

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

“COMPORTAMIENTO DE BROTES BASALES CON APLICACIÓN DE  
TÉCNICAS DE ESTIMULACIÓN EN ÁRBOLES IMPRODUCTIVOS DE  
CACAO (*Theobroma cacao* L.) – SAPECHO”

Rilda Romina Aguilar Ayma

La Paz – Bolivia

2012

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

COMPORTAMIENTO DE BROTES BASALES CON APLICACIÓN DE  
TÉCNICAS DE ESTIMULACIÓN EN ÁRBOLES IMPRODUCTIVOS DE  
CACAO (*Theobroma cacao* L.) – SAPECHO

Tesis de Grado Presentado como requisito  
Parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo

Rilda Romina Aguilar Ayma

**Asesores:**

Ing. Casto Maldonado Fuentes .....

Ing. Ph. D. David Cruz Choque .....

Ing. M. Sc. Windson July Martinez .....

**Tribunal examinador:**

Ing. Ph. D. Félix Marza .....

Ing. Ramiro Mendoza Nogales .....

**Aprobada**

**Presidente Tribunal Examinador:** .....

DEDICATORIA

*Con mucho cariño para mis papás Victor y Máxima, a mi querido hermano Moisés y tío Braulio quienes me apoyaron incondicional en todo momento.*

*Y con todo el amor del mundo a Roger quien supo acompañarme en cada instancia de mi vida y quien es mi fortaleza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer al Ing. Casto M., por darme la oportunidad de realizar el trabajo de campo y haberme brindado el apoyo en la parte técnica en la Estación experimental de Sapecho.

Agradezco al Dr. Félix M., por su gran apoyo incondicional en la redacción de este documento quien fue un maestro en esta etapa de mi vida.

Agradecer al Dr. David C., por brindarme la ayuda en esta fase de mi formación, al Ing. Ramiro Mendoza por la ayuda en la redacción y por sus sinceros consejos que me motivaron a seguir adelante y al Ing. M. Sc. Windson July por toda la ayuda brindada.

También agradecer al SENAMHI en especial a Francisco quien me colaboró en la tabulación de los datos meteorológicos de la Estación Experimental de Sapecho.

Romina Aguilar

## ÍNDICE GENERAL

	Págs.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Características botánicas del cacao.....	3
2.2. Tipo de brotes del cacao.....	4
2.3. Plantaciones híbridas de cacao.....	5
2.4. Sombra.....	7
2.5. Estimulación de brotes.....	7
2.6. Interacción del anillado y ácido giberélico.....	9
2.7. Reguladores de crecimiento.....	9
2.8. Plagas y enfermedades.....	12
2.9. Condiciones climáticas.....	14
3. LOCALIZACIÓN.....	18
3.1. Ubicación geográfica.....	18
3.2. Características climáticas de Alto Beni.....	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1. Materiales.....	20
4.2. Metodología de la técnica de estimulación.....	22
4.3. Variables de respuesta de la técnica de estimulación brotes basales.....	27
4.4. Flujograma del trabajo de investigación.....	30
4.5. Diseño experimental.....	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	33
5.1. Climadiagrama de la Estación Experimental de Sapecho.....	33
5.2. Análisis de varianza de las variables del brote basal.....	34
5.3. Tiempo de emisión de brotes basales.....	37
5.4. Comparación de medias del tiempo de emisión de brotes basales.....	39
5.5. Total de brotes basales.....	41
5.6. Comparación de medias del total de brotes basales.....	43
5.7. Altura del brote basal.....	44

5.8. Comparación de media de la altura del brote basal.....	46
5.9. Diámetro del brote basal. ....	47
5.10. Comparación de medias del diámetro del brote basal.....	49
5.11. Tiempo de maduración de las hojas del brote basal.....	51
5.12. Total de hojas del brote basal. ....	53
5.13. Comparación de medias de las hojas del brote basal. ....	55
5.14. Área foliar del brote basal. ....	56
5.15. Comparación de medias del área del foliar brote basal.....	57
5.16. Regresión lineal entre las variables de estudio.....	58
5.17. Análisis del costo parcial de la técnica en estudio.....	62
6. CONCLUSIONES. ....	64
7. RECOMENDACIONES.....	67
8. BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXO.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras.	Págs.
Fases del ciclo celular de una célula eucariota .....	11
Ubicación geográfica de la parcela N°25 de cacao híbrido de la Estación Experimental de Sapecho – UMSA .....	18
Flujograma de la técnica de estimulación.....	30
Climadiagrama de la Estación Experimental de Sapecho .....	33
Humedad relativa de la Estación experimental de Sapecho.....	34
Promedio de los tratamientos del tiempo de emisión del brotes basales.....	37
Comparación de medias del tiempo de emisión del brotes basales .....	39
Promedio de los tratamientos del total de brotes basales.....	41
Comparación de medias del total de brotes basales. ....	43
Promedio de los tratamientos de la altura del brote basal .....	44
Comparación de medias para la altura del brote basal.....	46
Promedio de los tratamientos del diámetro del brote basal .....	47
Comparación de medias del diámetro del brote basal.....	49
Promedio de los tratamientos del tiempo de maduración de hojas .....	51
Promedio de los tratamientos del total de hojas del brote basal.....	53
Comparación de medias del total de hojas del brote basal. ....	55
Promedio de los tratamientos del área foliar del brote basal .....	56
Comparación de medias del área foliar del brote basal.....	57
Regresión lineal del total de brotes y el tiempo de emisión de brotes basales .....	59
Regresión lineal del diámetro y altura brote basal.....	59
Regresión lineal del total de hojas y la altura del brote basal .....	60
Regresión lineal del área foliar y el total de hojas del brote basal. ....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas.	Págs.
Perímetro de la planta madre de cacao.....	23
Factores de estudio del ensayo .....	31
Análisis de varianza para tiempo de emisión de brotes, total de brotes, altura y diámetro del brote basal .....	35
Análisis de varianza para tiempo de maduración de hojas, total de hojas y el área foliar del brote basal .....	36
Análisis de varianza de la regresión lineal.....	58
Costo de la mano de obra de la técnica de estimulación de brotes basales.....	62
Análisis del costo parcial para la técnica de estimulación de brotes basales.....	63



