se multiplicó los valores de los nutrientes de aquellos autores por el equivalente de materia seca total obtenida de semilla, placenta y cáscara del fruto de presente trabajo de investigación. Ya que estos autores, reportan niveles de extracción en base a 1 tonelada de semilla seca de cacao.

#### **4.2.10 Programa estadístico utilizado**

Los resultados fueron analizados con el programa estadístico InfoStat, versión 2008; y consistió en análisis de varianza (ANVA) para determinar las diferencias entre las variables de respuesta, teniendo como fuentes de variación los bloques y sus tratamientos; además se realizaron pruebas de comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## V. RESULTADOS

### 5.1 Variables asociadas al rendimiento

**Cuadro 6: ANVA de variables asociadas al rendimiento**

F.V	FCP*	NSF**	IS***	IM
<b>Bloques</b>	N.S	N.S	N.S	N.S
<b>Tratamientos</b>	N.S	N.S	N.S	N.S
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	41	55	77	69
<b>C.V (%)</b>	14.98	1.76	6.68	9.21

**N.S** : No Significativo

**FCP**: Frutos cosechados por planta

**NSF**: Número de semillas por fruto

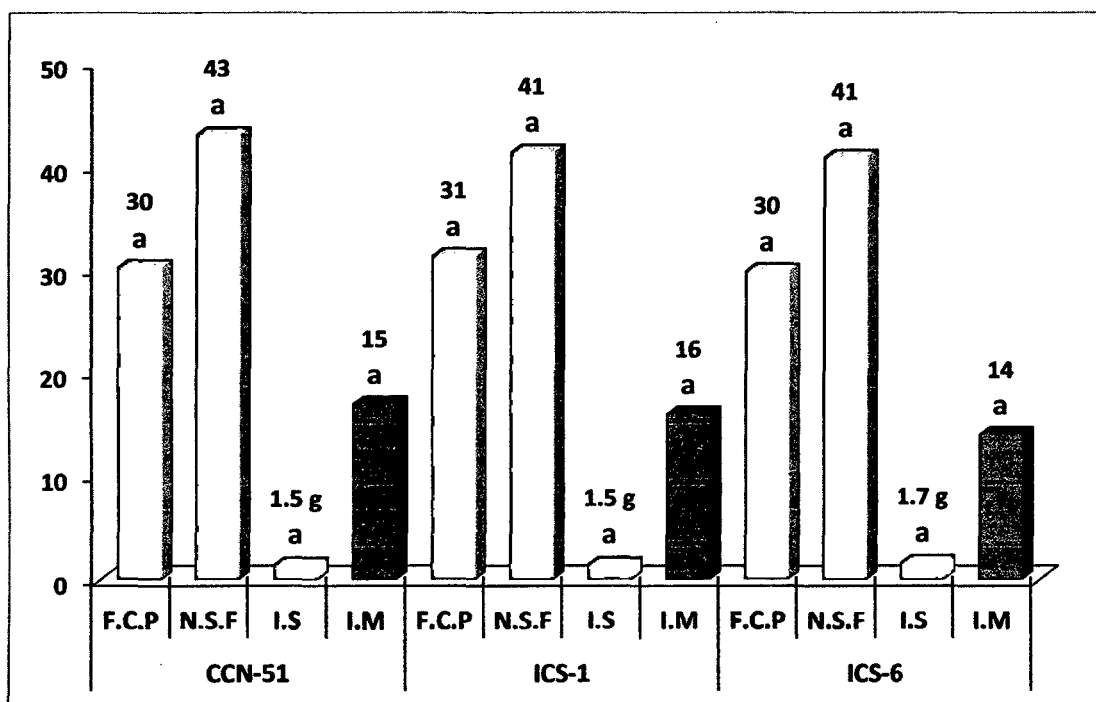
**IS**: Índice de semilla (g)

**IM**: Índice de mazorca

\*: Datos provenientes de 6 Plantas/Tratamiento

\*\*: Datos obtenidos en cada cosecha

\*\*\*: Datos obtenidos de 30 semillas/Tratamiento



**Gráfico 1: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de las variables asociados al rendimiento.**

## 5.2 Rendimiento

Cuadro 7: ANVA para el rendimiento ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

F.V.	SC	GL	CM	FC	p-valor	Significancia
Bloques	2998325	2	1499162	1.72	0.2886	N.S
Tratamientos	36414	2	18207	0.02	0.9794	N.S
Error	3480259	4	870064.8			
Total	6514998	8				

N.S : No Significativo

$R^2 = 47\%$

C.V = 35.72%

Promedio = 2611

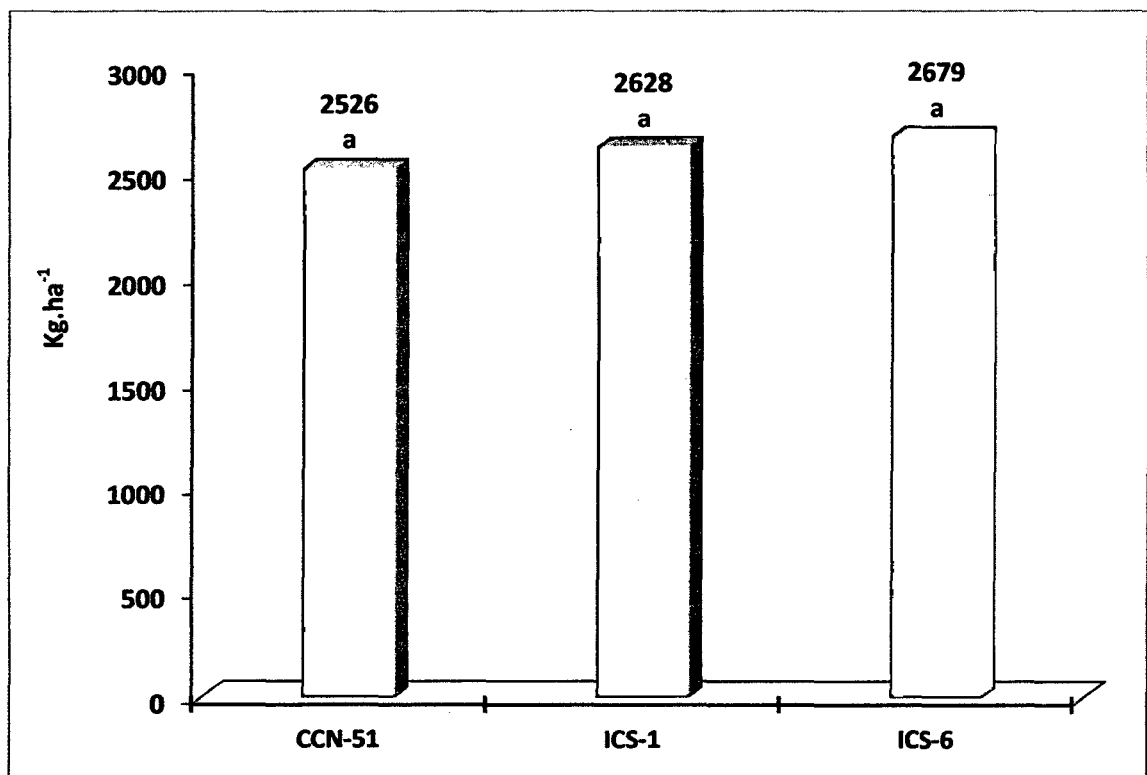
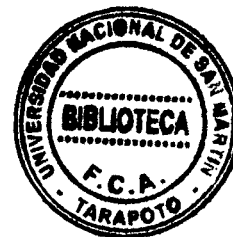


Gráfico 2: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico del rendimiento de semilla seca.



### 5.3 Materia seca de frutos cherelles

**Cuadro 8:** ANVA de materia seca en frutos cherelles del cacao.

F.V.	SC	GL	CM	FC	p-valor	Significancia
Bloques	5694.89	2	2847.44	0.17	0.8483	N.S
Tratamientos	221974.2	2	110987.1	6.68	0.0531	*
Error	66431.11	4	16607.78			
Total	294100.2	8				

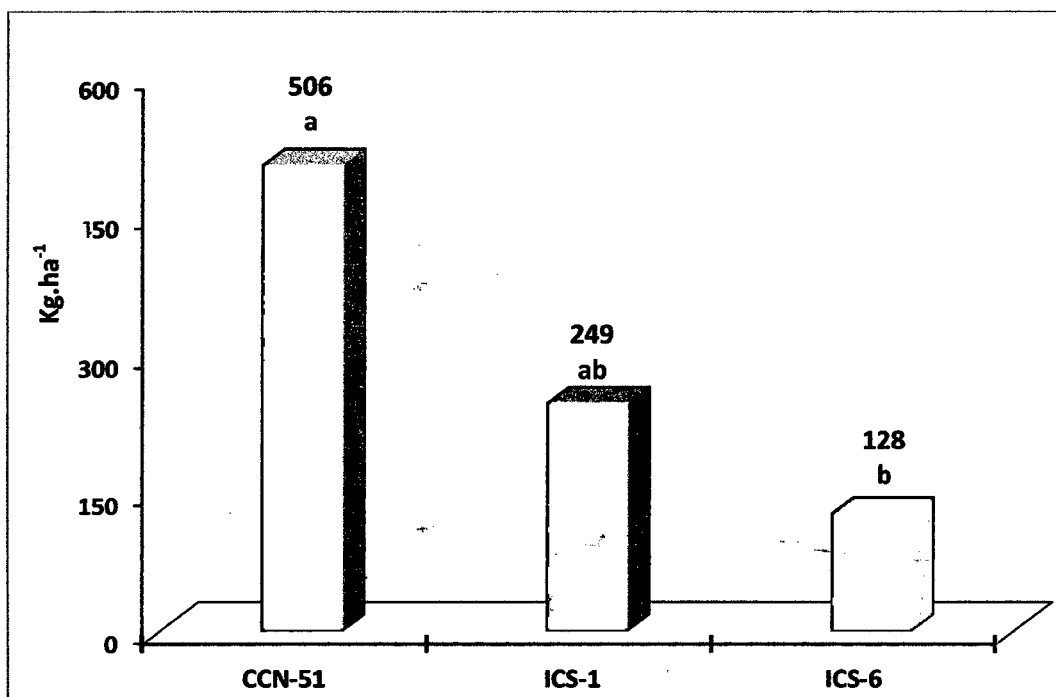
N.S : No Significativo

\* : Significativo

$R^2 = 77\%$

C.V = 43.77%

Promedio = 294



**Gráfico 3:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de materia seca de frutos cherelles.



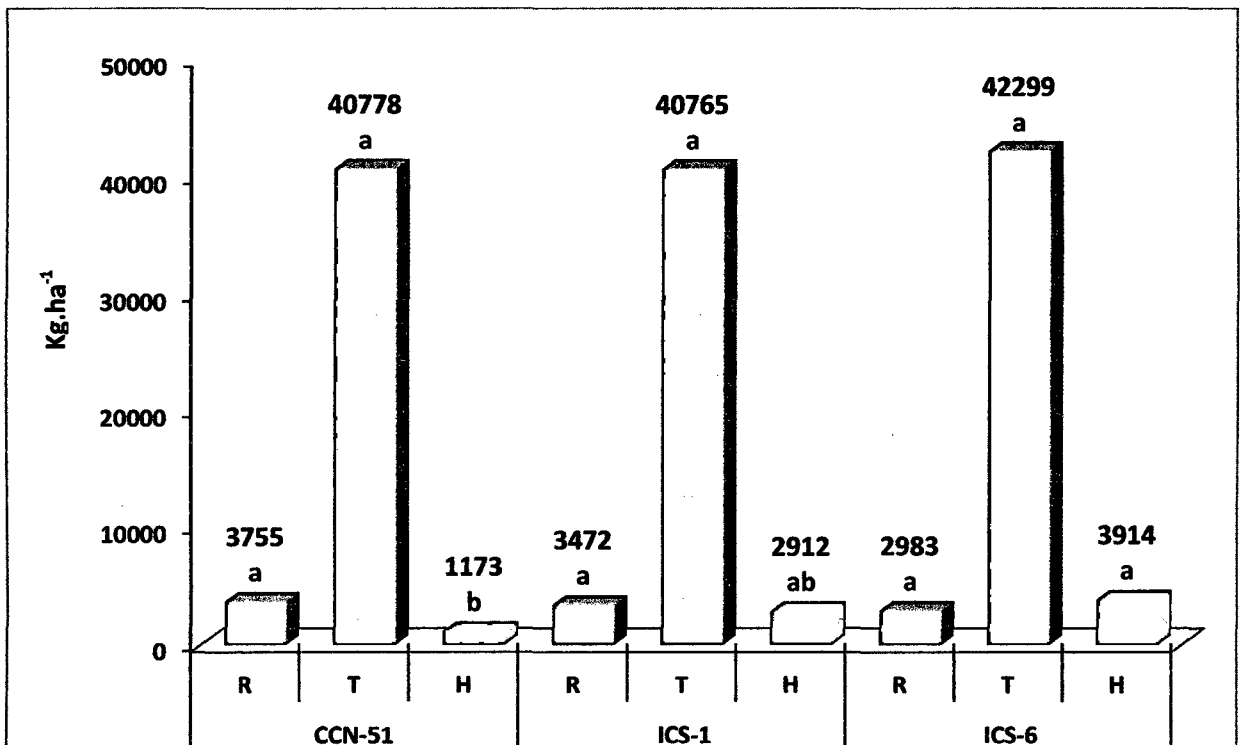
## 5.4 Materia seca de raíz, tallo, hojas, semilla, placenta y cáscara del cacao

### 5.4.1 Materia seca de raíz (R), tallo (T) y hojas (H) del cacao

**Cuadro 9:** ANVA de materia seca ( $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) en raíz (R), tallo (T) y hojas (H) del cacao.

F.V	R	T	H
<b>Bloques</b>	N.S	*	N.S
<b>Tratamientos</b>	N.S	N.S	*
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	47	97	83
<b>C.V (%)</b>	22.11	6.48	32.49

N.S : No Significativo      \* : Significativo



**Gráfico 4:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de materia seca de raíz, tallo y hojas.

### 5.4.2 Materia seca de semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) del cacao

Cuadro 10: ANVA de materia seca ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) del cacao.

F.V	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S
$R^2$ (%)	42	76	32
C.V (%)	28.84	31.03	27.43

N.S : No Significativo

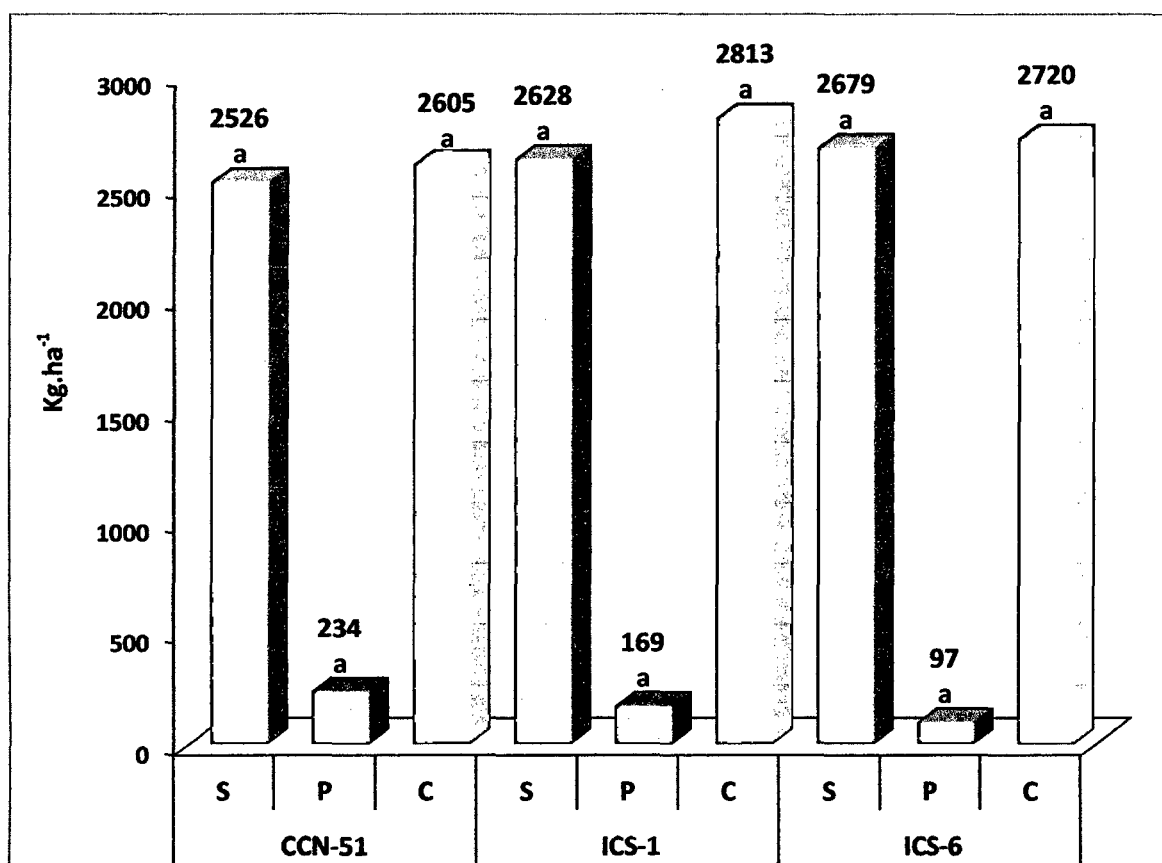


Gráfico 5: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de materia seca de semilla, placenta y cáscara del cacao.

## 5.5 Concentración de nutrientes en frutos cherelles

### 5.5.1 Concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de N, P, K, Ca, Mg y S en frutos cherelles

Cuadro 11: ANVA de la concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de N, P, K, Ca, Mg y S en frutos cherelles.

F.V	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Bloques</b>	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
<b>Tratamientos</b>	N.S	N.S	**	N.S	N.S	N.S
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	28	25	91	41	17	50
<b>C.V (%)</b>	17.2	17.33	6.98	19.79	44.94	6.82

N.S : No Significativo

\*\* : Altamente Significativo

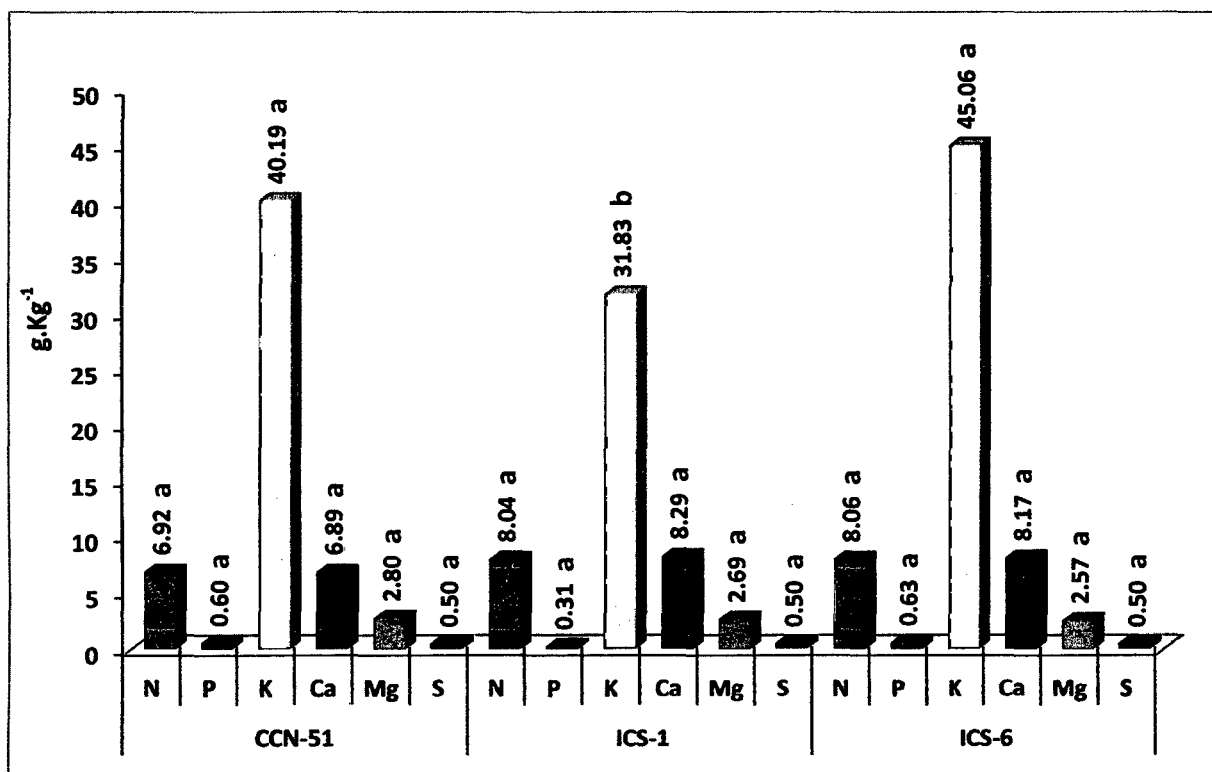


Gráfico 6: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes en frutos cherelles.

### 5.5.2 Concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Zn, Cu, Mn, Fe y B en frutos cherelles

Cuadro 12: ANVA de la concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Zn, Cu, Mn, Fe y B en frutos cherelles.

F.V	Zn	Cu	Mn	Fe	B
<b>Bloques</b>	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
<b>Tratamientos</b>	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	42	42	42	42	74
<b>C.V (%)</b>	1.31	1.31	1.31	1.31	42.5

N.S : No Significativo

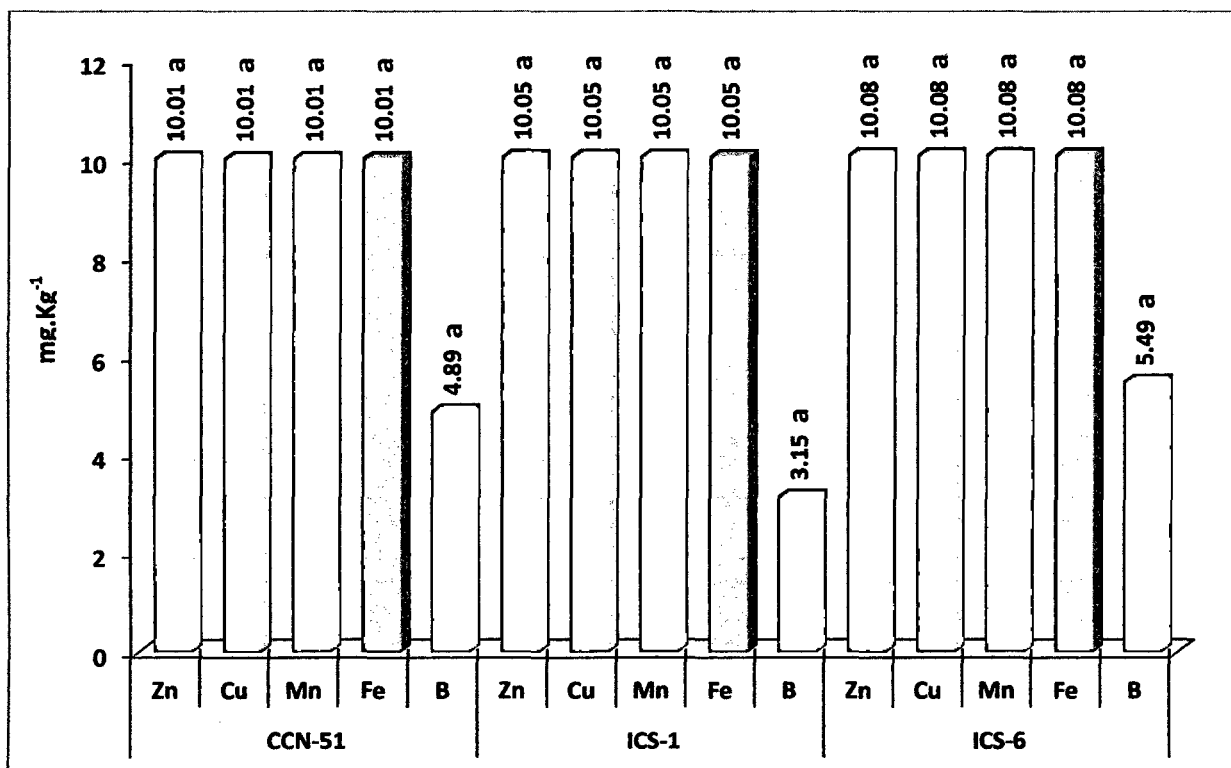


Gráfico 7: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en frutos cherelles.

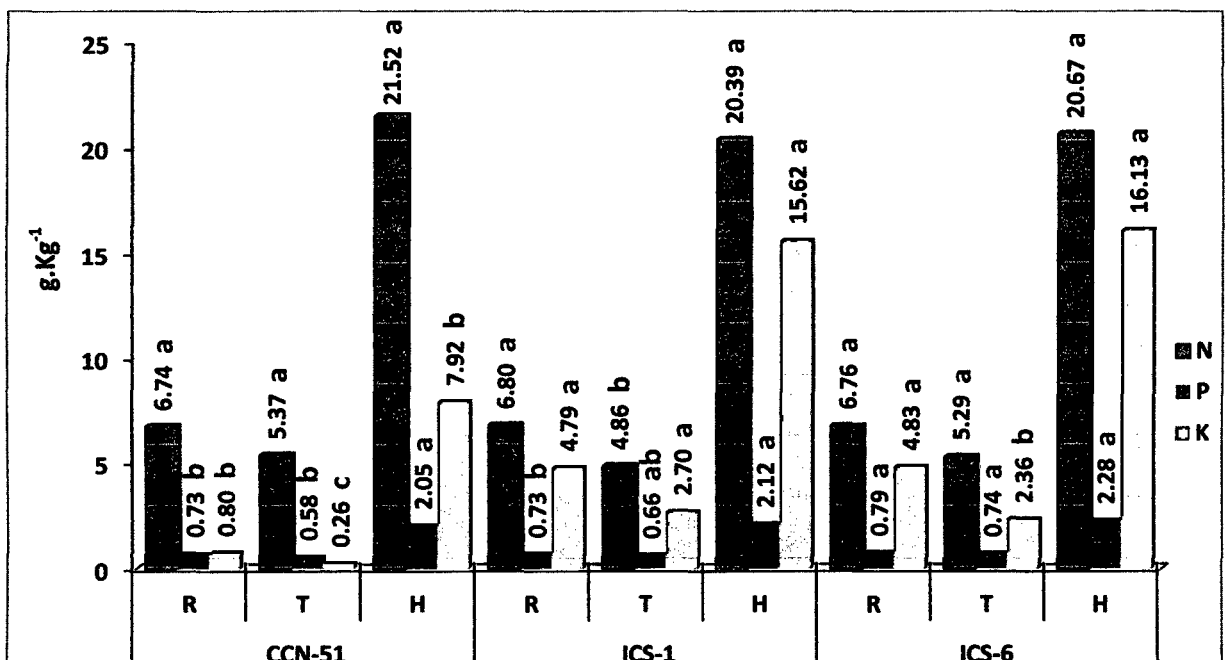
## 5.6 Concentración de nutrientes en raíz, tallo y hojas de clones de cacao

### 5.6.1 Concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de N, P y K en raíz, tallo y hojas de clones de cacao

**Cuadro 13:** ANVA de la concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de N, P y K en raíz (R), tallo (T) y hojas (H).

F.V.	N			P			K		
	R	T	H	R	T	H	R	T	H
Bloques	N.S	**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	**	N.S	*	*	N.S	**	**	**
R <sup>2</sup> (%)	18	98	51	83	88	65	99	99	94
C.V (%)	1.64	1.3	4.6	2.89	5.47	8.18	8.7	1.23	11.72

N.S : No Significativo      \* : Significativo      \*\* : Altamente Significativo



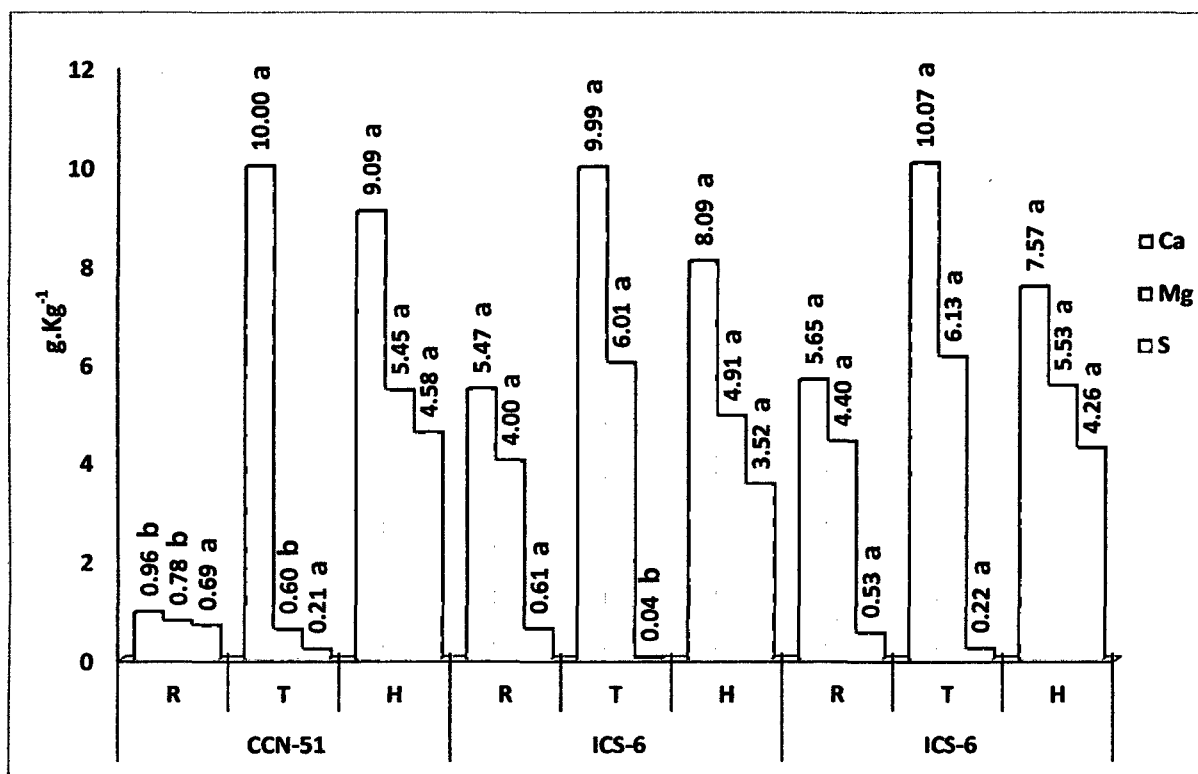
**Gráfico 8:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes primarios en raíz, tallo y hojas.

### 5.6.2 Concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de Ca, Mg y S en raíz, tallo y hojas de clones de cacao

**Cuadro 14:** ANVA de la concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de Ca, Mg y S en raíz (R), tallo (T) y hojas (H).

F.V.	Ca			Mg			S		
	R	T	H	R	T	H	R	T	H
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	**	N.S	N.S	**	**	N.S	N.S	**	N.S
R <sup>2</sup> (%)	99	46	69	98	99	71	52	93	77
C.V (%)	9.8	1.3	8.41	10.9	1.6	7.87	23.76	21.19	11.92

N.S : No Significativo      \*\*: Altamente Significativo



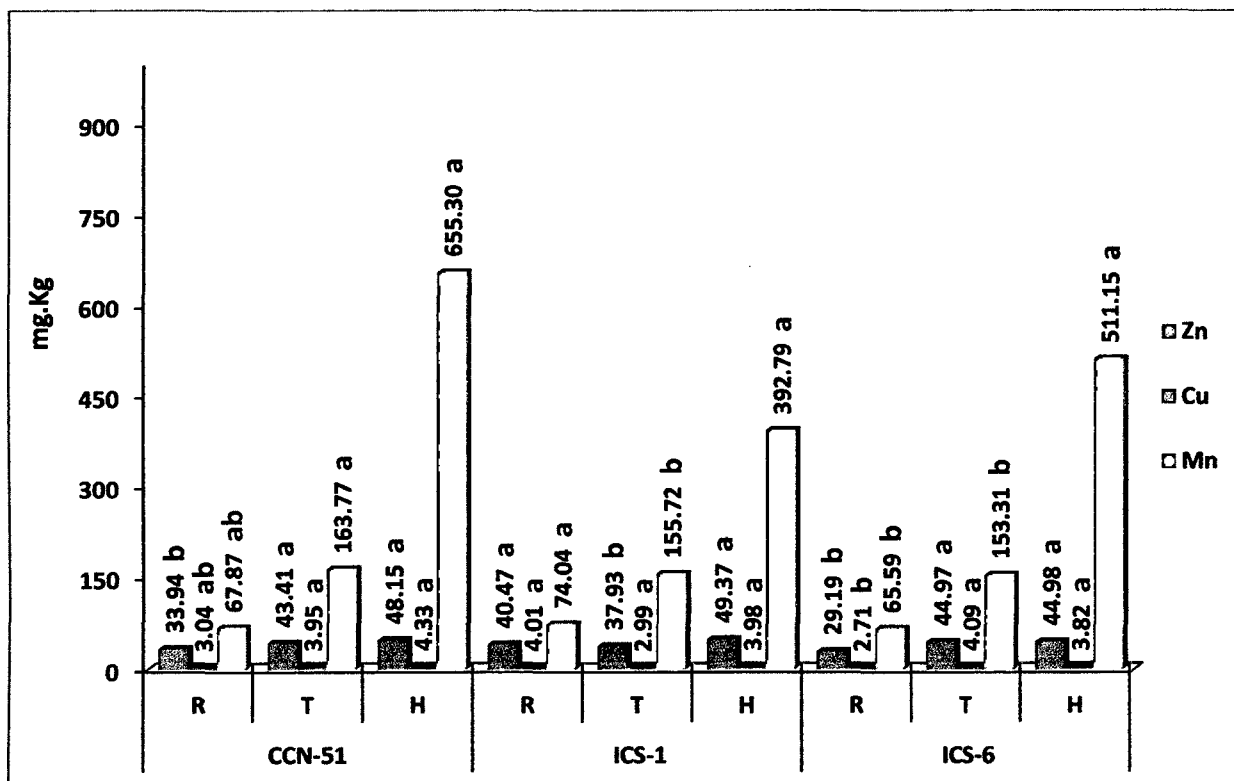
**Gráfico 9:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes secundarios en raíz, tallo y hojas.

**5.6.3 Concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Zn, Cu y Mn en raíz, tallo y hojas de clones de cacao**

**Cuadro 15: ANVA de la concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Zn, Cu y Mn en raíz (R), tallo (T) y hojas (H).**

F.V.	Zn			Cu			Mn		
	R	T	H	R	T	H	R	T	H
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	*	N.S	N.S
Tratamientos	**	*	N.S	*	N.S	N.S	*	*	N.S
R <sup>2</sup> (%)	93	92	15	85	49	68	89	90	57
C.V (%)	5.55	3.83	15.02	10.91	23.26	10.6	3.85	1.47	27.73

N.S : No Significativo      \* : Significativo      \*\* : Altamente Significativo



**Gráfico 10: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en raíz, tallo y hojas.**

### 5.6.4 Concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Fe y B en raíz, tallo y hojas de clones de cacao

Cuadro 16: ANVA de la concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Fe y B en raíz (R), tallo (T) y hojas (H).

F.V.	Fe			B		
	R	T	H	R	T	H
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	**	N.S	**	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	34	97	68	92	55	56
C.V (%)	4.62	2.81	8.23	14.2	35.45	14.79

N.S : No Significativo

\*\* : Altamente Significativo

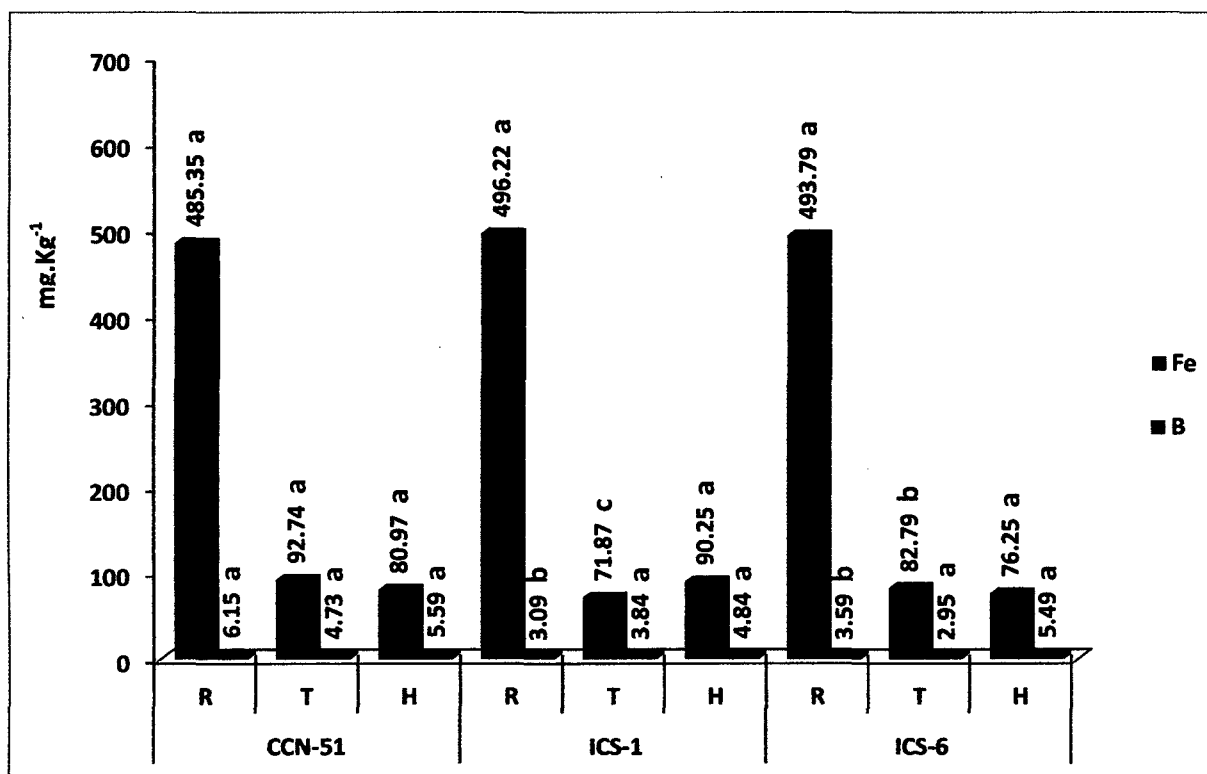


Gráfico 11: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en raíz, tallo y hojas.



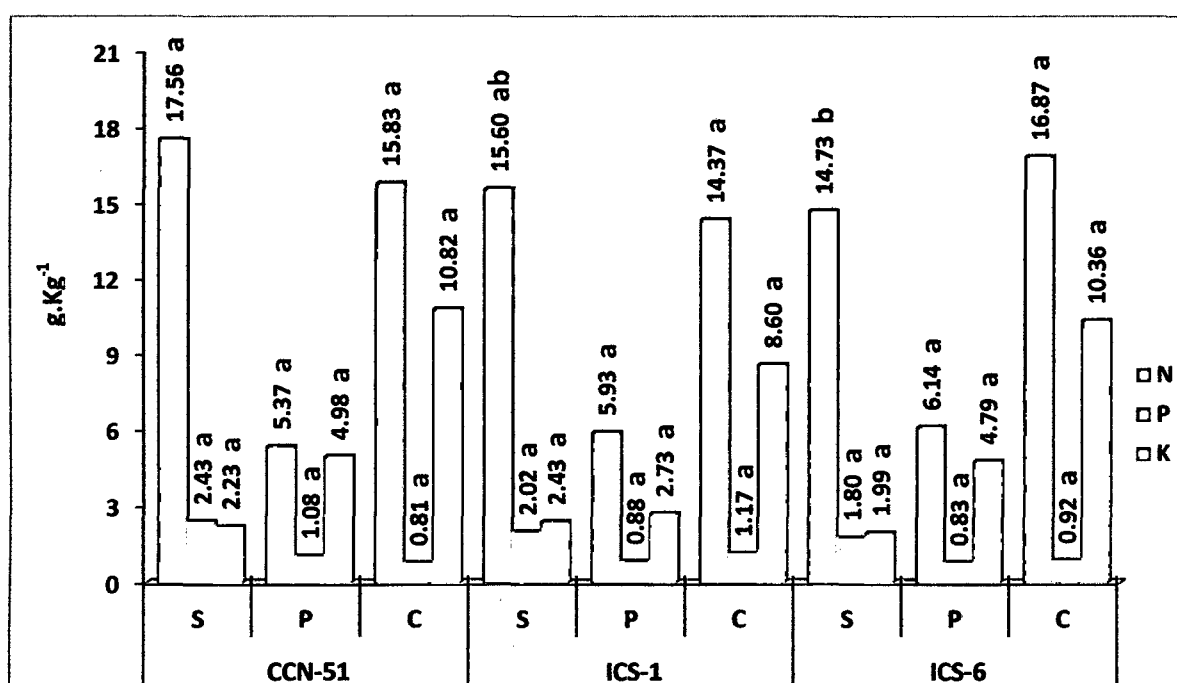
## 5.7 Concentración de nutrientes en semilla, placenta y cáscara del fruto

### 5.7.1 Concentración ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) de N, P y K en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao de cacao

**Cuadro 17:** ANVA de la concentración ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) de N, P y K en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C).