## ÍNDICE DE FOTOS

Fotos.	Págs.
Material utilizado en el ensayo .....	21
Unidad experimental marbeteada .....	22
Procedimiento para la estimulación de brotes basales en árboles improductivos de cacao .....	25
Escoba de bruja en la fase paragua .....	26
Planta madre de cacao con emisión de brotes basales muy juntos.....	27
Variables de estudio de la técnica de estimulación de brotes basales en árboles improductivos de cacao. ....	29
Brote basal constituyéndose en una nueva planta .....	50

Aguilar, R. 2012. Comportamiento de brotes basales con aplicación de técnicas de estimulación en árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) – Sapecho. Tesis Ing. Agr. UMSA, La Paz, Bolivia. 77 p.

## RESUMEN

Gran parte de los cultivos de cacao en el país son viejos e improductivos que necesitan ser renovados debido a sus bajos rendimientos y también atribuir a las características de incompatibilidad genética que lo caracteriza. Sin embargo, se presentan problemas en algunos tipos de cacao híbrido que no logran emitir brotes. Por esta razón se aborda una nueva técnica para estimular brotes basales en árboles improductivos y poder realizar la reproducción masiva de plantas. Este experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Sapecho, se utilizó árboles recepados que fueron anillados y sometidos a dosis de 50 y 100 ppm de ácido giberélico. El ensayo siguió un diseño bloques completamente al azar con arreglo factorial con cuatro bloques y seis tratamientos; estos tratamientos consta de la altura del anillado y dosis de 50 y 100 ppm más un testigo (sin aplicación de regulador de crecimiento). El tiempo de emisión de brotes basales fue evaluado hasta la 5<sup>ta</sup> semana y el total de brotes basales se consideró a la 5<sup>ta</sup> semana. Asimismo, la altura, diámetro, el tiempo de maduración de hojas, las hojas del brote y fueron medidos cada semana y el área foliar se consideró a las 16 semanas. El anillado a una altura de 10 cm y con dosis de 50 y 100 ppm, permitió reducir el tiempo de emisión de brotes basales a diferencia del testigo que fue lo contrario. Para los mismos parámetros los tratamientos que se anillo a una altura de 5 cm y se aplicó dosis de 100 ppm, se comportó al igual que el testigo, demorando el tiempo de emisión de brotes. De acuerdo a la dosis de 50 ppm, en ambos casos del anillado, tuvo resultados favorables en el tiempo de emisión de brotes basales, total de brotes, altura, diámetro, tiempo de maduración de hojas, total de hojas y el área foliar; a diferencia de 100 ppm que tuvo resultados diferentes. Además en las 16 semanas de evaluación con la concentración de 50 ppm, el brote basal comenzó a formar horqueta y las 12 semanas empezó a emitir raíces con un eje principal, tiempo en que el brote basal comienza a consolidarse como una nueva planta.

**Palabras claves:** improductivo, brote basal, anillado, dosis.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El cacao se cultiva en Bolivia en las zonas tropicales de los departamentos de La Paz, Beni, Pando, Santa Cruz y Cochabamba, encontrándose también en forma silvestre en dichos lugares siendo la zona de mayor producción Alto Beni del departamento de La Paz (July *et al.*, 2008).

En la zona de Alto Beni, existen plantaciones de cacao híbrido que fueron establecidas entre los años 1962 a 1987 los cuales presentaron rendimientos muy alentadores en sus primeros años de producción (Villegas *et al.*, 2010). Considerando que su progenie posee una gran variabilidad en producción y otros caracteres que se debe a los padres que hacen el híbrido, no son líneas puras sino individuos heterocigotos para muchos de los caracteres.

La aplicación de ácido giberélico y anillado en ramas principales incrementa significativamente el amarre de frutos, constituyendo que el ácido giberélico tiene efecto sinérgico con el anillado. Diversos estudios han establecido que es posible reducir la concentración de ácido giberélico hasta  $5 \text{ mg L}^{-1}$  para incrementar el amarre de frutos, si el tratamiento se complementa con un anillado de ramas (Pérez *et al.*, 2004). Rojas (2007) en el Municipio de Caluma, realizó la evaluación de la eficiencia de la multiplicación asexual en cacao mediante el injerto Inglés doble y lateral aplicando diferentes dosis de ácido giberélico, siendo la concentración más efectiva 50 ppm que tuvo 94% de sobrevivencia.