F.V.	N			P			K		
	S	P	C	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	87	63	23	44	18	49	79	77	77
C.V (%)	4.63	15.79	22.26	23.41	45.09	34.54	9.37	71.87	64.97

N.S: No Significativo \* : Significativo



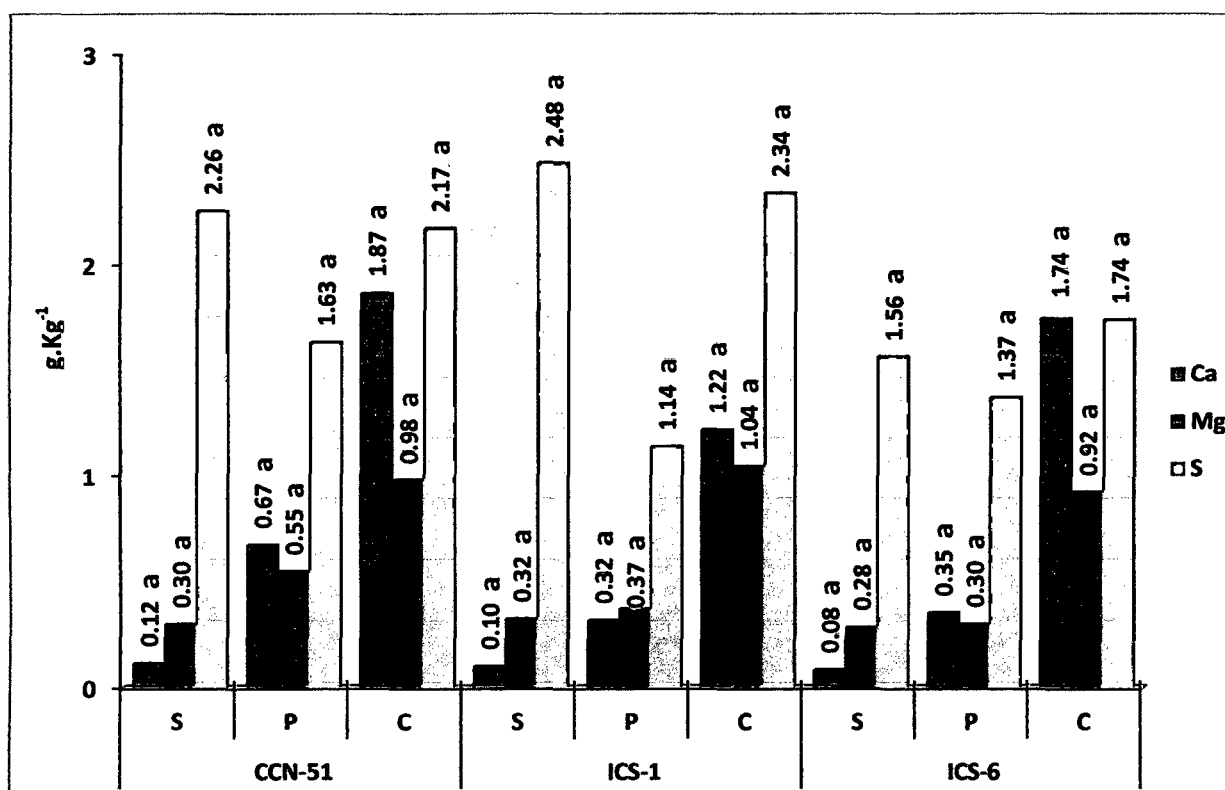
**Gráfico 12:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes primarios en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao.

### 5.7.2 Concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de Ca, Mg y S semilla, placenta y cáscara de clones de cacao

**Cuadro 18:** ANVA de la concentración (g.Kg<sup>-1</sup>) de Ca, Mg y S en semilla (S), placenta (P) y cascara (C).

F.V.	Ca			Mg			S		
	S	P	C	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	*	N.S	N.S	N.S	*	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	46	90	77	72	71	82	41	15	19
C.V (%)	29.85	43.3	69.66	6.43	73.7	59.65	44.67	96.75	67.96

N.S : No Significativo      \* : Significativo



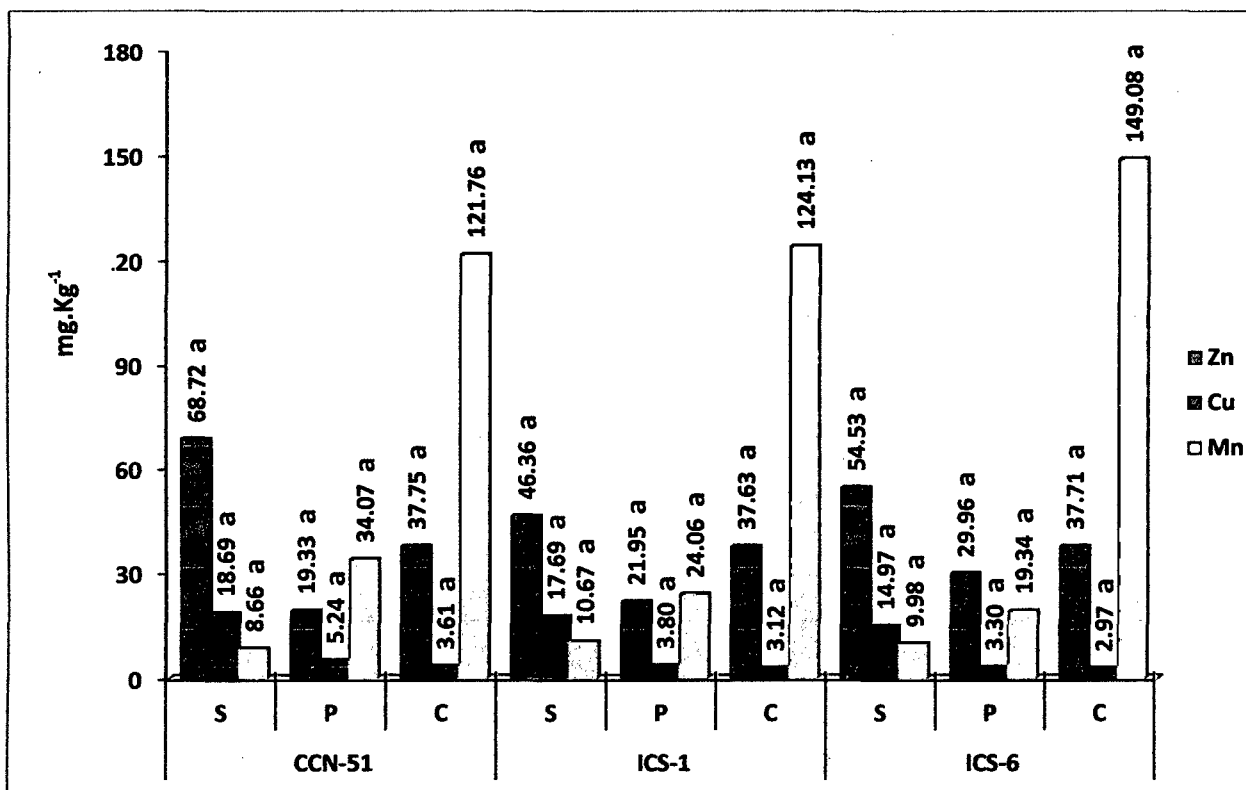
**Gráfico 13:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de macronutrientes secundarios en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao.

**5.7.3 Concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Zn, Cu y Mn en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

**Cuadro 19:** ANVA de la concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Zn, Cu y Mn en semilla (S), placenta (P) y cascara (C).

F.V.	Zn			Cu			Mn		
	S	P	C	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	63	64	54	32	57	80	50	26	49
C.V (%)	21.31	22.25	16.44	36.72	32.52	12.06	23.24	64.7	22.63

N.S : No Significativo



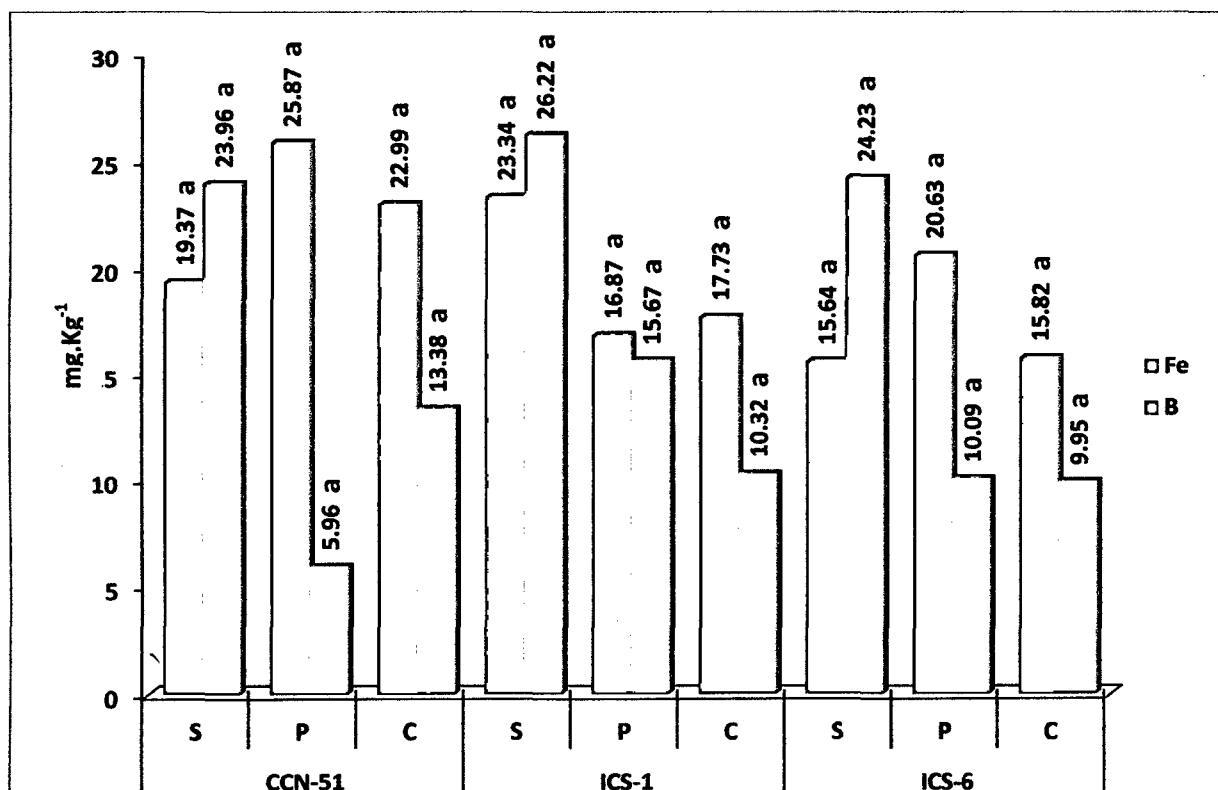
**Gráfico 14:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao.

**5.7.4 Concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de Fe y B en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao de cacao**

**Cuadro 20:** ANVA de la concentración (mg.Kg<sup>-1</sup>) de nutrientes de Fe y B en semilla (S), placenta (P) y cascara (C).

F.V.	Fe			B		
	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	76	24	58	25	29	51
C.V (%)	40.95	56.65	24.21	33.46	38.74	22.62

N.S : No Significativo



**Gráfico 15:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de concentración de micronutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao.

## 5.8 Extracción total de nutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao

### 5.8.1 Extracción (Kg.ha<sup>-1</sup>) de N, P, y K en la semilla, placenta y cáscara de cacao

Cuadro 21: ANVA de la extracción (Kg.ha<sup>-1</sup>) de nutrientes de N, P y K en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao.

F.V.	N			P			K		
	S	P	C	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	45	56	20	35	73	27	41	84	76
C.V (%)	27.31	41.37	43.56	30.31	44.78	55.43	34.88	57.35	62.92

N.S: No Significativo

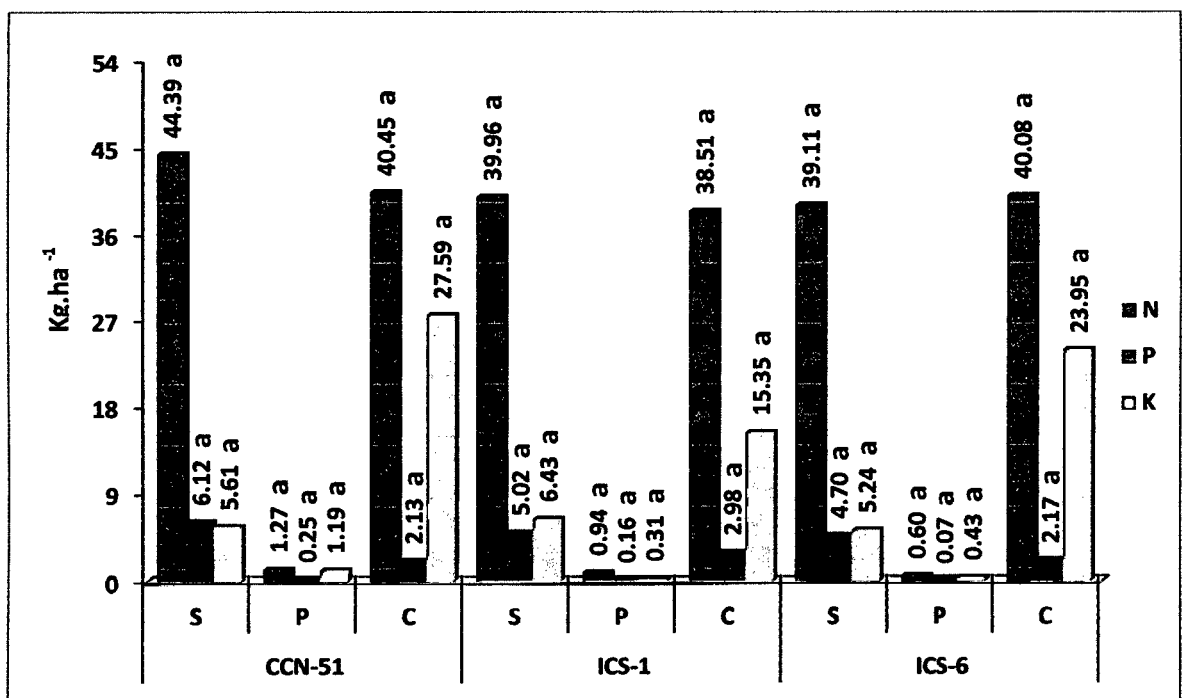


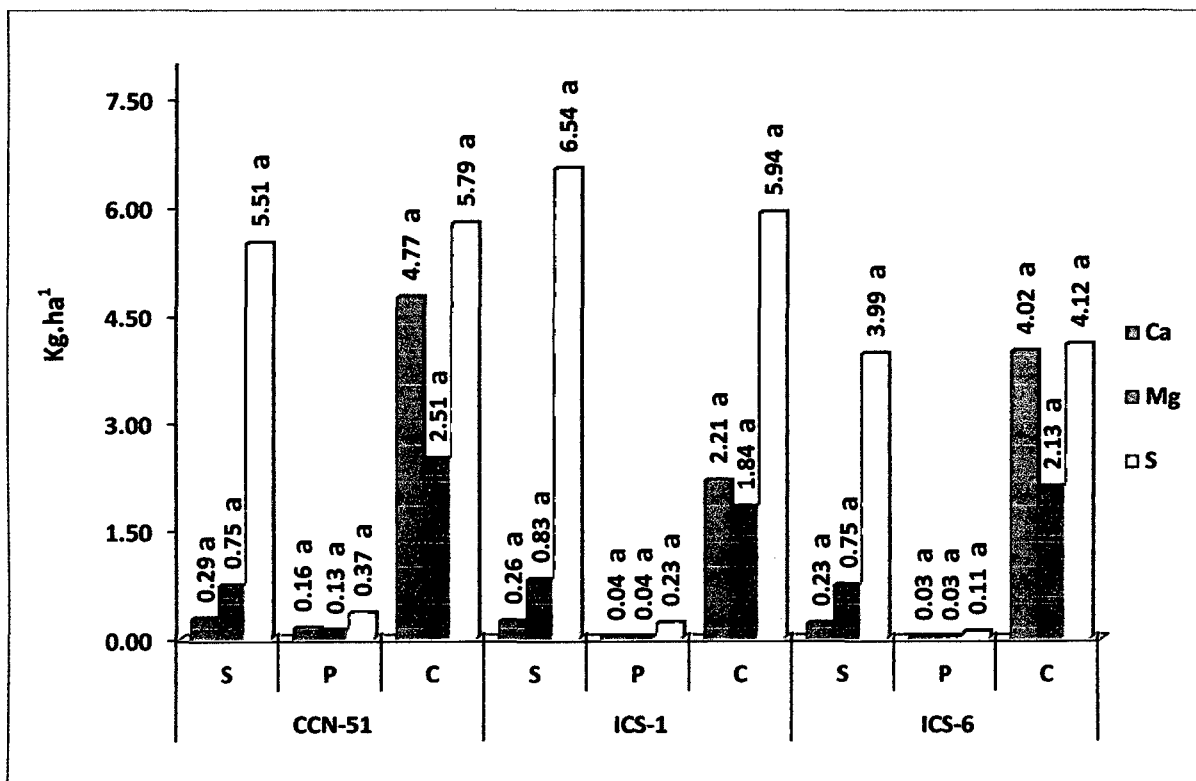
Gráfico 16: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de macronutrientes primarios de clones de cacao.

### 5.8.2 Extracción (Kg.ha<sup>-1</sup>) de Ca, Mg y S en semilla, placenta y cáscara de cacao

**Cuadro 22:** ANVA de la extracción (Kg.ha<sup>-1</sup>) de Ca, Mg y S en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao.

F.V.	Ca			Mg			S		
	S	P	C	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	*	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	43	82	74	41	76	84	45	57	16
C.V (%)	38.44	72.15	74.02	29.39	76.48	48.69	52.72	89.98	76.26

N.S : No Significativo      \*: Significativo



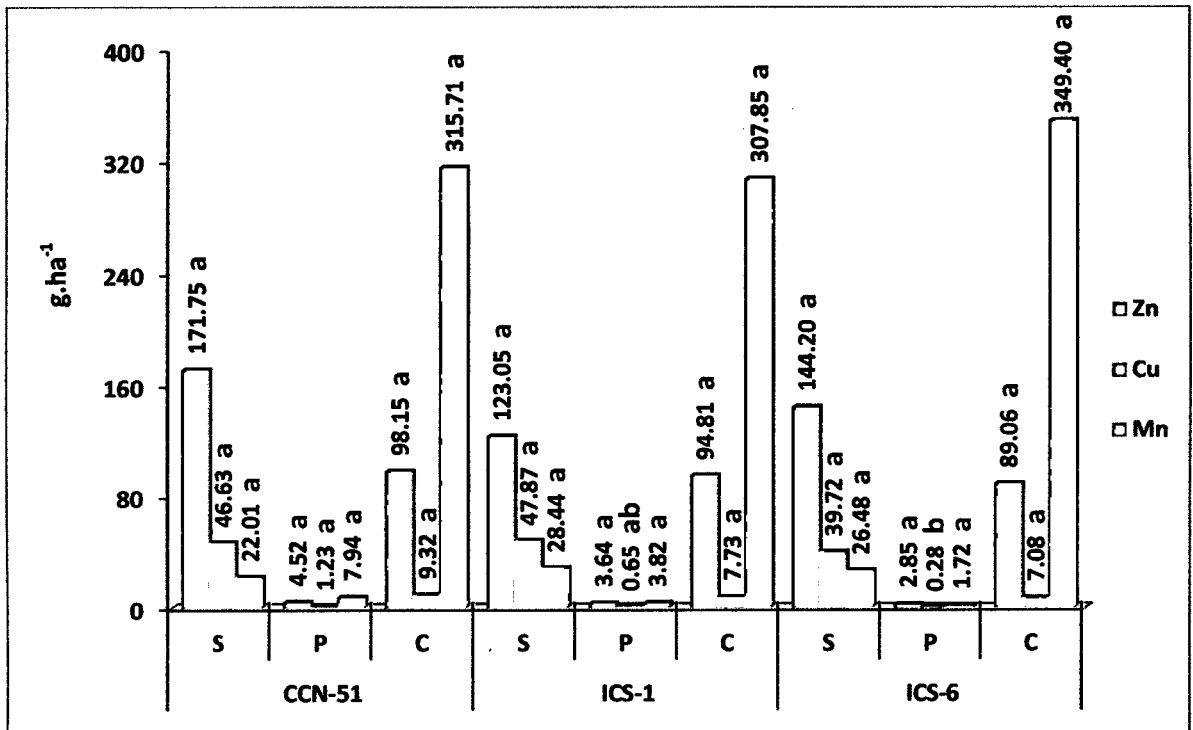
**Gráfico 17:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de macronutrientes secundarios de clones de cacao.

### 5.8.3 Extracción (g.ha<sup>-1</sup>) de Zn, Cu y Mn en semilla, placenta y cáscara de cacao

**Cuadro 23:** ANVA de la extracción (g.ha<sup>-1</sup>) de Zn, Cu y Mn en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao.

F.V.	Zn			Cu			Mn		
	S	P	C	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	*	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	72	58	10	53	80	20	41	65	55
C.V (%)	25.31	30.99	37.78	46.24	40.77	35.66	48.05	64.63	25.27

N.S : No Significativo      \* : Significativo



**Gráfico 18:** Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de micronutrientes de clones de cacao.

### 5.8.4 Extracción (g.ha<sup>-1</sup>) de Fe y B en la semilla, placenta y cáscara de cacao

Cuadro 24: ANVA de la extracción (g.ha<sup>-1</sup>) de Fe y B en semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) de clones de cacao.

F.V.	Fe			B		
	S	P	C	S	P	C
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	74	72	28	30	41	58
C.V (%)	61.76	54.13	44.99	43.8	56.08	31.09

N.S : No Significativo

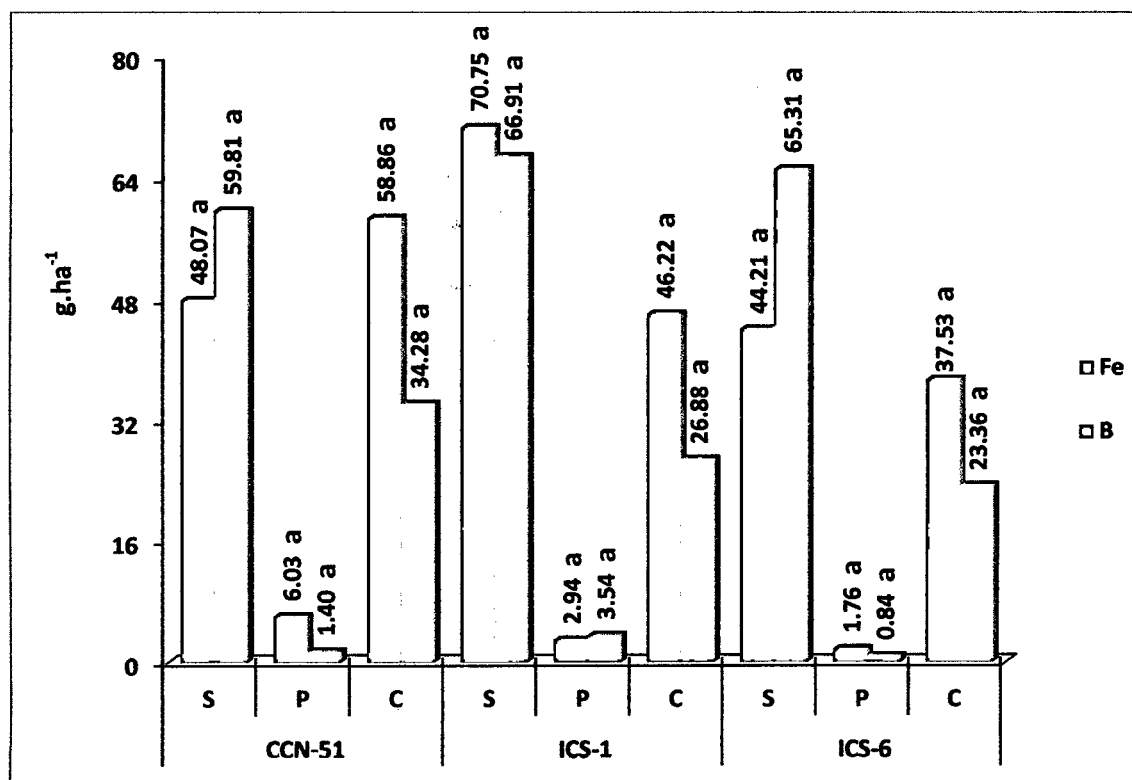


Gráfico 19: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de micronutrientes de clones de cacao.



## 5.9 Extracción de nutrientes en 1000 Kg de semilla seca de cacao

### 5.9.1 Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S en 1000 Kg de semilla seca de clones de cacao

Cuadro 25: ANVA de la extracción (Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>) de N, P, K, Ca, Mg y S de clones de cacao.

F.V	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	87	44	79	46	72	41
C.V (%)	4.63	23.41	9.37	29.85	6.43	44.67

N.S: No Significativo      \* : Significativo

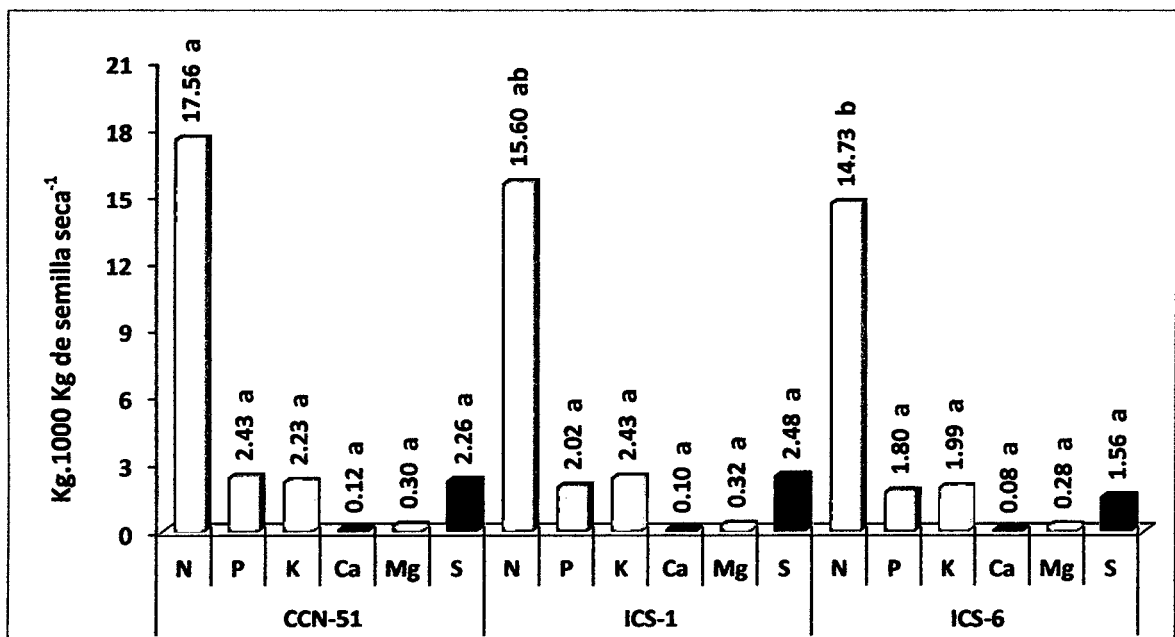


Gráfico 20: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de macronutrientes de clones de cacao.

### 5.9.2 Extracción de Zn, Cu, Mn, Fe y B en 1000 Kg de semilla seca de cacao

Cuadro 26: ANVA de la extracción (g.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>) de Zn, Cu, Mn, Fe y B de clones de cacao.

F.V	Zn	Cu	Mn	Fe	B
Bloques	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamientos	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
R <sup>2</sup> (%)	63	32	50	76	25
C.V (%)	21.31	36.72	23.22	40.95	33.46

N.S: No Significativo

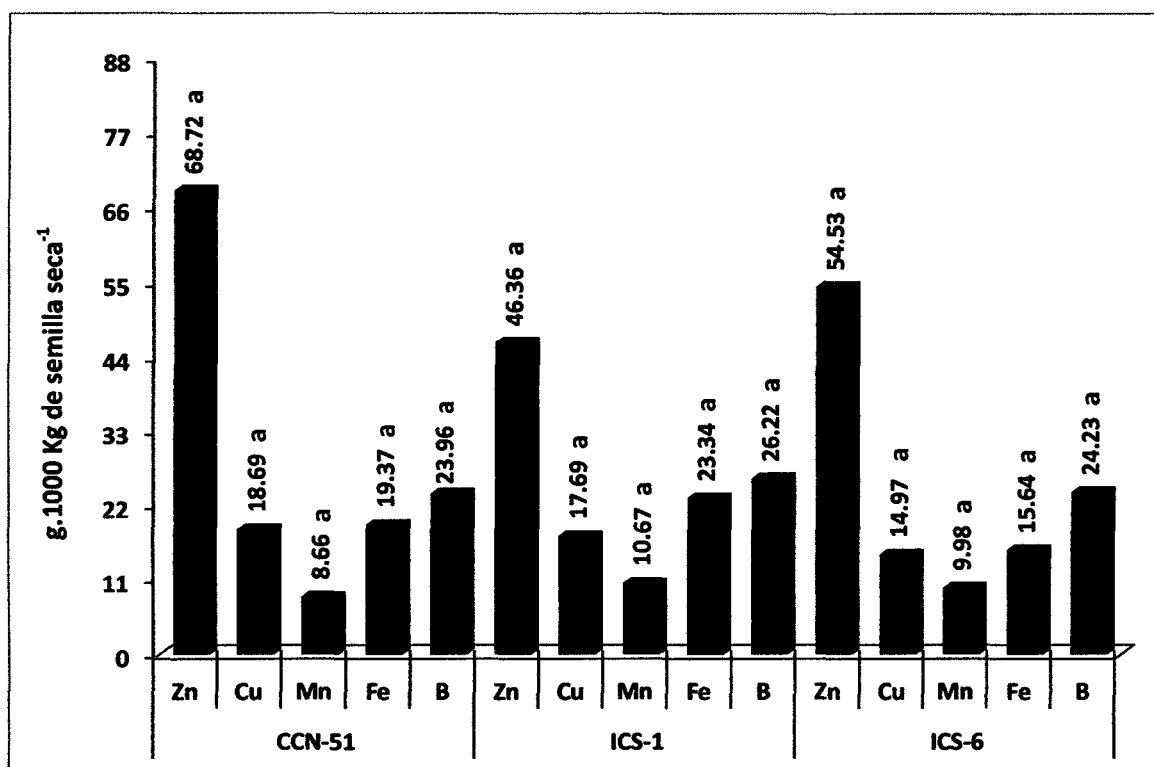


Gráfico 21: Prueba de Tukey (0.05) para el gráfico de extracción de micronutrientes de clones de cacao.

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1 Variables asociados al rendimiento

El cuadro 6, muestra que no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos para las variables asociados al rendimiento; pero sí numéricamente. Así lo muestra el gráfico 1 (prueba de Tukey), quien ratifica lo mencionado en el ANVA y expresa los diferentes valores encontrados en los clones estudiados; de esta manera: CCN-51 (FCP=30, NSF= 43, IS= 1.5 e IM= 15); ICS-1 (FCP= 31, NSF= 41, IS= 1.5 e IM=16) y del ICS-6 (FCP=30, NSF= 41, IS= 1.7 e IM= 14).

Contrastando los resultados de este estudio; el clon CCN-51, es ligeramente inferior respecto al índice de mazorca (IM: 15) en relación a los reportados por Puentes-Páramo *et al.*, (2014), Esmeraldas (2012) y García (2104); quienes señalan un IM de 16 frutos para hacer 1 Kg de semilla seca. Similar tendencia ocurre referente al número de semillas por fruto (NSF: 43); respecto a los reportados por García (2104) y Esmeraldas (2012); los mismos que establecen el NSF de 44 y 48 respectivamente, para este clon. Sin embargo, respecto a lo que reportan Puentes-Páramo *et al.*, (2014) el valor encontrado es superior (NSF: 39). En tanto, el índice de semilla (IS: 1.5) encontrado, es inferior a lo revelado por Puentes-Páramo *et al.*, (2014) y Esmeraldas (2012) quienes indican un IS de 1.6. Por otro lado, los frutos cosechados por planta (FCP: 30) para el CCN-51, es inferior a lo que obtuvieron Puentes-Páramo *et al.*, (2014) quienes cosecharon 34 frutos por planta.año<sup>-1</sup>.

Los resultados encontrados en el clon ICS-1, respecto al IM (16) y NSF (41) es inferior a lo indicado por García (2014), el cual señala que para este clon el IM es 23 y el NSF es 44. No obstante, el IS (1.5) encontrado para este clon es superior a lo que señala el mismo autor (I.S: 1.3).

Respecto al clon ICS-6, el resultado de IM (14) es inferior a lo revelado por García (2014) quien obtuvo un IM de 16; lo que significa que con este resultado se necesita un menor número de mazorcas para producir 1 Kg de semilla seca. Los valores observados en este mismo clon referente al IS (1.7) y NSF (41) son superiores a los indicados por el mismo autor (IS: 1.6; NSF: 39).

Teniendo en cuenta las características agronómicas de los materiales se determinó que las variables: número de mazorcas por planta, número de granos por mazorca e índice de grano, son independientes para cada material genético, influyendo directamente en la producción y rendimiento de los mismos (Mora *et al.*, 2011).

## **6.2 Rendimiento**

El análisis de varianza para el rendimiento (cuadro 7), muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Así lo demuestra el gráfico 2 (prueba de Tukey), el cual corrobora lo mencionado en el ANVA y de acuerdo a las variables asociados al rendimiento el clon que mayor rendimiento obtuvo fue

el ICS-6 con 2679 Kg.ha<sup>-1</sup>, seguido del ICS-1 con 2628 Kg.ha<sup>-1</sup> y por último el CCN-51 con 2526 Kg.ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento obtenido por el clon CCN-51 (2526 Kg.ha<sup>-1</sup>) es superior a lo reportado por Puentes-Páramo *et al.*, (2014) y Esmeraldas (2012), quienes reportan rendimientos de 2020 y 1783 Kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, respectivamente. Asimismo, el rendimiento adquirido por el ICS-1 en este estudio supera al rango establecido por García (2014); el cual señala que el rendimiento de este clon oscila de 652 a 1956 Kg.ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, el rendimiento del clon ICS-6 se encuentra dentro del rango establecido por el mismo autor (937 a 2812 Kg.ha<sup>-1</sup>).

Los clones estudiados: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (autocompatibles), representan alta productividad; pues sus potencial genético-productivo abastece para mayores rendimientos aún; esto se vislumbra en la zona de Tocache en la que agricultores llegan a producir hasta 2.5 t.ha<sup>-1</sup> (INFOREGIÓN, 2010); lógicamente, esto implica la adopción de tecnologías; es decir, programas de fertilización de acorde al lugar, manejo de plagas y enfermedades, manejo de malezas, distribución de agua o riego, etc. (ALVIM, 1989).

Una posible explicación a los altos rendimientos de semilla seca en los tres clones estudiados, puede atribuirse a que estos materiales evaluados fueron autocompatibles; lo cual incrementa el porcentaje de polinización y cuajamiento de mazorcas (Mora *et al.*, 2011).

### **6.3 Materia seca de frutos cherelles**

El análisis de varianza para la materia seca de frutos cherelles (cuadro 8), indica que existen diferencias significativas entre tratamientos. El gráfico 3 (prueba de Tukey), confirma lo citado en el análisis de varianza y además muestra que la materia seca (de mayor a menor) promedio por clones fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (506, 249 y 128 Kg.ha<sup>-1</sup>).

Si bien es cierto; a pesar de varios trabajos realizados sobre marchitez prematura de frutos de cacao (cherelles), la razón exacta no es bien conocida; sin embargo, se sabe que el mismo es controlado por un mecanismo interno de la planta; entre ellos: la competición interna por fotoasimilados entre hojas y frutos nuevos, competición interna entre frutos de edades diferentes y una combinación de estas últimas (Müller y Valle, 2012).

Si bien es cierto, en este estudio existen diferencias estadísticas entre los clones ensayados, existe la posibilidad de que en cada uno de los clones estudiados; esas diferencias se podrían atribuir a la incidencia de enfermedades como la monilia, fitóptora y escoba de bruja; puesto que esta prospera más en épocas lluviosas (humedad); para tal caso véase el cuadro 01 (condiciones climáticas) en el que se aprecia abundancia de lluvias y altas humedad desde enero a mayo. Esto es sustentado por Bartolomé (1982); quién señala que en los periodos de mayores precipitaciones y con ello altas humedades; se crean condiciones más adecuadas para el marchitamiento de orden fungoso.

## **6.4 Materia seca de raíz, tallo, hojas, semilla, placenta y cáscara del cacao**

### **6.4.1 Materia seca de raíz (R), tallo (T) y hojas (H) del cacao**

El cuadro 9, indica que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el tallo entre bloques, y entre tratamientos en hojas; en el resto de variables no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Asimismo, el gráfico 4 (prueba de Tukey), ratifica lo mencionado en el ANVA y además revela que la materia seca (de mayor a menor) promedio del tallo se distribuyó por clones de esta manera: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (42 299, 40 778 y 40 765  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ), de la raíz de esta forma: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (3755, 3472 y 2983  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) y de las hojas fue así: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (3914, 2912 y 1173  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ).

Orrico da Silva (2009) al evaluar la biomasa seca por componentes de clones de cacao encontró que en raíces fue de 4 040  $\text{Kg.ha}^{-1}$ , en el tallo fue de 7670  $\text{Kg.ha}^{-1}$  y en las hojas de 2790  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ; en comparación con los hallados en este estudio; en el cual la mayor cantidad de materia seca de raíces ocurrió en el clon CCN-51 (3755  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ), de tallo y hojas se encontró en el ICS-6 (42 299 y 3914  $\text{Kg.ha}^{-1}$  respectivamente). Obviamente estos resultados son inferiores a lo encontrado en nuestro experimento. Esta aseveración se justifica porque el autor antes mencionado, trabajó con clones de 7 años de edad, ya que la biomasa del cacao es directamente proporcional a su edad (Rivero y Mérida, 2009) y que además estos estaban siendo manejados con podas. Además, la acumulación de biomasa del cacao es creciente hasta la etapa madura. En esta etapa su tasa

de acumulación se hace constante, y el aumento de la producción de biomasa se centra en el tallo y ramas (Alpizar *et al.*, 1986).

En este estudio se observó que el clon ICS-6, superó en materia seca de tallo a lo demás clones la explicación posiblemente sea en el material genético (estructura y constitución del árbol); tal como lo explica Thong y Ng (1980). Además se puede deber a que el desarrollo de la arquitectura de los árboles de cacao difieren de un lugar a otro (Rivero y Mérida, 2009).

#### **6.4.2 Materia seca de semilla (S), placenta (P) y cáscara (C) del cacao**

El cuadro 10, muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos en la materia seca de semilla, placenta y cáscara del cacao. El gráfico 5 (prueba de Tukey), confirma lo indicado en el ANVA y que además revela que la materia seca (de mayor a menor) promedio de la semilla por clones fue así: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (2679, 2628 y 2526 Kg.ha<sup>-1</sup>), de la cáscara de este modo: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (2813, 2728 y 2605, Kg.ha<sup>-1</sup>) y de la placenta de esta manera: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (234, 169 y 97 Kg.ha<sup>-1</sup>).

Tanto Esmeraldas (2012) como Puentes-Páramo *et al.*, obtuvieron una materia seca de semillas inferiores (1783 y 2020 Kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) a lo encontrado en el clon CCN-51 (2526 Kg.ha<sup>-1</sup>). Asimismo, Orrico da Silva (2009), reportó una materia seca para la cáscara y semillas de 1830 y 1500 Kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente; dichos valores son inferiores a los encontrados en este estudio.



Una posible explicación a las diferencias numéricas en este estudio con resultados de otros autores lo formula Vello *et al.*, (1982); los cuales dicen que la acumulación de biomasa seca en cáscara y semillas no es sólo determinado por las diferencias genéticas en las tasas de crecimiento, sino también por factores ambientales y prácticas de manejo. Asimismo, esta acumulación depende principalmente de la capacidad fotosintética de cada genotipo, ya que el contenido de nutrientes minerales de la mayoría de los tejidos vegetales representa sólo el 5% de la biomasa seca producida (Hutcheon, 1986).