Dicha zona se caracteriza por poseer condiciones aptas para el cultivo de cacao casi la totalidad de las plantaciones antiguas son híbridos con producción relativamente baja debido al deficiente manejo del cultivo, por no realizar prácticas culturales adecuadas y oportunas lo que ocasiona frecuentes ataques de enfermedades como la escoba de bruja. Cerda *et al.*, (2010), aluden que el "ataque de enfermedades y plagas ocasiona una reducción de hasta 30% en los rendimientos, que en ocasiones se incrementa o se reduce dependiendo de las condiciones climáticas y de microclimas en la plantación de cacao".

Para realizar la rehabilitación de una plantación improductiva se debe considerar obtener ganancias en relación con la magnitud del trabajo que debe ser hecho y que además alcance resultados en el corto plazo, una alternativa es la práctica de recepa donde se estimula a la planta madre a emitir brotes basales para que luego se conviertan en una nueva planta al obtener sus propia raíces, estos una vez injertados entran en producción a los dos años. Al realizar esta práctica la planta madre emite los brotes en diferentes posiciones del tallo pero, muchos de ellos se encuentran lejos del suelo y dificulta la emisión de raíz.

Para coadyuvar en la solución de este problema se propuso un estudio que facilite la emisión de brotes basales a una altura de 5 a 10 cm de la planta madre cacao, en efecto se utilizó la técnica del anillado (separación de la corteza del tronco principal) y la aplicación de un regulador de crecimiento como el ácido giberélico 10% (GA3) en diferentes dosis, en la parcela N°25 de la Estación Experimental de Sapecho, sector de cacao híbrido improductivo.

### 1.1. Objetivos.

#### Objetivo general.

Evaluar la aplicación de técnicas de estimulación y el comportamiento de brotes basales en árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.).

#### Objetivos específicos.

Estudiar el efecto del anillado en la estimulación para la emisión de brotes basales.

Estudiar el efecto del ácido giberélico en la estimulación de brotes basales.

Evaluar las características de crecimiento del brote basal hasta las 16 semanas.

Evaluar el costo parcial de las técnicas en estudio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1. Características botánicas del cacao.

El cacao es diploide  $2n: 20$  cromosomas (Astorga 2008), es una planta cauliflora porque emite flores y frutos tanto en el tallo como en ramas. Además, posee raíz pivotante, el tallo tiene brote ortotrópico y plagiotrópico. El Ministerio de Agricultura Perú (2004), alude que el cacao es considerado umbrófila o muy amiga de la sombra e indica que prospera donde su follaje que no está expuesto a la plenitud de la luz solar.

#### 2.1.1. Hoja.

Según Batista (2009), menciona que la hoja de cacao posee una lámina simple de forma lanceolada a casi ovalada, margen entero con nervadura pinnada en ambas superficies glabras, el nervio central es prominente y el ápice de la hoja agudo. Hardy (1961), menciona que la epidermis de la hoja superior tiene células grandes de paredes delgadas cubiertas de cutina y la epidermis inferior posee células pequeñas de paredes bastante gruesas, donde se localizan numerosos estomas pequeños que se hallan distribuidos irregularmente entre 1200 y 1300 estomas por  $\text{mm}^2$  de superficie foliar.

Según Amores (2006), manifiesta que la emisión de las hojas ocurre de forma intermitente donde cada árbol produce varias brotaciones al año, cada ciclo de emisión de hojas necesita de 6 a 7 semanas hasta su completa maduración. Esta maduración ocurre cuando pierden su pigmentación tomando un color verde oscuro y adquieren una rigidez que les permite tomar una postura sub horizontal. Después de una fase de máxima actividad de 4 a 5 meses, la hoja entra en la fase de senescencia que precede a su caída, la duración media de vida de una hoja es aproximadamente de 1 año.

Las hojas de cacao a pleno sol alcanzan valores de temperatura de 18 a 20°C por encima de la temperatura del aire, este pronunciado calentamiento trae como

consecuencia un considerable aumento de la presión de vapor de agua dentro de los espacios intercelulares forzando su escape a través de los estomas. Por esta razón la transpiración de una hoja al sol es más acelerada 2 ó 3 veces mayores que una hoja que está en sombra, por tanto, el crecimiento del árbol es más acelerado durante los meses más calientes (Batista 2009).

## 2.2. Tipo de brotes del cacao.

El tallo tiene un hábito de crecimiento dimórfico con brotes ortotrópico (crecimiento vertical) y plagiotrópico (crecimiento oblicuo) esta última es la que forma una horqueta a una altura de 1,5 a 2 m en el momento en que la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales (Johnson *et al.*, 2008).

Según Palma (2000?), las yemas del tronco permanecen latentes linealmente sobre el tallo y están protegidas por unas vainas estipuladas, que son menos visibles y tienden a desaparecer durante el crecimiento del tallo principal, al interrumpirse el estado latente como el corte del tallo se produce el brote de las yemas de forma masiva que permite la renovación del tejido productivo del árbol.

### 2.2.1. Brote ortotrópico.

Según Batista (2009), los troncos o tallos en su parte inferior solo producen brotes ortotrópicos llamados también brote basal o chupón, los cuales pueden producir en la base raíces verdaderas con el mismo hábito de crecimiento que un tallo principal. Indica Agrícola-Inacap (2009), que generalmente los brotes por naturaleza no presentan yemas productivas sino yema vegetativa debido a la gran cantidad de giberelinas que producen, pero no quiere decir que no llegara a ser reproductiva puesto que los brotes que salgan posteriormente del brote serán los que den las yemas florales.

El brote basal al constituir una nueva planta inicia su producción precozmente entre 1,5 a 2 años después de injertarlo, esta capacidad se atribuye a la amplia masa

radicular que mantiene la planta madre y que está abasteciendo a la planta renovada. Sin embargo, algunos injertos en brote basal se localizan a 30 cm del suelo o menos bajo estas condiciones es posible realizar la inducción de raíz para independizar de la planta madre, manipulando un trozo de pseudotallo de plátano que se acondiciona entre el codo del brote injertado y el suelo en un periodo de 90 días aproximadamente, el pseudotallo queda totalmente descompuesto y se aprecia una red de raíces que independizan la nueva planta (Arévalo *et al.*, 2004).

Las características de un brote ortotrópico son: porte vertical, filotaxis 3/8, hojas largamente pecioladas, yemas ortotrópico, crecimiento definido. Y las particularidades de un brote basal para el injerto según Ministerio de Agricultura Perú (2004), son: de 1 a 2 cm de diámetro, lo más próximo al suelo, vigoroso y sanos (libre de enfermedades).

### 2.3. Plantaciones híbridas de cacao.

La Compañía Nacional de chocolates S.A. (1988), alude que el cacao híbrido se caracteriza por tener un desarrollo más rápido, su producción comienza al tercer año, su vigor permite la formación de una copa más rápida y frondosa, tiene un gran poder de regeneración cuando es afectada por plagas, enfermedades y daños mecánicos.

Las plantaciones híbridas de cacao son originadas por el cruzamiento de dos individuos o progenitores diferentes, de la misma especie y como resultado da un individuo con mejores características agronómicas que se conoce como vigor híbrido. En el cacao puede darse el caso de dos tipos de hibridaciones natural y artificial (Arévalo *et al.*, 2004).

#### 2.3.1. Hibridación natural.

Se da en condiciones naturales donde no se conoce el progenitor masculino pero si el femenino, es el resultado del cruzamiento libre y sin control de dos plantas de diferente característica genética pero íntimamente relacionadas, generalmente esta

hibridación es bajo la acción de agentes polinizadores especialmente de la mosquita del genero *Forcypomia*.

### 2.3.2. Hibridación artificial.

Se realiza mediante la polinización manual o artificial cuya característica principal agronómica son favorables de ambos progenitores (masculino y femenino), a fin de producir semilla certificada.

### 2.3.3. Improductividad.

Una plantación de cacao se considera decadente cuando su producción se ha reducido tal que se considera comercialmente improductiva y económicamente insostenible. Esta situación normalmente ocurre cuando el cultivo es establecido en lugares desfavorables, cuando hay mal manejo, es de edad muy avanzada, por fuerte afección de plagas y enfermedades o el uso de plantas de pobre valor genético (Batista 2009).

#### 2.3.3.1. Incompatibilidad.

Trujillo (2001), citado por July *et al.*, (2008), aluden la importancia del uso de diferentes mezclas de híbridos para establecer una plantación de cacao y asegurar la producción por los fenómenos genéticos de incompatibilidad, autoincompatibilidad y autocompatibilidad.

Según Villegas *et al.*, (2010), la compatibilidad es la capacidad de la planta para formar frutos, cuando no es posible la fecundación de la flor precede la caída de la misma. Cope (1962), citado por Braudeau (1970), demostró que los cruzamientos incompatibles se da en el ovario, porque se encuentra óvulos en 25,50 ó 100% que perjudica la fusión de los gametos, dichos óvulos parecen ser responsables de la caída de la flor y manifiesta la incompatibilidad final.



En las zonas cacaoteras de Bolivia, existen plantaciones que están abandonadas o cuentan con material genético poco productivo, si se cuenta con este tipo de plantación se tiene dos alternativas para mejorar la producción mediante: rehabilitación del cacaotal abandonado o renovar las plantas improductivas.

Un árbol es improductivo cuando produce menos de 25 mazorcas, proporciona mala calidad del grano, es autoincompatible y susceptible a enfermedades para este tipo de árboles no es determinante la edad, podemos encontrar plantas de 5 a 30 años con baja producción de mazorcas. El objetivo es renovar la plantación improductiva o vieja mediante la sustitución de la planta, puede ser por resiembra o por injertación en brotes basales, se deberá utilizar variedades altamente productivas (Quispe 2010).

#### 2.4. Sombra.

La Compañía Nacional de chocolates S.A. (1988), indica que el cacao necesita durante su crecimiento y desarrollo entre 50 y 75 % de sombra, cuando llegan al estado adulto las exigencias se reducen a 25 %. Se emplea sombra temporal hasta el momento en que sus copas estén bien cerradas el establecimiento de sombra definitiva es importante en el sistema de cultivo tecnificado porque la sombra que proyectan los árboles protege a la plantación de los rayos solares, la acción de los vientos, lluvias torrenciales y del mismo modo estabiliza temperatura y humedad de los cacaotales (Ministerio de Agricultura Perú 2004). La falta de sombra implica una mayor actividad fisiológica por diferencia de temperatura por ello induce una mayor evapotranspiración acelerando los procesos de floración y fructificación demandando una mayor cantidad de agua y nutrientes (Arévalo *et al.*, 2004).