## **6.5 Concentración de nutrientes en frutos cherelles**

### **6.5.1 Concentración de N, P, K, Ca, Mg y S en frutos cherelles**

El cuadro 11, indica que no existen diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para los elementos en discusión; a excepción de K, el cual muestra alta significancia. El gráfico 6 (Prueba de Tukey), corrobora lo antedicho en ANVA, resaltando al K como el nutriente que en mayor cantidad existió en frutos cherelles, es así que su concentración (de mayor a menor) por clones fue: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (45.06, 40.19 y 31.83 g.Kg<sup>-1</sup>); luego están los elementos N (8.06, 8.04 y 6.92 g.Kg<sup>-1</sup> en el ICS-6, ICS-1 y CCN-51) y Ca (8.29, 8.17 y 6.89 g.Kg<sup>-1</sup> en el ICS-1, ICS-6 y CCN-51); y con muy pocos contenidos están los nutrientes Mg (2.80, 2.69 y 2.57 g.Kg<sup>-1</sup> en el CCN-51, ICS-1 e ICS-6), el P (0.63, 0.60 y 0.31 g.Kg<sup>-1</sup> en el ICS-6, CCN-51 e ICS-1) y el S (0.50 g.Kg<sup>-1</sup> en los tres clones).

La razón por la que se encuentra una mayor concentración sobre todo de K en frutos cherelles, se debe a que probablemente a que el potasio es el más requerido en el desarrollo de frutos que es donde comienza a absorber más carbohidratos, aumentando el contenido de azúcar en los frutos (Chepote *et al.*, 2012).

Además, de manera indirecta; posiblemente estos se vieron interrumpidos en la absorción normal de nutrientes por daños causados por enfermedades fungosas; tales como: moniliasis, fitóptora y escoba de bruja; ya que estos se encuentran muy diseminados dentro de las 4 has, en cuyo área se desarrolló el experimento. Si bien es cierto, se realizó se llevó un control fitosanitario cada 15 días en el lugar experimental; más no así en el resto con esa frecuencia. Esto es sustentado por Bartolomé (1982); quién señala que en los periodos de mayores precipitaciones y con ello altas humedades; se crean condiciones más adecuadas para el marchitamiento de orden fungoso. Esta aseveración es sustentada en este estudio observándose el cuadro 01; en el que se vislumbra que en enero, febrero, marzo, abril y mayo se dieron las más altas precipitaciones.

### **6.5.2 Concentración de Zn, Cu, Mn, Fe y B en frutos cherelles**

El cuadro 12, indica que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para el contenido de Zn, Cu, Mn, Fe y B en frutos cherelles. El gráfico 7 (Prueba de Tukey), corrobora lo mencionado en el ANVA y además

revela que el Zn, Cu, Mn y Fe están en mayor concentración y el B en menor contenido en frutos cherelles; es así que la concentración (de mayor a menor) de Zn, Cu, Mn y Fe estuvo así: 10.01 mg.Kg<sup>-1</sup> en todos los casos en el CCN-51; de 10.05 mg.Kg<sup>-1</sup> en todos los minerales en el ICS-1 y de 10.08 mg.Kg<sup>-1</sup> en el ICS-6, en todos los nutrientes; en tanto, el contenido de B es: 5.49 mg.Kg<sup>-1</sup> en el ICS-1, 4.89 mg.Kg<sup>-1</sup> en el CCN-51 y 3.15 mg.Kg<sup>-1</sup> en el ICS-6.

Como se observa, en cada clon estudiado se observan las mismas cantidades. Debido a que no existen referencias de otros estudios sobre concentraciones de estos elementos en cherelles; posiblemente es por la función que estos están tanto directa como indirectamente; el Zn por ejemplo tiene función en la formación de carbohidratos y proteínas, el Cu actúa como distribuidor de carbohidratos, el Mn participa en la síntesis de proteínas, el Fe es constituyente de proteínas y el B participa en la formación de frutos (Chepote *et al.*, 2012).

## **6.6 Concentración de nutrientes en raíz, tallo y hojas de clones de cacao**

### **6.6.1 Concentración de N, P y K (g.Kg<sup>-1</sup>) en raíz, tallo y hojas de clones de cacao**

El cuadro 13, indica que existen altas diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos en el contenido de N en el tallo, pero no en la raíz y hojas. Para el P, existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en raíz y tallo, pero no en hojas. Respecto al K, existen altas diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos en raíz, tallo y hojas. El gráfico 8 (Prueba de Tukey), confirma lo

encontrado en el ANVA y además revela que orden descendente de concentración promedio en raíz, tallo y hojas fue:  $N > K > P$ . En general, la mayor concentración promedio de N, K y P se encontró las hojas.

Esto se corrobora ordenando los valores por clones; es decir, en la raíz, el N estuvo de la siguiente manera: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (6.80, 6.76 y 6.74  $\text{g.Kg}^{-1}$ ). El K fue así: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (4.83, 4.79 y 0.80  $\text{g.Kg}^{-1}$ ). El P de esta forma: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (0.74, 0.73 y 0.73  $\text{g.Kg}^{-1}$ ). En el tallo, el N fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (5.37, 5.29 y 4.86  $\text{g.Kg}^{-1}$ ); el K así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (2.70, 2.36 y 0.26  $\text{g.Kg}^{-1}$ ) y el P de esta manera: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (0.74, 0.66 y 0.58  $\text{g.Kg}^{-1}$ ). En las hojas, el N fue de este modo: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (21.52, 20.67 y 20.39  $\text{g.Kg}^{-1}$ ), el K se concentró así: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (16.13, 15.62 y 7.92  $\text{g.Kg}^{-1}$ ) y el P de esta forma: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (2.28, 2.12 y 2.05  $\text{g.Kg}^{-1}$ ).

Las concentraciones de N, P y K en la raíz del clon ICS-6 son inferiores en relación con lo reportado por Torres (2014); el cual indica una concentración de 20  $\text{g.Kg}^{-1}$  de N, 5.6  $\text{g.Kg}^{-1}$  de P y 24.8  $\text{g.Kg}^{-1}$  de K. El mismo autor encontró que la concentración de N, P y K en el tallo fue 22.2  $\text{g.Kg}^{-1}$  de N, 11  $\text{g.Kg}^{-1}$  de P y 21.1  $\text{g.Kg}^{-1}$  de K; valores obviamente superiores con lo hallado en este estudio para el clon ICS-6. De igual forma encontró 31.1  $\text{g.Kg}^{-1}$  de N, 4.9  $\text{g.Kg}^{-1}$  de P y 44.6  $\text{g.Kg}^{-1}$  de K en las hojas del clon ICS-6; todos estos son superiores respecto a los encontrados en este estudio para el clon en mención.

En tanto, Orrico da silva (2009); reporta concentraciones promedios (raíz fina, mediana y gruesa) de N, P y K en la raíz de 9.2, 1.03 y 6.3 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente; cifras relativamente superiores a los obtenidos en los tres clones estudiados. Asimismo; en el tallo, indica que la concentración de N, P y K que encontró fue 7.3, 1.2 y 6.6 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente; valores relativamente bajos en los tres clones ensayados. También; en las hojas señala que, la concentración de N, P y K que halló fue 22.3, 1.6 y 8.9 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Asimismo, la concentración de P en las hojas del clon CC-51 es similar y de N y K son inferiores de acuerdo con los reportados por Puentes-Páramo *et al.*, (2014); los mismos que indican que para P, N y K de 2.31, 24.8, y 24.22 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Con respecto al contenido de N y P en las hojas, nuestros resultados están dentro del rango establecido por Malavolta (1995) en los tres clones estudiados (20 a 23 g.Kg<sup>-1</sup> del N y del P de 2 a 2.3 g.Kg<sup>-1</sup>) y en cuanto al K, según Abreu Júnior *et al.*, (1996) nuestros valores hallados están dentro del rango para el clon CCN-51 (3.8 a 12.5 g.Kg<sup>-1</sup>).

Si bien es cierto, las mayores concentraciones de los tres nutrientes en discusión se localizaron en las hojas de los tres clones estudiados. Esto es posiblemente por la función que cumplen dentro de la planta; ya que el N es constituyente de la clorofila (Kovacik *et al.*, 2007), el P es indispensable en la fotosíntesis (Chepote *et al.*, 2012) y el K es un activador de enzimas implicados en la fotosíntesis (Pyo

*et al.*, 2010); todos estos procesos se dan en las hojas. Por otro lado, el contenido de N en la planta de cacao varía en función al suelo (Igue *et al.*, 1983); y en especial del K, que es un nutriente que se acumula siempre en partes de activo crecimiento como las hojas (Chepote *et al.*, 2012); y además el K representa el que mayor movilidad tiene en un sistema agroforestal o sombreado de cacao (Müller y Gama-Rodrigues, 2012).

Por otra parte, las diversas concentraciones inferiores o superiores pueden deberse a la época de colecta de muestras puede ser uno de los factores que interfieren con el contenido de nutrientes en la planta de cacao; y sugiere que el muestreo se debe realizar en periodos donde hay una mayor estabilidad de los niveles de nutrientes en las plantas (Orrico da silva, 2009; Barbazán, 1998).

#### **6.6.2 Concentración de Ca, Mg y S en raíz, tallo y hojas de clones de cacao**

El cuadro 14, indica que entre tratamientos existe alta significancia ( $P < 0.01$ ) en la concentración de Ca en la raíz, de Mg en raíz y tallo y de S en el tallo; respecto a los demás componentes de la planta no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). En el gráfico 9 (Prueba de Tukey), se muestra lo obtenido en el cuadro ANVA y además revela que el orden descendente de concentración promedio de nutrientes tanto en raíz, tallo y hojas fue:  $Ca > Mg > S$ ; en general la mayor concentración promedio de Ca hubo en el tallo, Mg y S en las hojas.

Lo anterior se ratifica estableciendo los valores encontrados por clones: La concentración de Ca en la raíz fue: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (5.65, 5.47 y 0.96 g.Kg<sup>-1</sup>); el Mg estuvo así: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (4.40, 4.00 y 0.78 g.Kg<sup>-1</sup>) y el S de esta manera: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.69, 0.61 y 0.53 g.Kg<sup>-1</sup>). En el tallo, el contenido de Ca fue: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (10.07, 10 y 9.99 g.Kg<sup>-1</sup>); el Mg fue: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (6.13, 6.01 y 0.21 g.Kg<sup>-1</sup>) y el S de esta forma: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (0.22, 0.21 y 0.04 g.Kg<sup>-1</sup>). En las hojas, la concentración de Ca se distribuyó así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (9.09, 8.09 y 7.57 g.Kg<sup>-1</sup>); el Mg así: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (5.53, 5.45 y 4.91 g.Kg<sup>-1</sup>) y el S de este modo: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (4.58, 4.26 y 3.52 g.Kg<sup>-1</sup>).

Los valores de concentración obtenidos en este estudio en la raíz del clon ICS-6 de 4 meses de edad; para el Ca es superior, de Mg y S son inferiores con respecto a lo que reporta Torres (2014) para el Ca (3.8 g.Kg<sup>-1</sup>), Mg (7.1 g.Kg<sup>-1</sup>) y S (1.5 g.Kg<sup>-1</sup>). Asimismo, en el tallo del mismo clon, las concentraciones encontradas en este ensayo son inferiores respecto al reporte del mismo autor para el Ca (17.5 g.Kg<sup>-1</sup>), Mg (13.8 g.Kg<sup>-1</sup>) y S (1.3 g.Kg<sup>-1</sup>). Sin embargo, los contenidos de Ca y Mg son similares, lo que no sucede con el de S que es superior respecto al autor antes mencionado; que indica un contenido de Ca, mg y S de 7.1, 5.0 y 2.3 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Los valores encontrados de Ca en las hojas de los clones ICS-6 e ICS-1 se encuentran dentro del rango establecido por Malavolta (1995); éste indica que

para clones productivos; la concentración de calcio está entre 5.0 y 8.1 g.Kg<sup>-1</sup>; lo mismo ocurre para el Mg (4.0 a 6.0 g.Kg<sup>-1</sup>) en los tres clones estudiados en relación a lo que revela este autor.

Si bien es cierta, la mayor concentración de Ca se encontró en el tallo y hojas; y de Mg y S en las hojas probablemente será debido a la función que estos ejercen. El Ca es un elemento que se halla presente en mayor proporción en las hojas y tallos que en las semillas; pero, va a depender mucho de la cantidad de calcio asimilable presente en el suelo (Navarro, 2003). El Ca es constituyente de la lámina media de la pared celular como pectato de calcio (agente cementante que mantiene unida a las células); en mayor proporción en tallos y ramas (Navarro, 2003 y Chepote *et al.*, 2012). Además, las plantas sanas generalmente lo acumulan en los tejidos maduros que transpiran (White, 2001); el Ca, posee baja movilidad y una limitada capacidad de redistribución a otros órganos a través del floema; de esta manera los síntomas de deficiencia se manifiestan primero en órganos más nuevos como las hojas jóvenes (Chepote *et al.*, 2012).

En tanto, el Mg componente principal de la molécula de clorofila, desempeña un papel indispensable en el proceso de la fotosíntesis, funcionando como activador de varias enzimas relacionadas al metabolismo de carbohidratos (Navarro, 2003). Por otro lado, Chepote *et al.*, (2012); indican que las plantas con carencias de S, muestran desordenes en la estructura de cloroplastos, disminución en la intensidad fotosintética, reducción del contenido de clorofila.



Las distintas concentraciones de nutrientes inferiores y superiores encontradas posiblemente se deben a que existe una disminución de la concentración de nutrientes con la edad. Estas disminuciones con el aumento de la edad se deben principalmente a una continua reducción en la concentración de nutrientes de los tejidos (efecto dilución) a medida que el árbol envejece, ya que existe un incremento de la proporción de las estructuras con carbono (C), como ser las de las paredes celulares (Lambers *et al.*, 1998).

### **6.6.3 Concentración de Zn, Cu y Mn en raíz, tallo y hojas de clones de cacao**

El cuadro 15, muestra que entre tratamientos, para el contenido de Zn en la raíz existe alta diferencia significativa ( $P < 0.01$ ). Asimismo, esta misma variable en el tallo indica que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y en las hojas no hay diferencias. Para el Cu en la raíz, hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y en el tallo y hojas no existen. En tanto que para el Mn en la raíz y tallo existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las hojas no existe tal situación. El gráfico 10 (Prueba de Tukey), demuestra lo afirmado en el cuadro de ANVA y que además el orden descendente de concentración promedio de nutrientes tanto en raíz, tallo y hojas fue:  $Mn > Zn > Cu$ . En general, la mayor concentración promedio de Mn, Zn y Cu se encontraron en las hojas.

Esto se corrobora ordenando los valores por clones. En la raíz, el Mn fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (74.04, 67.87 y 65.59  $mg.Kg^{-1}$ ); el Zn fue de esta manera:

ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (40.47, 33.94 y 29.19 mg.Kg<sup>-1</sup>) y el Cu así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (4.01, 3.04 y 2.71 mg.Kg<sup>-1</sup>). En el tallo, el Mn estuvo así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (163.77, 155.72 y 153.31 mg.Kg<sup>-1</sup>); el Zn fue así: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (44.97, 43.41 y 37.93 mg.Kg<sup>-1</sup>) y el Cu de este modo: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (4.09, 3.95 y 2.99 mg.Kg<sup>-1</sup>). En las hojas, el Mn estuvo así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (655.30, 511.15 y 392.79 mg.Kg<sup>-1</sup>); el Zn de esta manera: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (49.37, 48.15 y 44.98 mg.Kg<sup>-1</sup>) y el Cu así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (4.33, 3.98 y 3.82 mg.Kg<sup>-1</sup>).

Al respecto Torres (2014), encontró valores superiores de concentración del Zn (42.58 mg.Kg<sup>-1</sup>), Cu (10.99 mg.Kg<sup>-1</sup>) y de Mn (13.74 mg.Kg<sup>-1</sup>) valor inferior en la raíz del clon ICS-6; respecto con los hallados en este estudio. También, en el tallo encontró valores superiores de Zn (66.57 mg.Kg<sup>-1</sup>) y de Cu (8.18 mg.Kg<sup>-1</sup>) e inferior de Mn (21.02 mg.Kg<sup>-1</sup>). Este mismo autor, encontró en las hojas del mismo clon; resultado inferior de Zn (36.19 mg.Kg<sup>-1</sup>), superiores de Cu (30.48 mg.Kg<sup>-1</sup>) y de Mn (74.29 mg.Kg<sup>-1</sup>).

Los resultados encontrados de concentración de Zn en hojas; de los tres clones estudiados, se encuentran dentro del rango que estipula Abreu Júnior *et al.*, (1996); en clones productivos de cacao (de 32 a 75 mg.Kg<sup>-1</sup>). Asimismo, las concentraciones de Cu y Mn en los tres clones ensayados se hallan por debajo (Cu: 6.0 a 8.7 mg.Kg<sup>-1</sup>) y superior (Mn: 242 a 435 mg.Kg<sup>-1</sup>) del rango establecido por el mismo autor.

Una posible explicación a que el Mn se encuentra en mayor cantidad concentrada en las hojas de los tres estudiados se podría atribuir a que este está implicado en la activación de enzimas (descarboxilasas y deshidrogenasas) que son catalizadores importantes en la formación de clorofilas (Shenker *et al.*, 2004). Además, la función mejor definida del Mn se da en las reacciones fotosintéticas en las que genera oxígeno a partir del agua (Marschner, 1995).

Las diversas concentraciones de los nutrientes en discusión; tanto superiores e inferiores encontradas posiblemente se deben a que existe una disminución de la concentración de nutrientes ya que existe un efecto dilución a medida que el árbol envejece (Lambers, *et al.*, 1998).

#### **6.6.4 Concentración de Fe y B en raíz, tallo y hojas de clones de cacao**

El cuadro 16, revela que entre tratamientos existen altas diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la concentración de Fe en el tallo; más no para raíz y hojas en las que no hay diferencias ( $P > 0.05$ ). En cambio, el contenido de B en la raíz es altamente significativo ( $P < 0.01$ ), pero no en tallo y hojas, los cuales no son significativos ( $P > 0.05$ ). En el gráfico 11 (Prueba de Tukey), se corrobora lo dicho anteriormente en el cuadro de ANVA; y además que el orden descendente de la concentración de nutrientes en raíz, tallo y hojas fue:  $Fe > B$  en los clones experimentados. En general; el mayor contenido promedio de Fe estuvo concentrado en la raíz y el B en las hojas.

Esto se ratifica ordenando los valores obtenidos por clones; el Fe en la raíz fue así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (496.22, 493.79 y 485.35 mg.Kg<sup>-1</sup>) y de B fue de este modo: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (6.15, 3.59 y 3.09 mg.Kg<sup>-1</sup>). En el tallo, para Fe, se distribuyó así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (92.74, 82.79 y 71.87 mg.Kg<sup>-1</sup>), de B, fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (4.73, 3.84 y 2.95 mg.Kg<sup>-1</sup>). En hojas, el Fe se repartió así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (90.25, 80.97 y 76.25 mg.Kg<sup>-1</sup>) y de B se distribuyó así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (5.59, 5.49 y 4.84 mg.Kg<sup>-1</sup>).

Los niveles de concentración de Fe y de B encontrados en la raíz, del clon ICS-6 en el presente estudio, son inferiores en relación a lo reportado por Torres (2014); el mismo que halló 1086 mg.Kg<sup>-1</sup> de Fe y 44.69 mg.Kg<sup>-1</sup> de B. En el tallo, los valores localizados en este ensayo en el mismo clon, son también inferiores con los revelados por el mismo autor antes citado; quien señala que 115.63 mg.Kg<sup>-1</sup> de Fe y 42.32 mg.Kg<sup>-1</sup> de B. Lo mismo ocurre (valores inferiores) en las hojas de ese mismo clon; ya que este autor encontró 154.29 mg.Kg<sup>-1</sup> de Fe y 19.72 mg.Kg<sup>-1</sup> de B.

Para el contenido de nutriente encontrado en este estudio para los clones CCN-51 e ICS-6; el nivel del Fe está dentro del rango establecido por Sodré *et al.*, (2001) para cacao productivos en las hojas; quien establece un rango de 62.7 a 83.4 mg.Kg<sup>-1</sup> para este nutriente. En cambio, para Malavolta (1995); la concentración encontrada del B es baja; ya que este autor establece un rango de 40 a 55 mg.Kg<sup>-1</sup>.

La mayor concentración de Fe encontrado en la raíz de los tres clones estudiados, se puede atribuir a su alta disponibilidad en el suelo; según análisis de suelos, inicial y final (cuadro 02 y 03); ya que este es altamente disponible a pH inferior a 5 (Navarro, 2003).

## **6.7 Concentración de nutrientes en semilla, placenta y cáscara del fruto**

### **6.7.1 Concentración de N, P y K en semilla, placenta y cáscara del fruto de cacao**

El cuadro 17, revela que sólo en la concentración de N en la semilla existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. En el gráfico 12 (Prueba de Tukey), se corrobora lo mencionado en el cuadro de ANVA y además se muestra los valores de concentración de los nutrientes en discusión. El orden descendente de la concentración promedio de nutrientes en semilla, placenta y cáscara fue:  $N > K > P$ ; en general, la mayor concentración promedio de N y P se encontró en la semilla y el K en la cáscara.