#### 2.5. Estimulación de brotes.

##### 2.5.1. Recepa.

Según Quiroz y Amores (2002), la recepa es una práctica utilizada en árboles viejos con más de 35 a 40 años de edad con el propósito de provocar la emisión de brotes

de tipo ortotrópico que consiste en cortar el tallo a diferentes alturas, a partir del nivel del suelo (2m, 1m y 30 cm) esto depende de la edad de la plantación e incluso de la heterogeneidad de la misma, cabe mencionar que los costos de esta práctica son sumamente bajos y recuperables en corto tiempo.

Los árboles entre 25 y 35 años son troncos menos lignificados pueden ser cortados a 1m y con menos de 25 años en condiciones aceptables deben ser cortados a 2 m de altura. La recepa induce a una reacción inmediata en los árboles en el lapso de 15 días se observa una emisión intensa de brotes de tipo ortotrópico y puede emitir entre 150 a 300 brotes en su primera emisión. Dichos árboles continuarán con la emisión de brotes, el cual es preciso eliminar cada 15 días durante los tres meses posteriores a la rehabilitación permitiendo un desarrollo proporcionado de los brotes seleccionados.

#### 2.5.1.1. Impacto ambiental.

Según el INTA (2000?), cuando se recepa una plantación de cacao el desequilibrio que se pueda ocasionar al medio ambiente es mínimo, por la cobertura existente de árboles de mayor tamaño establecidos como sombra. Además, el rápido crecimiento de los rebrotes evita cualquier perturbación del suelo conservando sus características deseables para la explotación del cacao.

#### 2.5.2. Anillado.

El anillado consiste en interrumpir al floema removiendo una pequeña porción de corteza haciendo una incisión no mayor de 3 a 6 mm, sin entorpecer la subida de la sabia bruta, se interrumpe momentáneamente la bajada de sabia elaborada y más tarde forma tejido de cicatrización a expensas del cambium, este descenso de sabia se establece defectuosamente volviéndose en una normalidad relativa (Hidalgo 2003). Según Davie *et al.*, (1995), citado por Martínez *et al.*, (2003), dice que no se interrumpe el transporte por la vía xilemática por lo tanto la acumulación de fotoasimilados y de auxinas es mayor temporalmente en las ramas anilladas.

## 2.6. Interacción del anillado y ácido giberélico.

La aplicación de reguladores de crecimiento es una práctica extendida en muchos cultivos y con ella se persigue objetivos muy distintos en el momento de optar por la propagación vegetativa. La regulación hormonal dependerá de la especie (genotipo), del ambiente (estímulos físicos) y la respuesta que se verá afectada por la concentración (Rojas *et al.*, 2004). El efecto fisiológico del anillado consiste en interrumpir el transporte de los fotoasimilados y fitohormonas por el floema a las parte más bajas de las ramas (parte proximal) (Martínez *et al.*, 2003). Por tanto la interacción del ácido giberélico y anillado en ramas principales incrementa significativamente el amarre de frutos constituyendo que el ácido giberélico tiene efecto sinérgico con el anillado (Pérez *et al.*, 2004).

## 2.7. Reguladores de crecimiento.

Para el desarrollo normal de la planta depende de gran parte de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua y temperatura) e internos (hormonas), las hormonas vegetales son aquellas sustancias sintetizadas en un determinado lugar y se translocan a otro donde actúan a muy bajas concentraciones regulando el crecimiento, desarrollo, reproducción y otras funciones de las plantas (Rojas *et al.*, 2004). Por ejemplo cuando la planta germina comienza actuar algunas sustancias hormonales como las giberelinas que regulan el crecimiento y son las que gobiernan en varios aspectos de la germinación, cuando la planta surge a la superficie actúan las hormonas llamadas auxinas, las que aceleran su crecimiento vertical y más tarde comienza aparecer las citocininas encargadas de la multiplicación de las células y a su vez ayudan a la ramificación de la planta (Parra 2002).

### 2.7.1. Giberelinas.

El ácido giberélico GA3 fue descubierto en Japón, como derivado del extracto del hongo *Giberella fujikuroi* que producía un crecimiento inusual en las plantas de arroz derivando de allí su nombre.

#### 2.7.1.1. Biosíntesis.

La giberelina es sintetizada en el primordio apicales de las hojas, en la punta de las raíces y semillas en desarrollo puede estar afectada por procesos internos de retroalimentación negativa por factores externos como la luz, que según su duración lleva a la producción de giberelinas o inhibidores del crecimiento (Parra 2002). Esta hormona se activa en la planta cuando está en crecimiento y presentan un movimiento ascendente hasta llegar a los brotes apicales, a este movimiento se le denomina Acrópeto (Agrícola-Inacap 2009). Además, se encuentra en el floema y también han sido aislada de exudados del xilema lo que sugiere un movimiento bidireccional en la molécula de la planta (Rojas *et al.*, 2004).

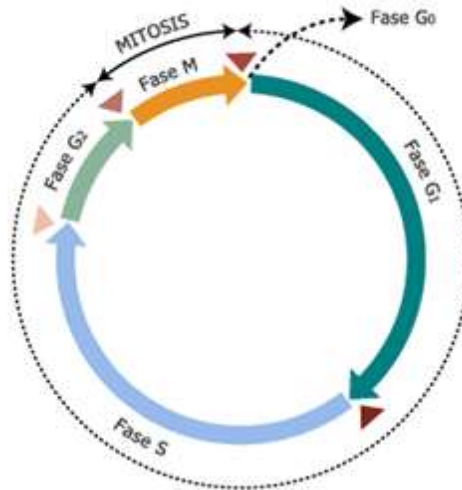
#### 2.7.1.2. Modo de acción y traslado de las giberelinas.

Las giberelinas se mueven a través de floema y xilema no es polar como en el caso de las auxinas, también promueve la elongación celular al incrementar la plasticidad de la pared, aumenta el contenido de glucosa y fructosa provocando la disminución del potencial de agua, que lleva al ingreso de agua en la célula el cual produce su expansión e induce la deposición transversal de microtúbulos y participan en el transporte del calcio (Bosque 2010). Este regulador de crecimiento provoca la división celular al acortar la interface del ciclo e induce a la célula en fase G1 a sintetizar ADN (Marassi 2008).

##### 2.7.1.2.1. Ciclo celular.

Según Gonzales y Mercedes (2008), el ciclo celular es una serie de eventos que suceden en una célula en división, donde se conoce dos etapas que son la mitosis (ocupa un 10%) y la interfase (ocupa el 90%); esta última consta de tres etapas: G1, S y G2. En la fase G1 y G2 cada uno ocupa un 25% y la fase S un 40%. Además, el ciclo celular comienza a partir de una célula recién dividida por mitosis que entra al estadio denominado G1 (intervalo) donde la célula crece y aumenta de tamaño, cuando ha alcanzado cierto tamaño entra en la fase S (síntesis) que implica la

duplicación del ADN formándose una copia de cada cromosoma, después atraviesa la fase G2 donde la célula comprueba que ha completado correctamente la replicación del ADN y se produce la síntesis de los componentes necesarios para la mitosis, se inicia la fase M (mitosis) que concluye con el nacimiento de las dos células hijas, esta fase se divide en varias etapas que son: profase, metafase, anafase y telofase.



**Figura 1.** Fases del ciclo celular de cualquier célula eucariota, donde una célula pasa las etapas G1, S y G2 que son agrupadas en una fase mayor denominada interfase y la mitosis donde nacen las células hijas.  
Fuente: Gonzales y Mercedes (2008).

### 2.7.1.3. Efectos fisiológicos.

Las giberelinas poseen efectos fisiológicos en la planta como el incremento del crecimiento del tallo, actúan en la latencia (dormancia) tanto de yemas vegetativas como de semillas, induce a la brotación de yemas, inducción en la floración en plantas de día largo, promueve el desarrollo de los frutos, estimula la síntesis de mRNA (RNA mensajero) e inducen la formación de flores masculinas en plantas de especies diclinas.

## 2.8. Plagas y enfermedades.

La zona cacaotera más grande del país se encuentra en la región de Alto Beni, como antecedente tiene bajos rendimientos por hectárea debido a la existencia de plagas y enfermedades que dañan distintas partes del árbol del cacao (raíz, tallo, ramas, hojas, flores y frutos) dichos ataques se encuentran desde el vivero hasta la edad adulta del cacao.

### 2.8.1. Plagas.

#### 2.8.1.1. Chinche.

Existen varias especies, pero dos de ellas ocasionan severos daños como el *Monalonion dissimulatum* que ataca a mazorcas en cualquier estado de desarrollo, su presencia es mayor en cacaotales con mucha sombra y en los meses de junio a agosto (July *et al.*, 2008) y *Monalonion annulipes* ataca los frutos pero, su principal daño lo produce en los brotes nuevos a causa de excesiva luminosidad, se controla reponiendo la sombra faltante sembrando plátano o banano (Compañía Nacional de Chocolates S.A. 1988).

#### 2.8.1.2. Ácaros o arañuela.

Las arañuelas habitualmente de color rojo o café se localizan en el envés de la hoja, atacan hojas jóvenes produciendo atrofia de las mismas y caída de brotes terminales (Johnson *et al.*, 2008).

#### 2.8.1.3. Gusanos medidores o defoliadores.

July *et al.*, (2008), mencionan que son larvas de lepidópteros que atacan generalmente al follaje tierno y causan su destrucción. Además, se incluye a los gusanos esqueletizadores que perforan las áreas internervales y solamente dejan secas las nervaduras de las hojas, pueden causar daños significativos estacionalmente pero en general no constituyen un problema grave y pueden vivir en un área por mucho tiempo sin causar mucho daño.

## 2.8.2. Enfermedades.

### 2.8.2.1. Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*, previamente *Crinipellis perniciosa*).

Según Maridueña *et al.*, (2007?), realizaron estudios en las principales fincas cacaoteras en Ecuador, e identificaron al patógeno que fue aislado y en la descripción idéntico a la escoba de bruja como *Moniliophthora perniciosa*.

La escoba de bruja es producida por un hongo que afecta a cojines florales, brotes, hojas y frutos; el patógeno afecta todo tejido meristemático activamente en crecimiento como consecuencia causa una hipertrofia. Arévalo *et al.*, (2004), indican que esta fase es originada por la basidiospora producida en un número aproximado de un millón por basidiocarpos conocidos comúnmente como “paraguas” o “callampa” que son de color rosado y tienen un diámetro de hasta 2 cm. El hongo bajo condiciones favorables de humedad relativa mayor a 90% y temperaturas de 25 a 27°C durante la estación lluviosa se produce la fructificación que es diseminado por el aire y el agua de lluvia.