Lo anterior se ratifica ordenando los valores hallados por clones. Al respecto, el N en la semilla fue de este modo: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (17.56, 15.60 y 14.73  $\text{g.Kg}^{-1}$ ); el K estuvo así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (2.43, 2.23 y 1.99  $\text{g.Kg}^{-1}$ ) y el P de esta manera: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (2.43, 2.02 y 1.80  $\text{g.Kg}^{-1}$ ). En la placenta, el N fue así: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (6.14, 5.93 y 5.37  $\text{g.Kg}^{-1}$ ); el K fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (4.98, 4.79 y 2.73  $\text{g.Kg}^{-1}$ ) y el P de este modo: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (1.08, 0.88 y 0.83  $\text{g.Kg}^{-1}$ ). En la cáscara, el N fue así: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (16.87, 15.83 y 14.37  $\text{g.Kg}^{-1}$ ); el K fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-

1 (10.82, 10.36 y 8.60 g.Kg<sup>-1</sup>) y el P estuvo así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (1.17, 0.92 y 0.81 g.Kg<sup>-1</sup>).

La concentración encontrada de N y K en las semillas de todos los clones estudiados en el presente trabajo son inferiores y es similar en relación al contenido de P; estos con respecto a Orrico da Silva (2009), el cual reporta contenidos de N, K y P de 25.8, 13.6 y 3.2 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Asimismo, las concentraciones en la cáscara del N son superiores, de P similares y de K son inferiores en todos los clones evaluados con respecto al autor antes citado; el mismo que revela concentraciones de N, P y K de 10.0, 1.4 y 37.9 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Puentes-Páramo *et al.*, (2014) encontraron en la semilla del clon ICS-39 una concentración de 24.69 g.Kg<sup>-1</sup>; un valor superior con respecto a todos los clones estudiados en el presente trabajo. Asimismo, hallaron una concentración de 4.07 g.Kg<sup>-1</sup> en el clon CCN-51; el cual resulta similar respecto al valor del mismo clon evaluado en nuestro ensayo. También, reportan una concentración de K de 8.58 g.Kg<sup>-1</sup> en el CCN-51; el cual es superior en relación a lo encontrado en el mismo clon en nuestro trabajo. Estos mismos investigadores, observaron una concentración en la cáscara de 20.7 y 0.6 g.Kg<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente en el clon CCN-51; y 54.74 g.Kg<sup>-1</sup> de K en el ICS-39. El valor del N y P es superior, y similar respectivamente, con lo encontrados en el mismo clon en este estudio. En

tanto del K, es superior en relación a los tres clones estudiados en nuestro ensayo.

Las mayores concentraciones observadas de N en la semilla y cáscara en los tres clones, posiblemente se atribuyen a que este estimula la producción de proteínas en frutas y granos (Kovacik et al., 2007). El P en la semilla posiblemente se deban a que estos elementos se acumulan especialmente en las semillas y flores (Marshner, 1995). Con respecto al K, se observa que las concentraciones halladas en la cáscara coinciden con de otros autores aunque en menor medida. Asimismo, el K es un activador de enzimas implicados en la translocación de carbohidratos y síntesis de proteínas, aumentando el contenido de azúcar en los frutos (Pyo *et al.*, 2010). En general, las diferencias de concentraciones encontradas en este estudio pueden deberse a la época de muestreo, tal como sostiene Orrico da Silva (2009).

#### **6.7.2 Concentración de Ca, Mg y S en semilla, placenta y cáscara del fruto de cacao**

El cuadro 18, indica que entre tratamientos no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) de concentración de los nutrientes en discusión, en los diferentes componentes del fruto. El gráfico 13 (Prueba de Tukey), ratifica lo dicho en el cuadro de ANVA y además revela que el orden descendente de la concentración promedio en semilla fue:  $S > Mg > Ca$ . En la placenta y cáscara fue de este

modo: S > Ca > Mg; en general, la mayor concentración promedio de S se halló en semilla, el Mg en la cáscara y el Ca en placenta.

Esto se confirma ordenando (de mayor a menor) los valores por clones; es decir, el S en la semilla fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (2.48, 2.26 y 1.56 g.Kg<sup>-1</sup>), el Mg fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (0.32, 0.30 y 0.28 g.Kg<sup>-1</sup>) y el Ca estuvo así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.12, 0.10 y 0.08 g.Kg<sup>-1</sup>); en la placenta, el S fue de este modo: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (1.63, 1.14 y 1.37 g.Kg<sup>-1</sup>); el Ca fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (0.67, 0.35 y 0.32 g.Kg<sup>-1</sup>) y el Mg de esta manera: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.55, 0.37 y 0.30 g.Kg<sup>-1</sup>); en la cáscara, el S fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (2.34, 2.17 y 1.74 g.Kg<sup>-1</sup>), el Ca fue de esta forma: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (1.87, 1.74 y 1.22 g.Kg<sup>-1</sup>) y el Mg esta forma: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (1.04, 0.98 y 0.92 g.Kg<sup>-1</sup>).

Al respecto Sánchez (2013), encontró concentraciones superiores de Ca y Mg (4 y 3 g.Kg<sup>-1</sup>) en la cáscara del CCN-51 con relación al mismo clon trabajado en este estudio. Las concentraciones de Ca y Mg en la semilla, placenta y cáscara de este estudio son inferiores y de S es similar para semilla, placenta y cáscara para los tres clones estudiados; estos con respecto con lo establecido por Epstein (1999), quien estableció para el Ca, Mg y S concentraciones de 5, 2 y 1 g.Kg<sup>-1</sup>. Estas diferencias de cantidades encontradas con respecto a otros autores, probablemente se atribuyen a factores de manejo, época de muestreo, condiciones ambientales; tal como menciona Barbazán (1998). Las mayores



concentraciones de S en la semilla, placenta y cáscara del cacao; probablemente se den a la función que este elemento ejerce; es decir, por ser componente de aminoácidos y proteínas (Marschner, 1995).

### **6.7.3 Concentración de Zn, Cu y Mn en semilla, placenta y cáscara del fruto de cacao**

El cuadro 19 muestra que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos de las concentraciones del Zn, Cu y Mn en la semilla, placenta y cáscara de los clones en estudio. El gráfico 14 (Prueba de Tukey), revela lo afirmado en el cuadro ANVA y que además el orden descendente de la concentración promedio en la semilla fue:  $Zn > Cu > Mn$ . En la placenta y cáscara fue así:  $Mn > Zn > Cu$ . En general, la mayor concentración promedio de Mn se encontró en la cáscara, de Zn y Cu en la semilla.

Esta aseveración se confirma ordenando los valores por clones; es decir, del Zn en la semilla fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (68.72, 54.53 y 46.33  $mg.Kg^{-1}$ ); del Cu de este modo: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (18.69, 17.69 y 14.97  $mg.Kg^{-1}$ ) y del Mn de esta forma: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (10.67, 9.98 y 8.66  $mg.Kg^{-1}$ ). En la placenta, del Mn estuvo así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (34.07, 24.06 y 19.34  $mg.Kg^{-1}$ ); del Zn de esta manera: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (29.96, 21.95 y 19.33  $g.Kg^{-1}$ ) y del Cu de este modo: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (5.24, 3.80 y 3.30  $mg.Kg^{-1}$ ). En la cáscara, del Mn fue de esta manera: ICS-6, ICS-1 y CCN-51 (149.08, 124,13 y

121.76 mg.Kg<sup>-1</sup>); del Zn fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (37.75, 37.71 y 37.63 mg.Kg<sup>-1</sup>) y del Cu estuvo así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (3.61, 3.12 y 2.97 mg.Kg<sup>-1</sup>).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, solo el valor encontrado del elemento Zn en la placenta del CCN-51 es similar a lo establecido por Epstein (1999); quien señala que para el Zn es 20 mg.Kg<sup>-1</sup>. Contrariamente, en el componente semilla de todos los clones que se estudiaron el valor del Cu de nuestro trabajo es superior a lo reportado por el autor antes mencionado (Cu: 6 mg.Kg<sup>-1</sup>) y respecto al valor del Mn encontrado en nuestro trabajo, en la cáscara de todos los clones estudiados nuestros valores son superiores a lo reportado por el autor que viene siendo citado (Mn: 50 mg.Kg<sup>-1</sup>).

Si bien es cierto los valores de concentración encontrados para los elementos en mención; son superiores o similares con lo de otros autores; esto posiblemente haya ocurrido por los niveles disponibles en el suelo, tal como lo demuestra el cuadro 02 de análisis inicial de suelo. De acuerdo a este estudio, el Mn es el que resalta con mayor cantidad en la cáscara; posiblemente esto se atribuye a que participa en síntesis de proteínas y activación de enzimas que son catalizadores importantes de la reducción de carbohidratos (Shenker *et al.*, 2004).

#### **6.7.4 Concentración de Fe y B en semilla, placenta y cáscara del fruto de cacao**

El cuadro 20, indica que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos de los elementos Fe y B en la semilla, placenta y cáscara de los

clones en estudio. El gráfico 15 (Prueba de Tukey), confirma lo mencionado en el cuadro ANVA y además revela que el orden descendente de la concentración promedio en la semilla fue: B > Fe y en la placenta y cáscara estuvo así: Fe > B. En general, la mayor concentración promedio de Fe se halló en la placenta, de B en semilla.

Esto se confirma estableciendo los valores por clones; es decir, el B en la semilla fue así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (26.22, 24.23 y 23.96 mg.Kg<sup>-1</sup>) y el Fe de esta forma: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (23.34, 19.37 y 15.64 mg.Kg<sup>-1</sup>). En la placenta, el Fe estuvo así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (25.87, 20.63 y 16.87 mg.Kg<sup>-1</sup>) y el B fue así: ICS-1, ICS.6 y CCN-51 (15.67, 10.09 y 5.96 mg.Kg<sup>-1</sup>). En la cáscara, el Fe fue de este modo: CCN-51, ICS.1 e ICS-6 (22.99, 17.73 y 15.82 mg.Kg<sup>-1</sup>) y el B fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (13.38, 10.32 y 9.95 mg.Kg<sup>-1</sup>).

Con relación al contenido del Fe de este trabajo, todos los valores en la semilla; placenta y cáscara de los clones investigados son inferiores a lo establecido por Epstein (1999); este autor, señala que la concentración de Fe y B en la planta son 100 y 20 mg.Kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, el contenido de B fue superior en el componente semilla para los clones estudiados. Al respecto, el B es un elemento importante en la translocación de azúcares y carbohidratos, cuajamiento del grano de polen, formación de flores, frutos y semillas (Chepote *et al.*, 2012; Marschner, 1995).

Las cantidades de concentraciones diferentes encontradas es este trabajo, probablemente se deban a factores ambientales, de manejo (Barbazán, 1998) y a niveles altos de Fe que se hallaron en el suelo (ver cuadro 01).

## **6.8 Extracción total de nutrientes en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

### **6.8.1 Extracción de N, P, y K en la semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

El cuadro 21, indica que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) tratamientos de los nutrientes en discusión; en la semilla, placenta y cáscara de los clones estudiados. El gráfico 16 (prueba de Tukey), confirma lo mencionado en el cuadro de ANVA y además que el orden descendente de extracción promedio en la semilla, placenta y cáscara fue:  $N > K > P$ . En general, la mayor extracción promedio de N se dio en la semilla, de K en la cáscara y de P en la semilla.

Esta aserción se ratifica ordenando los valores por clones (de mayor a menor). Es decir, de N en la semilla fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (44.39, 39.96 y 39.11  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ); de K fue de esta manera: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (6.43, 5.61 y 5.24  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) y del P de este modo: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (6.12, 5.02 y 4.70  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ). En la placenta, de N fue: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (1.27, 0.94 y 0.60  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ); del K de este modo: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (1.19, 0.43 y 0.31  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) y del P así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.25, 0.16 y 0.07  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ). En la cáscara, el N fue

así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (40.45, 40.08 y 38.51 Kg.ha<sup>-1</sup>); del K de esta manera: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (27.59, 23.95 y 15.35 Kg.ha<sup>-1</sup>) y del P fue de esta forma: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (2.98, 2.17 y 2.13 Kg.ha<sup>-1</sup>).

El nivel extractivo realizado por las semillas para el N en el clon CCN-51 es superior y para el ICS-1 e ICS-6 son similares. En tanto, para el P y K son inferiores; en relación con los niveles extractivos hallados por Thong y Ng (1980); quien reporta para el N, P y K en las semillas de 39.9 Kg N, 18.4 Kg de P y 22.4 Kg de K. Asimismo, en la placenta; los resultados encontrados para el N, P y K son superiores; respecto al mismo autor quien halló 0.09 Kg de N, 0.02 Kg de P y 0.16 Kg de K. Del mismo modo, en la cáscara; el valor observado para el N es superior, del P y K son inferiores; referente a este autor quien señala valores extractivos de 23.5 Kg de N, 6.4 Kg de P y 101.9 Kg de K.

Las mayores extracciones de N y P en la semilla de los tres clones estudiados, se pueden atribuir a que el N es constituyente de aminoácidos y estimula la producción de proteínas en frutas y granos (Kovacik *et al.*, 2007). En tanto, el P es un elemento que se acumula especialmente en semillas y flores (Marshner, 2005). Por otro lado, la mayor extracción de K en la cáscara probablemente se atribuye el K es un activador de enzimas implicados en la translocación de carbohidratos y en la síntesis de proteínas, aumentando el contenido de azúcar en los frutos (Pyo *et al.*, 2010).

Las diferencias de concentraciones encontradas de estos elementos respecto a la literatura, probablemente se deban a la intensidad de sombra, al estado nutricional del suelo, desarrollo del cultivo y manejo del cultivo (Enriquez, 2004; Santana y Cábala-Rosand, 1985; Puentes-Páramo *et al.*, 2014 y Uribe *et al.*, 1998).

### **6.8.2 Extracción de Ca, Mg y S en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

El cuadro 22, indica que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. El gráfico 17 (prueba de Tukey), ratifica lo citado en el cuadro de ANVA y además revela que el orden descendente de extracción promedio de estos nutrientes en la semilla fue:  $S > Mg > Ca$ ; en la placenta y cáscara fue así:  $S > Ca > Mg$ . En general, la mayor extracción promedio de Ca y Mg se dio en la cáscara y de S en la semilla y cáscara.

Esta aseveración se explica mejor ordenando los valores por clones (de mayor a menor); tal es así que en la semilla la extracción del S fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (6.54, 5.51 y 3.99  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); del Mg fue de este modo: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (0.83, 0.75 y 0.75  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y del Ca fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.29, 0.26 y 0.23  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). En la placenta, del S fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.37, 0.23 y 0.11  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); del Ca fue de esta forma: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.16, 0.04 y 0.03  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y del Mg así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.13, 0.04 y 0.03  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). En la cáscara, de S fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (5.94, 5.79 y 4.12  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Kg.ha<sup>-1</sup>); del Ca fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (4.77, 4.02 y 2.21 Kg.ha<sup>-1</sup>) y de Mg de esta forma: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (2.51, 2.13 y 1.84 Kg.ha<sup>-1</sup>).

En este estudio, los niveles de extracción por las semillas para el Ca y Mg son inferiores; respecto a lo reportado por Santana y Cábala-Rosand (1985); el mismo que señala para Ca y Mg una extracción de 4.2 y 12.1 Kg, respectivamente. En cambio, del S fue superior en relación a Thong y Ng (1980); quien indica para S un valor de 3 Kg. En la placenta, para el Ca (0.04) y Mg (0.02) son similares en los tres clones estudiados, y para el S es superior. Estos en relación con Thong y Ng (1980); quien indica para Ca, Mg y S; valores de 0.04, 0.02 y 0 Kg, respectivamente. El S, es el elemento mayor extraído por las semilla y cáscara en los tres clones estudiados; probablemente esto se atribuye a que este es componente de aminoácidos y proteínas (Marschner, 1995).

Estas extracciones encontradas (superiores, inferiores y similares) de estos elementos respecto a la literatura, probablemente se deban a la intensidad de sombra, al estado nutricional del suelo, desarrollo del cultivo y manejo del cultivo (Enriquez, 2004; Santana y Cábala-Rosand, 1985; Puentes-Páramo *et al.*, 2014 y Uribe *et al.*, 1998).

### **6.8.3 Extracción de Zn, Cu y Mn en semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

El cuadro 23, muestra que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en la extracción de la variable Cu en la placenta, en los demás no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El gráfico 18 (prueba de Tukey), corrobora lo indicado en el cuadro de ANVA y además que el orden descendente de la extracción promedio de estos nutrientes por la semilla fue:  $Zn > Cu > Mn$  y por la placenta y cáscara fue de esta manera:  $Mn > Zn > Cu$ . En general, la mayor extracción promedio de Zn y Cu se dio en la semilla y de Mn en cáscara.

Esta aseveración se muestra mejor ordenando los valores por clones (de mayor a menor). De manera que en la semilla del Zn fue así: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (171.75, 144.20 y 123.05  $g \cdot ha^{-1}$ ); del Cu de este modo: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (47.87, 46.63 y 39.72  $g \cdot ha^{-1}$ ) y del Mn de esta forma: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (28.44, 26.48 y 22.01  $g \cdot ha^{-1}$ ). En la placenta, del Mn fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (7.94, 3.82 y 1.72  $g \cdot ha^{-1}$ ); del Zn de esta forma: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (4.52, 3.64 y 2.85  $g \cdot ha^{-1}$ ) y del Cu fue de este modo: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (1.23, 0.65 y 0.28  $g \cdot ha^{-1}$ ). En la cáscara, de Mn fue de este modo: ICS-6, CCN-51 e ICS-1 (349.40, 315.71 y 307.85  $g \cdot ha^{-1}$ ); del Zn fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (98.15, 94.81 y 89.06  $g \cdot ha^{-1}$ ) y del Cu de esta manera: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (9.32, 7.73 y 7.08  $g \cdot ha^{-1}$ ).



Contrastando los valores de extracción del Zn (85.3 g), Cu (45 g) y Mn (44.4 g) en las semillas; encontrados por Thong y Ng (1980), el nivel del Zn es superior en los tres clones ensayados; del Cu es similar en el ICS-1 y CCN-51 y del Mn es inferior en los tres clones estudiados. En la placenta, la remoción de Zn, Cu y Mn son relativamente superiores en los tres clones ensayados; estos con respecto al autor antes citado, quien indica 0.16 g del Zn, 0.09 g del Cu y 0.09 g del Mn. En la cáscara, la extracción del Zn es similar en los tres clones estudiados; del Cu y Mn son inferiores en los tres clones estudiados. Esto de acuerdo con Thong y Ng (1980), quien revela que para el Zn es 92.8 g, del Cu 22.7 g y del Mn 151.8 g.

Si bien es cierto el Mn es el elemento mayormente extraído en la cáscara de los tres clones estudiados posiblemente se explica porque este participa en síntesis de proteínas y activación de enzimas que son catalizadores importantes de la reducción de carbohidratos (Shenker *et al.*, 2004) y por alta disponibilidad en el suelo; ya que esto se corrobora a pH inferior a 5 (Navarro, 2003). Las extracciones realizadas de estos microelementos respecto a la literatura, probablemente se deban a la intensidad de sombra, al estado nutricional del suelo, desarrollo del cultivo y manejo del cultivo (Enríquez, 2004; Santana y Cábala-Rosand, 1985; Puentes-Páramo *et al.*, 2014 y Uribe *et al.*, 1998).

#### **6.8.4 Extracción de Fe y B en la semilla, placenta y cáscara de clones de cacao**

El cuadro 24, muestra que no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, en las extracciones de los nutrientes en discusión en la semilla,

placenta y cáscara. El gráfico 19 (prueba de Tukey), coincide con lo afirmado en el cuadro de ANVA y además revela que el orden descendente de la extracción promedio de estos nutrientes en la semilla fue: B > Fe, en la placenta y cáscara fue de este modo: Fe > B. En general, la mayor extracción promedio de Fe y B se dio en la semilla.

Estos niveles extraídos se aprecian mejor ordenando los valores por clones (de mayor a menor). En la semilla, del B fue así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (66.91, 65.31 y 59.81 g.ha<sup>-1</sup>) y del Fe de este modo: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (70.75, 48.07 y 44.21 g.ha<sup>-1</sup>). En la placenta, del Fe de esta manera: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (6.03, 2.94 y 1.76 g.ha<sup>-1</sup>) y del B fue así: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (3.54, 1.40 y 0.84 g.ha<sup>-1</sup>). En la cáscara, del Fe de esta forma: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (58.86, 46.22 y 37.53 g.ha<sup>-1</sup>) y del B fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (34.28, 26.88 y 23.36 g.ha<sup>-1</sup>).

El nivel de extracción encontrado en la semilla, del Fe y B es inferior y superior respectivamente; en los tres clones ensayados. Estos de acuerdo con Thong y Ng (1980), el mismo que señala 127 g del Fe y 52 g del B. En la placenta, la extracción del Fe y B fueron superiores en los clones trabajados; estos en relación al autor que viene siendo mencionado, ya que éste indica 0.81 g de Fe y 0.21 g de B. En la cáscara, la remoción del Fe y B fueron inferiores; estos en concordancia con Thong y Ng (1980); el mismo que halló 84 g de Fe, 74.5 g de B.

Los niveles de remoción hallados en este estudio, respecto a la literatura, probablemente se deban a la intensidad de sombra, al estado nutricional del suelo, desarrollo del cultivo y manejo del cultivo (Enríquez, 2004; Santana y Cábala-Rosand, 1985; Puentes-Páramo *et al.*, 2014 y Uribe *et al.*, 1998).

La semilla extrajo mayores cantidades de Fe y B, probablemente esto se atribuye a que el Fe es constituyente de proteínas y enzima; además, es debido a la alta disponibilidad en el suelo ya que está a pH inferior a 5 (Navarro, 2003). En tanto, el B es importante en la translocación de azúcares y carbohidratos, cuajamiento del grano de polen, formación de flores, frutos y semillas (Chepote *et al.*, 2012; Marschner, 1995).

## **6.9 Extracción de nutrientes en 1000 Kg de semilla seca de clones de cacao**

### **6.9.1 Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S en 1000 Kg de semilla seca de clones de cacao**

El cuadro 25, indica que solo en la extracción del N existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos; en las demás variables no existen tales diferencias ( $P > 0.05$ ). En ese sentido, el gráfico 20 (Prueba de Tukey), corrobora lo mencionado en el cuadro de ANVA y además revela que el orden descendente de la extracción promedio de estos nutrientes fue:  $N > K > S > P > Mg > Ca$ .

Los valores extraídos se corrobora mejor ordenando los valores por clones (de mayor a menor). De modo que, del N fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (17.56, 15.60 y 14.73 Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del K de este modo: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (2.43, 2.23 y 1.99 Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del S de esta forma: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (2.48, 2.26 y 1.56 Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del P estuvo así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (2.43, 2.02, 1.80 Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del Mg de esta manera: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (0.32, 0.30 y 0.28 Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>) y. Del Ca fue así: CCN-51, ICS-1 e ICS-6 (0.12, 0.10 y 0.08 Kg.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>).

Los niveles de extracción del N, P y K son inferiores para el clon CCN-51; en relación con Puentes-Páramo *et al.*, (2014); quien indica 21.88 Kg del N, 4.72 Kg del P y 11.11 Kg del K. En tanto, la remoción del Ca y Mg encontrados en este estudio son relativamente inferiores con respecto a los reportados por Santana y Cabala-Rosand (1985); los mismos que señalan 1.6 Kg para el Ca y 4.5 Kg del Mg. El valor de extracción del S encontrado en este estudio, es relativamente superior en los clones ICS-1, CCN-51 y coincide con el nivel de extracción en el ICS-6; de acuerdo con lo reportado con Thong y Ng (1980); los mismos que reportan 1.5 Kg de S.

De acuerdo con los análisis de suelo inicial y final, existe una tendencia de consumo de estos macronutrientes por los clones ensayados. En tal sentido, Santana y Cabala-Rosand (1985), demostraron que para la producción de 1000

Kg.ha<sup>-1</sup> de almendras secas en un sistema agroforestal; las cantidades de N, P, K, Ca y Mg removidos no fueron significativas en relación al ingreso de nutrientes, incluso si fueran consideradas las pérdidas por lixiviación, que fueron despreciables.

Otra explicación a estas cantidades removidas de nutrientes, es sustentada por Santana y Cabala-Rosand (1985); los mismos que dicen que los requerimientos nutricionales del cacao en forma general están sujetos al material genético de siembra, a la intensidad de sombra y al estado de desarrollo del cultivo.

#### **6.9.2 Extracción de Zn, Cu, Mn, Fe y B en 1000 Kg de semilla seca de cacao**

El cuadro 26, indica que no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos de los elementos en discusión. El gráfico 21 (Prueba de Tukey), ratifica lo citado en el cuadro de ANVA y además señala que el orden descendente de la extracción promedio de estos nutrientes fue: Zn > B > Fe > Cu > Mn.

La extracción se detalla mejor ordenando los valores por clones. Es decir, del Zn fue de este modo: CCN-51, ICS-6 e ICS-1 (68.72, 54.53 y 46.36 g.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del B fue así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (26.22, 24.23 y 23.96 g.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del Fe de esta manera: ICS-1, CCN-51 e ICS-6 (23.34, 19.37 y 15.64 g.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>). Del Cu de este modo: CCN-

51, ICS-1 e ICS-6 (18.69, 17.69 y 14.97 g.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>) y. Del Mn fue así: ICS-1, ICS-6 y CCN-51 (10.67, 9.98 y 8.66 g.1000 Kg de semilla seca<sup>-1</sup>).

Los niveles de extracción de Zn son superiores, del Cu son similares, del Mn, Fe y B son inferiores en todos los clones estudiados; respecto a los reportados por Thong y Ng (1980), quienes indican 33.8 g en Zn, 16.8 g de Cu, 17.6 g de Mn, 50.3 g de Fe y 20.6 g de B.

Cabe señalar, que los niveles de extracciones de estos micronutrientes por los tres clones estudiados; se corroboran en los análisis de suelo inicial y final que indican una tendencia de extracción en mayor cantidad del Zn y B; lo que indica que estos nutrientes son responsables del crecimiento y formación de semillas en los frutos (Chepote *et al.*, 2012). Además, a pH inferior a 5; el Zn es altamente disponible en el suelo para las plantas.

## VII. CONCLUSIONES

- 7.1** Existen diferencias estadísticas en relación a la concentración de P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn y B en la raíz. Asimismo de N, P, K, Mg, S, Zn, Mn y Fe en el tallo y K en las hojas. Además, N en la semilla; Ca en la placenta y Mg en la cáscara del fruto. En relación a frutos cherelles, solo el K mostró este comportamiento; siendo éste el elemento en mayor cantidad concentrada, en los clones estudiados.
- 7.2** En la extracción de nutrientes por la materia seca total, sólo el Cu en la placenta del fruto; mostró un comportamiento diferencial. Respecto a la extracción en 1000 Kg de semilla seca en los tres clones experimentados, este tipo de comportamiento lo manifestó el N; siendo este el macronutriente mayor extraído. Sin embargo, aunque no manifestó diferencias estadísticas el elemento Zn; este fue el micronutriente mayor removido.
- 7.3** El clon CCN-51, en 1000 Kg de semilla seca; presentó valores de extracción descendente de nutrientes de:  $N > P > S > K > Mg > Ca > Zn > B > Fe > Cu > Mn$ . El ICS-1, de esta manera:  $N > S > K > P > Mg > Ca > Zn > B > Fe > Cu > Mn$ . El ICS-6 de este modo:  $N > K > P > S > Mg > Ca > Zn > B > Fe > Cu > Mn$ .
- 7.4** Lo anterior influye en el rendimiento de los clones estudiados y sugiere una dosis de nutrientes similares para los tres clones estudiados; a excepción del N, que dese ser específica para cada clon.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- 8.1** Validar la información de este estudio para cada realidad o zona productiva, pues se tiene que tener en cuenta las condiciones medioambientales donde se desarrolla el cultivo, para así ajustar los programas de fertilización.
  
- 8.2** Replicar el trabajo de investigación con estos y otros materiales genéticos rentables, de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo.
  
- 8.3** Abarcar mayor número de plantas experimentales con edades superiores a los trabajados en este experimento, para corroborar los niveles de concentración de nutrientes en las partes vegetativas y reproductivas de los genotipos en estudio.



## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu Júnior, Ch., Pires, J.L, Machado, R.C.R y Muraoka T. (1996). *Dosis y concentraciones de nutrientes foliares en genotipos de cacao, relaciones con la altura, rendimiento e intensidad de la enfermedad de la escoba de bruja*. XII: Conferencia internacional de investigación del cacao. 773-780 pág.
2. Alvim, P.T. (1989). *Tecnologías apropiadas para la agricultura en los trópicos húmedos*. *Agrotropica* 1:5-26 pág.
3. Arévalo, E. (2001). *Avances y perspectivas de la investigación del cacao en el Perú*. Instituto de Cultivos Tropicales – ICT. III Taller Regional Andino y V Encuentro Nacional del Cacao – Tarapoto.
4. Barbazán, M. (1998). *Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes*. Facultad de Agronomía. Universidad de la República, Montevideo – Uruguay. 4-12 pág.
5. Bartolomé, R. (1982). *Efecto de la aplicación de fertilizantes en la incidencia de cherelles wilt de cacao*. Turrialba. 22 pág.
6. Batista, L. (2009). *Guía técnica el cultivo de cacao en la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2009. 121, 122, 126 pág.
7. Cabala-Rosand, F.P., Santana, C.J.L. y Miranda, E.R. (1982). *Respuesta de cacaos (Catongo) a dosis de fertilizantes en el Sur de Bahía, Brasil*. *Revista Theobroma* 12 (4): 203 pág.
8. Cueva, A. (2014). *Requerimiento de suelo y clima para cacao*. Influencia de los factores climáticos en la producción de cacao. Texto universitario N° 02. UNSM-FCA-Tarapoto.

9. Chepote, R.E., Santana, S.O., Araujo, Q.R., Sodré, G.A. y Valle R. (2012). *Aptitud agrícola y fertilidad de suelos para el cultivo de cacao*. CEPEC, Itubana, Bahía, Brasil. 87-89 pág.
10. Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzales, L., Tablada, M. y Robledo, C.W., (2008). *InfoStat, versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
11. Esmeraldas, L.J. (2012). *Comportamiento agronómico de 12 clones de cacao (Theobroma cacao L.) en la granja experimental ULEAM, extensión en el Carmen*. Manabí, Ecuador. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí. Pág. 28 y 60.
12. Epstein, E. (1999). *Revista de la fisiología de la planta*. Nutrición mineral de las plantas. Principios y perspectivas. Wiley, New York. 664 pág.
13. Gama-Rodrigues, A.C. (2004). *Ciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales en regiones tropicales: funcionalidad y sustentabilidad* In: MULLER, M. W. et al. (Eds) *Sistemas agroforestales. Tendencias de la agricultura ecológica en los trópicos*. Sustento de vida y sustento de vida. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/VENF. 64-84 pág.
14. García, L. F. (2014). *Catálogo de cultivares de cacao del Perú*. Ministerio de agricultura y riego. Segunda reimpresión. Pág. 15, 20, 21, 55.
15. Gargaglione V., Peri P.L. y Rubio, G. (2010). *Relaciones alométricas de biomasa y partición de Nothofagus antarctica árboles de diferentes clases de copa en una gradiente de la calidad del sitio*. Ecología y gestión forestal. 259, 1118-1126 pág.

16. Hart, P.B.S., Clinton, P.W., Allen, R.B., Nordmeyer, A.H. y Evans, G. (2003). *Biomasa y macronutrientes (por encima y por debajo del suelo) en un bosque de Nueva Zelanda*. Implicaciones ambientales para el almacenamiento y la gestión sostenible de los bosques. *Ecología y gestión forestal*. 174: 281- 294 pág.
17. Holdridge, L. (1997). *Ecología basada en las zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. Costa Rica. 214 pág.
18. Hutcheon, W.N. 1984. *Intercepción de luz por el dosel y el índice de área foliar (LAI)*. En: Tafo, Ghana, Instituto de Investigación del Cacao. Informe Anual 1983-1984. Tafo, 130-192, 1976 pág.
19. ICT-FINCyT. (2013). *Hoja de ruta y protocolo de muestreo de suelos, hojas, frutos y semilla de cacao*. Laboratorio de suelos, fertilizantes, plantas y agua. 6-13 pág.
20. IPNI. (2013). *Cálculo de requerimientos nutricionales*. Cultivos de cereales, oleaginosos, industriales y forrajeras. Boletín técnico N° 02.
21. Kovacik, J., Klejdus, B., Backor, M., Repcak, M. (2007). *Actividad fenilalanina amoniaco-liasa y la acumulación de compuestos fenólicos en Matricaria chamomilla rosetas de hojas deficientes en nitrógeno*. *Ciencia de Plantas*. N° 172. 393- 399 pág.
22. Lambers, H., Chapin III, F.S. y Pons T.L. (1998). *Fisiología y ecología de las plantas*. Springer-Verlag New York Inc., New York. 540 pág.
23. Leite, J.O y Valle, R.R. (1990). *Ciclo de nutrientes en el ecosistema de cacao*. Lluvia y escurrimiento como fuentes de nutrientes para el suelo y el árbol del cacao. *Agricultura Ecosistema Environ*, N° 32, 143-154 pág.

24. Malavolta, E. (1995). *Nutrición y fertilización del cacao*. En: ABEAS-Curso de especialización por tutoría a distancia. Brasilia. 59 pág.
25. Marschner, H. (1995). *Nutrición mineral de plantas superiores*. Academia Press, 2da. Edición. New York. 889 pág.
26. Miranda, R.A.C. y Milde, L.C.E. (1985). *Variación estacional en las pérdidas de interceptación por precipitaciones en Theobroma cacao*. I Simposio Internacional de Trópicos Húmedos, Bélem. 51-55 pág.
27. Mora, J.L.R., Burbano, H.O y Ballesteros, W.P. (2011). *Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (Theobroma cacao L.)*. Revista de Ciencias Agrícolas. Volumen XXVIII N° 2. 81-94 pág.
28. Morais, F.I.O., Santana, C.J.L., Chepote, S.R.E. (1988). *Respuesta del cacao al nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la región cacaotera de Bahía*. Revista Theobroma, Itabuna, Volumen 8, N° 01. 31-41 pág.
29. Müller, M.W y Gama-Rodrigues, A.C. (2012). *Ciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales con cacao*. CEPLAC/CEPEC, Itubana, Bahía, Brasil. UENF/CCTA, Rio de Janeiro. 423-430 pág.
30. Muñoz, F. (1993). Tesis: *Dinámica de raíces finas en los sistemas agroforestales de cacao con sombras de poro y laurel en Turrialba, Costa rica*. 39 pág.
31. Müller, M.W y Valle, R.R. (2012). *Ecofisiología del cultivo de cacao*. Distribución de fotoasimilados. CEPLAC-CEPEC, Itubana, Bahía, Brasil. 48 pág.
32. Navarro, S.B. (2003). *El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Química Agrícola-Segunda Edición. Universidad de Murcia, España. 295-300 pág.

33. Orrico da Silva, J.V. (2009). *Producción y partición de biomasa y nutrientes y parametrización de un sistema de un sistema para recomendación de N, P y K para cacao*. Ilhéus, BA: UESC. Universidad Estatal de Santa Cruz. Tesis. 6-12, 39-47 pág.
34. Puentes-Páramo, Y.J., Menjivar-Flores, J.C., Gómez-Carabali, A. y Aranzazu-Hernández, F. (2014). *Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia. 147-161 pág.
35. Pyo, Y.J., Gierth. M., Schroeder. JI., Cho. MH. (2010). *De alta afinidad K (+) de transporte en Arabidopsis: AtHAK5 y AKT1 son vitales para el establecimiento de las plántulas y el crecimiento postgerminativo en condiciones de baja en potasio*. Fisiología Vegetal. 153, 863-875 pág.
36. Rivero, G.G y Mérida, A.L. (2009). *Producción de biomasa y nutrientes que genera la poda en sistemas agroforestales sucesionales y tradicionales con cacao, Alto Beni, Bolivia*. Universidad Católica Boliviana. Acta Nova (Número especial: 1er Congreso Nacional de Sistemas Agroforestales); Vol. 4. 270-275 pág.
37. Salgado-Mora, M.G., Espinoza-Zaragoza, S., Lerma-Molina, J.N., Moreno-Limón, S. Y López-Olguín, J.F. (2009). *Cuantificación, descomposición y contenido nutrimental de hojarasca en dos sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao L.)*. Quehacer Científico en Chiapas 2009 1(7) 10-15. Artículo científico.

38. Sánchez, J.P. (2013). *Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51. Universidad de Cuenca, facultad de ciencias químicas. Tesis de maestría. 85 pág.*
39. Santana, M.B.M. y Cabala-Rosand, P. (1985). *Reciclaje de nutrientes en una plantación de cacao sombreado con eritrina. Conferencia Internacional Sur la Recherche Cacaoyere, 9, Lomé, 1984. Actas. Lagos. Productores de Cacao, La Alianza. 205-210 pág.*
40. Sanqueta, C.R. (2002). *Métodos de determinación de biomasa forestal. In: Sanquetta, C. R. et al. (Eds.) Los bosques y el carbono. Curitiba: Imprenta Universitaria de UFPR.119-140 pág.*
41. SEAE. (2008). *Manual técnico fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. 7-8 pág.*
42. Shenker, M., Plessner, O.E., Tel-Or, E. (2004). *Efectos de la nutrición de manganeso sobre el crecimiento de tomate, la concentración de clorofila, y la actividad superóxido dismutasa. Fisiología Vegetal. 161, 197-202 pág.*
43. Sodré, G.A., Marrocos, P.C.L., Chepote, R.E y Pacheco, R.G. (2001). *Uso del desvío del patrón para estimación del tamaño de muestras de plantas de cacao (Theobroma cacao L.) en estudios de nutrición. Agrotr pica 13 (3). 91 pág.*
44. Thong, K.C. y Ng, W.L. (1980). *Crecimiento y composición nutrientes de plantas de cacao de monocultivo en suelos de la Isla de Malasia. Conferencia de Cacao Cocanuts, Kuala Lumpur. Pág. 262-286.*
45. Torres, J.L. (2014). *Dinámica de extracción de nutrientes en plantones de cacao (Theobroma cacao L.) colectados de tres clones y un híbrido bajo*

*condiciones de vivero en el distrito de la banda de Shilcayo. ICT-San Martín.*

Tesis. Universidad Nacional de San Martín. 63-69 pág.

46. Uribe, A., Mendez, H. y Mantilla, J. (1998). *Efecto de niveles de nitrógeno, fosforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. Revista de Suelos Ecuatoriales* 28:31 – 36 pág.
47. White, P.J. (2001). *Vías de circulación de calcio por el xilema. Revista de Botánica Experimental.* 52 (358). 891-899 pág.
48. Vello, F., García, I.R., Magalhaes, W.S. y Nascimento, I.F. (1982). *Producción y selección de cacaos híbridos en Bahía. Revista Theobroma. Itabuna, N° 03.* 15-35 pág.
49. Zúñiga, L. (2007). *Ecosistemas en la Amazonía para el cultivo de Cacao. Instituto de Cultivos Tropicales – ICT – Tarapoto.*
50. [http://www.rpp.com.pe/2014-10-07-inei-produccion-de-cacao-logro-cifra-record-en-2013-noticia\\_731808.html](http://www.rpp.com.pe/2014-10-07-inei-produccion-de-cacao-logro-cifra-record-en-2013-noticia_731808.html)
51. [http://www.inforegion.pe/portada/70722/consolidado\\_oferta\\_cacao-cpcacao.pdf](http://www.inforegion.pe/portada/70722/consolidado_oferta_cacao-cpcacao.pdf)

## RESUMEN

En la estación experimental "Juan Bernito" del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), localizado en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín (Perú); se evaluó la extracción de nutrientes de clones productivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) establecidos bajo un sistema tradicional. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones; los tratamientos fueron los siguientes clones: CCN-51 (T1), ICS-1 (T2) e ICS-6 (T3). La concentración del N en el tallo; del K en raíz, tallo y hojas; del Ca en la raíz; del Mg en raíz y tallo; del S en el tallo; del Zn en la raíz; del Fe en el tallo; del B en la raíz mostraron altas diferencias significativas ( $P < 0.01$ ); asimismo, del P en raíz y tallo; del Cu en la raíz, del Mn en raíz y tallo, presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y en el resto de componentes de la planta de los nutrientes en mención no manifestaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). La concentración del N, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Fe y B no presentaron diferencias significativas en frutos cherelles; sin embargo, del K mostró alta diferencia significativa ( $P < 0.01$ ). La concentración del P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Fe y B no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la semilla, placenta y cáscara del fruto; en cambio, del N en la semilla presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). El rendimiento de semilla seca de los tres clones estudiados no mostró diferencias significativas. El macro y micronutriente que en mayor cantidad fue extraído fue el N y Zn, respectivamente; en 1000 Kg de semilla seca en los clones estudiados.