### 2.8.2.2. Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*).

Es un hongo que se encuentra en el suelo, cuando hay alta humedad se reproduce y se transporta mediante el viento, lluvia e insectos. También se ve favorecida por bajas temperaturas (REPSA 2010), este hongo ataca las hojas, raíz, tallo, chupones, cojines florales y principalmente los frutos del cacao. Cuando las hojas son infectadas los primeros síntomas ocurren 24 horas después de la infección causando manchas café con el borde amarillo y la hoja se va enrollando, en el brote basal logra infectar la yema apical y avanza rápidamente provocándole la muerte (Cerdeña *et al.*, 2010).

### 2.8.2.3. Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*).

Según REPSA (2010), la antracnosis es producida por un hongo que ataca a las hojas del cacao en vivero y cuando son adultas estas se manifiestan en las plantas

que están altamente expuestas al sol, es decir por falta de sombra. Se observa hojas con manchas de color café con borde amarillo, el hongo ataca a través de heridas en la hoja ya sea por insectos o por quemazones causado por el sol o por debilidad de la planta promoviendo a las hojas que se sequen y las ramas se mueren debilitando al árbol de cacao.

#### 2.8.2.4. Moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans *et al.*)

Esta enfermedad ingreso a nuestro país el 2011. Arévalo *et al.*, (2004), indica que la moniliasis es una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo de cacao y se caracteriza por dañar frutos en cualquier estado en desarrollo. El síntoma inicial es la deformación de frutos jóvenes, que se da 30 días después de la infección. Luego se observa pequeños puntos aceitosos los que forman la mancha de color marrón al cabo de 15 a 20 días; en las manchas de color marrón se forma de 4 a 8 días una capa de micelio blanquecino que envuelve en forma gradual al fruto de 3 a 4 días después se llena de esporas secas del hongo, tomando una coloración cremosa.

### 2.9. Condiciones climáticas.

#### 2.9.1. Precipitación.

La precipitación pluvial que requiere el cacao es 1500 a 2500 mm anuales (Johnson *et al.*, 2008, Maldonado 2002?), considerándose que es una planta muy sensible a la falta de humedad del suelo por ello se debe considerar una precipitación mínima de 100 mm/mes.

#### 2.9.2. Humedad relativa.

El ambiente debe ser húmedo, el cacao no se comporta bien si la humedad relativa que rodea la planta es extremadamente baja, una media de 70 – 80% es lo más conveniente (July *et al.*, 2008), la humedad relativa disminuye al aumentar la temperatura lo que favorece la transpiración.



### 2.9.3. Temperatura.

Una temperatura de 18 a 32°C debajo o por encima de este nivel, el cacao se desarrolla lentamente y hasta puede morir (Maldonado 2002?), debido a las temperaturas muy elevadas que estimulan la respiración provocando el cierre de los estomas (Bosque 2010), la fluctuación de la temperatura es el factor que controla el desarrollo de las plantas, la variación óptima es de 9°C, que permite la brotación de yemas que producen hojas y flores (Batista 2009).

### 2.9.4. Luminosidad.

Una intensidad lumínica menor a 50% limita los rendimientos mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% lo incrementa. En algunos países se reportan incrementos relativos del rendimiento superior al 180% después de haber suprimido la sombra. Sin embargo, para esto es necesario complementar con otras labores agronómicas como la fertilización con tenores altos de nutrientes y con la regulación del sistemas de riego (Arévalo *et al.*, 2004).

### 2.9.5. Viento.

Los vientos son enemigos del cacao, vientos constantes o brisas hacen que los cacaotales pierdan agua a través de las hojas, que cierran sus estomas por tanto dejan de trabajar se secan y mueren; en vientos intensos las hojas se caen prematuramente especialmente a una velocidad de 4 m/s (14,4 Km/h) (Johnson *et al.*, 2008). También ocasiona el rompimiento de ramas desarraigo de árboles mal enraizados y vuelco de los árboles de sombra sobre el cacao.

### 2.9.6. Altitud.

El cacao es una planta que en diferentes zonas cacaoteras del mundo se cultiva desde el nivel del mar hasta alturas considerables de 1400 msnm, siendo el rango óptimo de 250 a 900 msnm fuera de este límite las plantas sufren alteraciones

fisiológicas que afectan el potencial productivo que se refleja en un menor rendimiento y baja rentabilidad para el productor (July *et al.*, 2008).

#### 2.9.7. Suelos tropicales.

Para un mejor estudio de los suelos tropicales se clasifican en suelos de altura y bajura (Maldonado 2002?).

##### 2.9.7.1. Suelos de altura.

Son suelos que tienen buen drenaje y se subclasifican en tres tipos de suelos que son media arenosa, arenosa y gredosa.

Los suelos medio arenoso conocido como terreno franco posee tierra buena, media arenosa de color chocolate a negro se le puede reconocer porque conserva la humedad y buena cantidad de abono. Además, no se encharcan puesto que tienen buen drenaje.

La tierra arenosa de color ladrillo de café claro o castaño se lo reconoce cuando al apretar con los dedos se siente áspero y forma bolas que se deshacen rápido, tienen poca capacidad de retención de materia orgánica y humedad, estos suelos sirven para cultivos perennes como los frutales y forestales.