**Palabras claves:** Concentración de nutrientes, remoción, nutrición, macronutrientes, micronutrientes.



## SUMMARY

In the experimental station "Juan Bernito" Tropical Crops Institute (ICT), located in the district of Shilcayo province and department of San Martin (Peru); Nutrient removal productive clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) established under a traditional system was evaluated. The experimental design was randomized complete block with three treatments and three repetitions; the treatments were the following clones: CCN-51 (T1), ICS-1 (T2) and ICS-6 (T3). The concentration of N on the stem; K in root, stem and leaves; Ca at the root; Mg in roots and stems; of S in the stem; Zn in the root; Fe in the stem; at the root of B they showed high significant differences ( $P < 0.01$ ); Also, the P in root and stem; Cu at the root of Mn in root and stem, showed significant differences ( $P < 0.05$ ) and the other components of the plant nutrients in question did not show significant differences ( $P > 0.05$ ). The concentration of N, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Fe and B were not significantly different in cherelles fruits; however, the K showed highly significant difference ( $P < 0.01$ ). The concentration of P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Fe and B showed no significant difference ( $P > 0.05$ ) in the seed, and fruit peel placenta; instead of N in the seed showed significant differences ( $P < 0.05$ ). Seed yield of the three clones studied showed no significant difference. The macro and micronutrient that greater amount was extracted was the N and Zn, respectively; 1000 kg of dry seed in the clones studied.

**Keywords:** Concentration of nutrient, removal, nutrition, macronutrients, micronutrients.

# **ANEXOS**

**Cuadro 1: Condiciones climáticas durante el experimento. Enero a Diciembre del 2014**

MES	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	HUMEDAD
	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA	ACUMULADA	RELATIVA
	(°C)	(°C)	(°C)	(mm)	(%)
Enero	28.1	23.4	25.75	137.6	77.99
Febrero	26.4	22.4	24.4	100.6	81.31
Marzo	26.7	22.6	24.65	213.6	82.14
Abril	26.9	22.8	24.85	142.2	84.69
Mayo	26.8	23.9	25.35	136.2	80.36
Junio	28.2	22.3	25.25	18.6	79.36
Julio	26.1	21.9	24	61.2	74.87
Agosto	26.7	22.8	24.75	42.2	71.12
Setiembre	30.2	21.9	26.05	108.2	77.91
Octubre	31.3	22.8	27.05	57.6	78.59
Noviembre	29.4	21.9	25.65	189	79.34
Diciembre	31	23.6	27.3	73.4	62.46
<b>TOTAL</b>	<b>337.8</b>	<b>272.3</b>	<b>305.05</b>	<b>1280.4</b>	<b>930.14</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.15</b>	<b>22.69</b>	<b>25.42</b>	<b>106.7</b>	<b>77.51</b>

**Fuente:** Estación Experimental "Juan Bernito" del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT, 2014).

**Cuadro 2: Análisis inicial del suelo, caracterización física y química**

ANÁLISIS FÍSICO				ANÁLISIS QUÍMICO																		
Determinación	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	pH	C.I.Cef. meq/100	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup> meq/100	C.E. dS/m	CaCO3 %	M.O %	Macronutrientes						Micronutrientes					
	%	%	%								N %	P ppm	K ppm	K <sup>+</sup> meq/100	Ca <sup>2+</sup> meq/100	Mg <sup>2+</sup> meq/100	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm
BIT1	68.96	8	23.04		4.70	5.09	3.11	0.07	0.00	1.01	0.05	133.20	47.00	0.12	1.52	0.33	<10	1.80	2.00	5.20	210.00	<0.4
BIT2	70.96	8	21.04		4.46	4.56	2.71	0.07	0.00	1.35	0.06	134.70	46.00	0.12	1.40	0.33	11.19	2.30	2.10	4.90	220.00	<0.4
BIT3	68.96	8	23.04		4.49	3.75	2.01	0.07	0.00	2.05	0.09	124.00	40.00	0.10	1.30	0.35	11.99	2.40	1.90	7.10	194.30	<0.4
BIIT1	68.96	8	23.04	Franco	4.19	3.09	1.51	0.20	0.00	1.38	0.06	129.80	56.00	0.14	1.17	0.26	<10	1.90	2.20	6.00	208.00	<0.4
BIIT2	68.96	8	23.04	Arcillo	4.32	3.25	1.51	0.03	0.00	1.28	0.06	117.90	61.00	0.16	1.25	0.34	11.99	2.40	2.10	6.90	210.00	<0.4
BIIT3	68.96	8	23.04	Arenoso	4.26	3.05	1.31	0.03	0.00	1.43	0.06	133.60	52.00	0.13	1.23	0.38	12.79	2.50	2.10	8.00	210.00	<0.4
BIIT1	68.96	8	23.04		4.37	3.29	1.71	0.05	0.00	1.25	0.06	137.80	57.00	0.15	1.13	0.30	<10	2.30	2.10	5.30	210.00	<0.4
BIIT2	70.96	8	21.04		4.40	2.87	1.21	0.06	0.00	1.29	0.06	153.40	53.00	0.14	1.14	0.39	<10	1.70	2.00	5.60	210.00	<0.4
BIIT3	68.96	8	23.04		4.25	2.75	1.31	0.03	0.00	1.24	0.06	143.10	55.00	0.14	0.97	0.33	<10	2.20	2.20	8.40	210.00	<0.4
Método	Hidrómetro			Poten- ciómetro	Extracto ra KCl 1N, Volumet ría	Extracto ra KCl 1N, Volumet ría	Conduc- tímetro	Gas- Volumé- trico	Walkley y Black	Cálculo de la M.O	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Extracto ra KCl 1N, o Acetato amónico	Extracto ra KCl 1N, o Acetato amónico	Extrac- ción/ Tur- bimetr ía	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Extrac- ción/E spec- trosco- pia UV	
Interpretación	Triángulo textural			Muy Fuerteme- nte Ácido	Muy bajo	Alto	No salino	Bajo	Entre Bajo y Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, fertilizantes, plantas y agua del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT, 2014).

**Cuadro 3: Análisis final del suelo, caracterización física y química**

ANÁLISIS FÍSICO					ANÁLISIS QUÍMICO																	
Determinación	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	pH	C.I.C ef. meq/100	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup> meq/100	C.E dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O %	Macronutrientes						Micronutrientes					
											N %	P ppm	K ppm	K <sup>+</sup> meq/100	Ca <sup>2+</sup> meq/100	Mg <sup>2+</sup> meq/100	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm
BIT1	72.96	6	21.04		4.42	2.61	0.71	0.08	0.00	0.80	0.04	84.23	46.00	0.11	1.26	0.26	<10	0.50	<0.5	3.80	96.00	<0.4
BIT2	68.96	6	25.04		4.28	2.34	0.66	0.08	0.00	0.80	0.04	60.71	35.00	0.09	1.28	0.21	<10	1.20	<0.5	5.00	199.50	<0.4
BIT3	70.96	8	21.04		4.36	2.34	0.76	0.07	0.00	1.57	0.08	76.49	29.00	0.07	1.18	0.22	<10	0.90	0.60	4.60	102.80	<0.4
BIIT1	70.96	8	21.04	Franco	4.20	2.27	0.97	0.05	0.00	1.44	0.07	66.96	35.00	0.09	0.97	0.15	<10	0.90	<0.5	4.50	259.30	<0.4
BIIT2	72.96	6	21.04	Arcillo	4.25	2.39	0.81	0.07	0.00	1.47	0.07	83.33	48.00	0.12	1.20	0.26	<10	1.00	0.60	4.60	196.50	<0.4
BIIT3	70.96	8	21.04	Arenoso	4.13	2.26	0.86	0.09	0.00	1.43	0.07	77.98	47.00	0.12	0.97	0.22	<10	0.50	<0.5	3.90	91.20	<0.4
BIIT1	70.96	8	21.04		4.25	1.95	0.76	0.06	0.00	1.41	0.07	72.02	46.00	0.12	0.90	0.16	<10	0.90	<0.5	4.60	241.50	<0.4
BIIT2	70.96	8	21.04		4.45	2.57	0.56	0.07	0.00	1.00	0.05	69.64	45.00	0.12	1.62	0.24	<10	0.90	0.70	4.60	111.20	<0.4
BIIT3	68.96	6	25.04		4.22	1.95	0.86	0.08	0.00	1.32	0.07	77.38	52.00	0.13	0.75	0.18	<10	0.50	<0.5	3.50	95.60	<0.4
Método	Hidrómetro			Poten- ciómetro	Extracto ra KCl 1N, Volumet ría	Extracto ra KCl 1N, Volumet ría	Conduc- tímetro	Gas- Volúme- trico	Walkley y Black	Cálculo de la M.O	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Bajo	Extracto ra KCl 1N, o Acetato amónico	Extracto ra KCl 1N, o Acetato amónico	Extrac- ción/ Tur- bimetr ía	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Olsen Modifi- cado	Extrac- ción/E spec- troscopia UV	
Interpretación	Triángulo textural			Extrema- damente ácido	Muy bajo	Alto	No salino	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Entre bajo y Medio	Entre Bajo y Medio	Bajo	Entre Medio y Alto	Bajo	

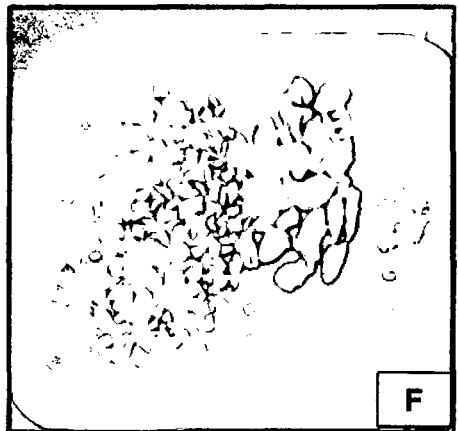
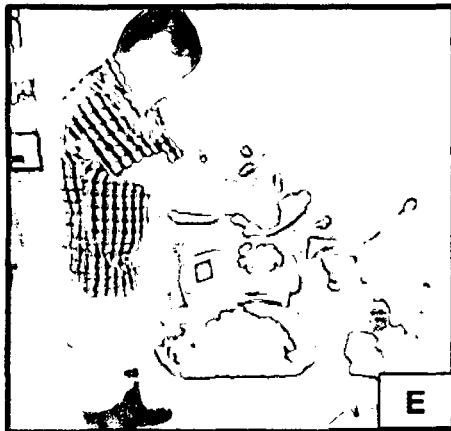
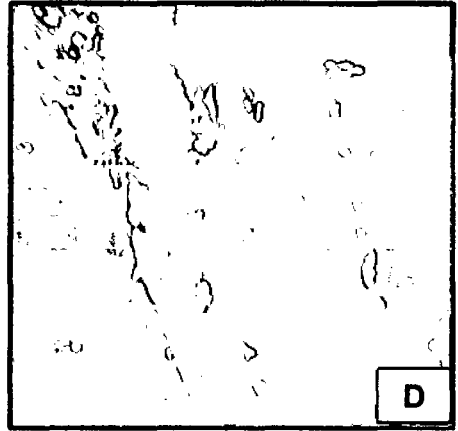
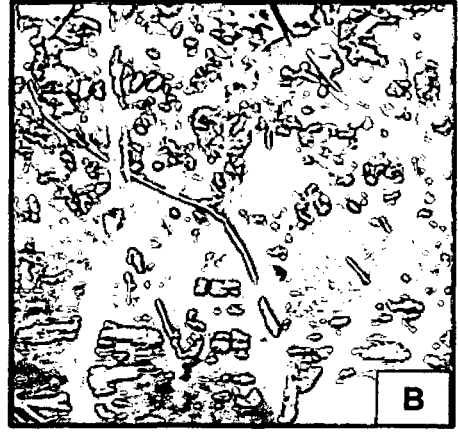
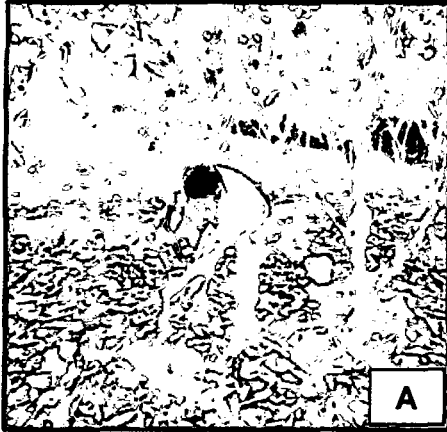
Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, fertilizantes, plantas y agua del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT, 2015)

**Cuadro 5:** Variables evaluadas en relación a las características morfofisiológicas y reproductivas de los clones estudiados

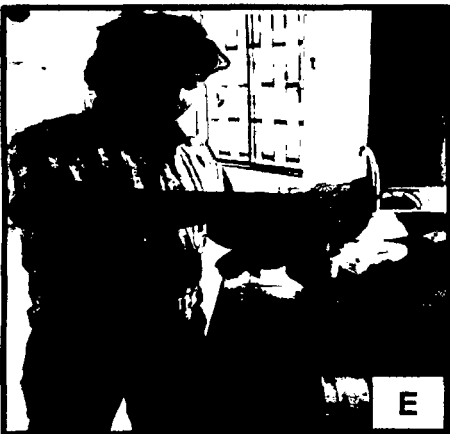
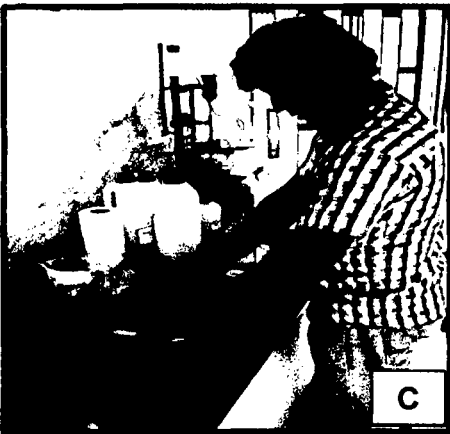
PARÁMETRO	TRATAMIENTOS		
	CCN-51	ICS-1	ICS-6
Altura de planta (m)	4.47	4.72	4.62
Diámetro de planta (cm)	13.26	14.77	13.28
N° de frutos cherelles	86.00	42.00	22.00
Peso de frutos cherelles (Kg)	0.39	0.19	0.10
N° de frutos cosechados	30.00	31.00	30.00
Peso de semilla fresca (Kg)	5.27	4.70	4.93
Peso de placenta fresca (Kg)	0.56	0.55	0.34
Peso de cáscara fresca (Kg)	12.69	12.18	11.78

Datos promedios de 6 Plantas/Tratamiento

## VISTAS FOTOGRÁFICAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

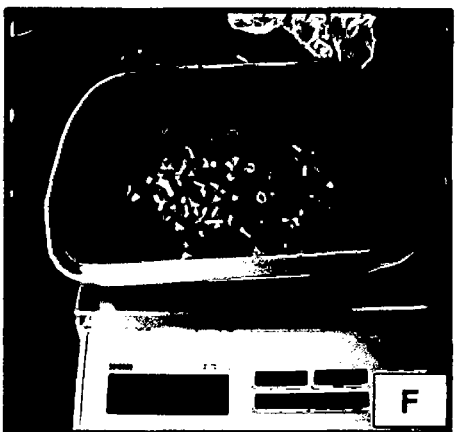
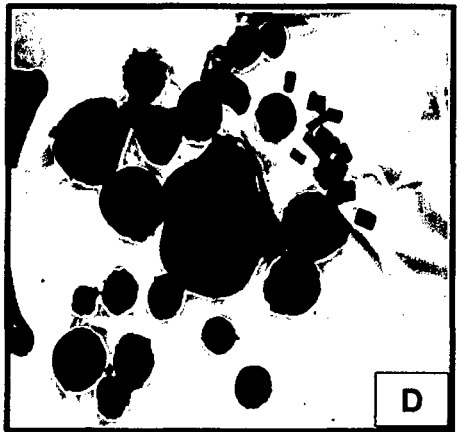
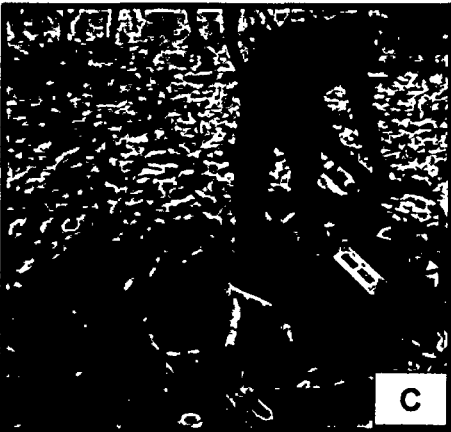
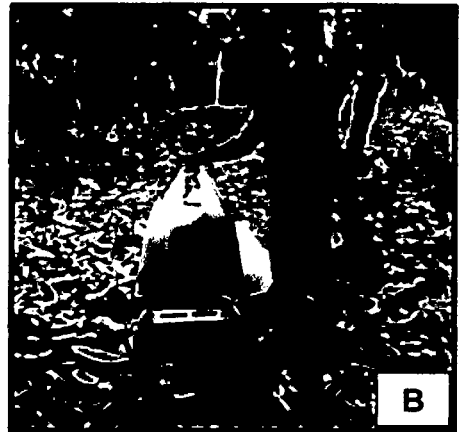
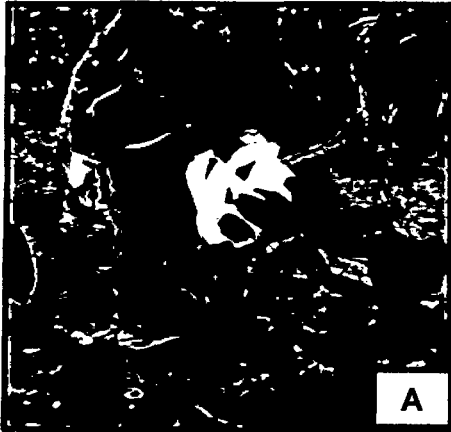


**Figura 01:** A: Muestreo de suelo. B: Medición de altura. C: Medición de diámetro. D: Cosecha de frutos. E: Pesado de semilla, placenta y cáscara. F: Picado de semilla, placenta y cáscara.

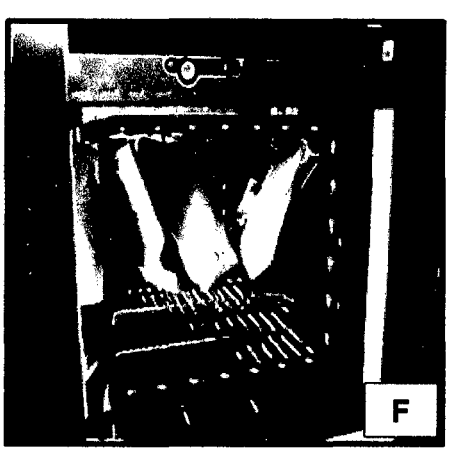
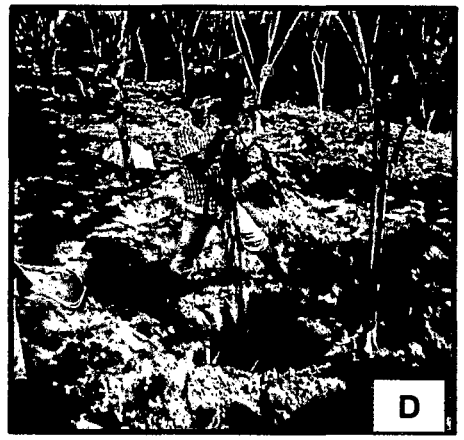
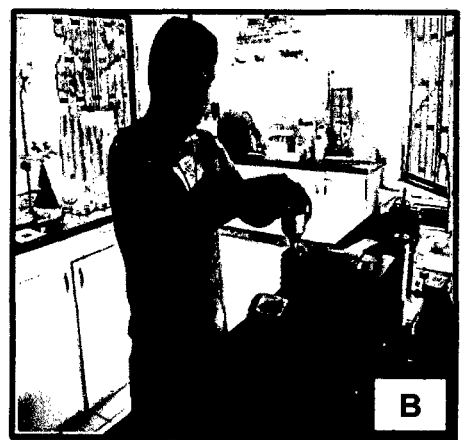
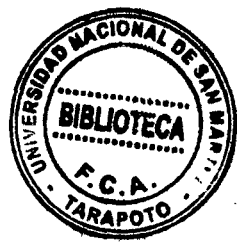


**Figura 02:** A: Almacenamiento de muestras de semilla, placenta y cáscara. B: Muestreo de hojas. C: Lavado de hojas. D: Colocación de muestras de hojas en la estufa. E: Molienda de hojas. F: Sacrificio de plantas.





**Figura 03: A: Juntado de hojas. B: Pesado de hojas de toda la planta. C: Pesado de tallos de toda la planta. D: Muestreo de tallos. E: Picado de muestra de tallo. F: Pesado de muestra de tallo.**



**Figura 04:** A: Colocación de muestras de tallos en estufa. B: Molienda de muestras de tallos. C: Excavación de raíces. D: Mostrando la raíz pivotante. E: Pesado y toma de muestras de raíces. F: Colocación de muestras de raíces en estufa.