Los suelos gredosos son de color rojizo (negro y amarillo por dentro) cuando están húmedos forman bolas firmes y flexibles. Además, se encuentra en lugares poco inclinados, poco profundos, la materia orgánica es escasa, la fertilidad baja y sirven para cultivos perennes, frutales, pastizales y forestales.

##### 2.9.7.2. Suelos de bajura.

Son suelos que tienen problemas de drenaje, retienen agua por tiempos prolongados se clasifican en tres tipos de suelos que son gredosa, arenosa y suelos de protección.

Suelos arcillosos o gredosa son de color plomo, amarillo y ceniza con moteados, en tiempos de sequía el suelo erosiona, en época de lluvias se encharca por temporadas prolongadas hasta 20 días. No, son aptos para cultivos anuales por ser superficiales y de baja fertilidad se ocupa para pastizales que soportan encharcamientos.

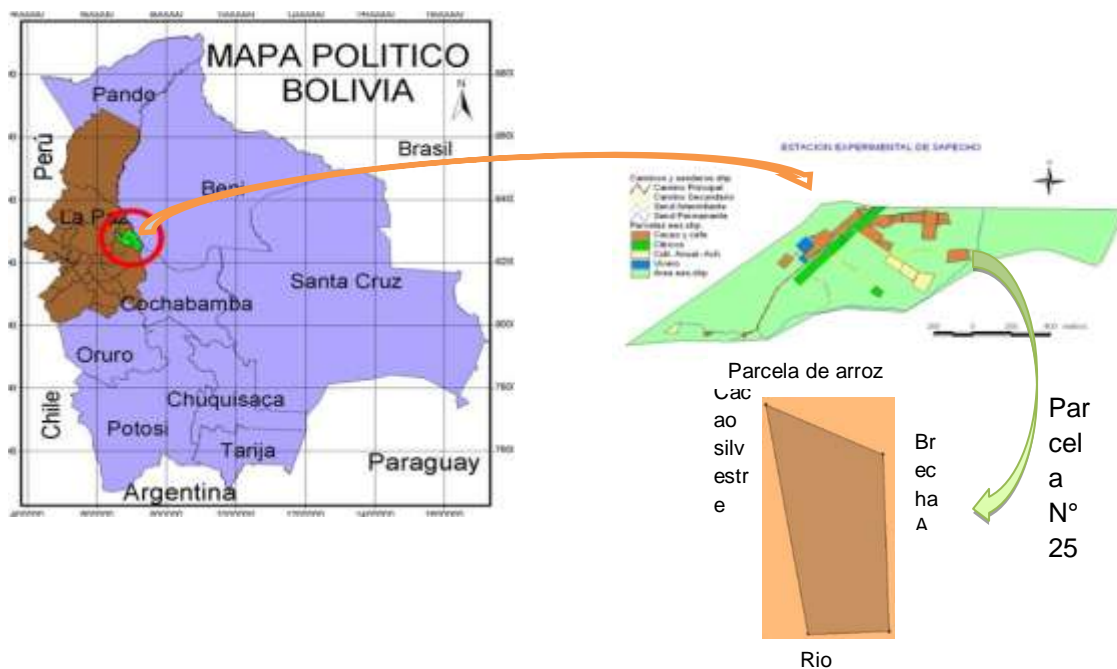
La tierra media arenosa de color amarillo a plomizo se encharcan por temporadas cortas de hasta 7 días, estos suelos sirven para cultivos forestales y pastos.

Los suelos de protección poseen tierra arenal que se encuentran en las orillas de los ríos y cuarichales (agua estancada) estos son frágiles susceptibles a la erosión no se debe chaquear ni cultivar, se los debe dejar como monte de protección enriqueciendo con especies útiles.

### 3. LOCALIZACIÓN.

#### 3.1. Ubicación geográfica.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Sapecho (dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés) parcela N°25 de germoplasma de cacao híbrido (procedente de Costa Rica luego llevado al Chaparé y después establecido en la Estación Experimental de Sapecho) el cual se encuentra ubicada a 276 Km de la ciudad de La Paz, con una precipitación promedio de 1800 mm y una temperatura media de 26°C. Corresponde a la cuarta sección municipal de la Provincia Sud Yungas (Palos Blancos) y sub alcaldía de Sapecho (Maldonado 2010<sup>1</sup>). La localización geográfica es latitud sud 15° 33' 56" y longitud Oeste 67° 19' 30" con una altitud de 410,0 msnm (SENAMHI 2010<sup>2</sup>).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la parcela N°25 de cacao híbrido de la Estación Experimental de Sapecho – UMSA. El área de la estación fue realizada por Huanaco 2010 y el área de la parcela se obtuvo mediante el GPS y el SIG el 2011. Fuente: Huanaco (2010)

<sup>1</sup> MALDONADO, C. 2010. Estación Experimental de Sapecho. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. (compendio de trabajos de investigaciones). La Paz, Bolivia.

<sup>2</sup> SENAMHI 2010. Planillas de registro mensual de datos meteorológicos e hidrológicos de la Estación Experimental de Sapecho.

### 3.2. Características climáticas de Alto Beni.

La región de Alto Beni, presenta temperatura media anual de 24 a 26°C en las serranías colindantes, la temperatura bajan por efecto de la altitud, la precipitación anual varía entre 1300 a 1600 mm. Sin embargo, subiendo al fondo del valle en las serranías se nota un marcado aumento en las precipitaciones la época de lluvias dura 5 meses de noviembre a marzo.

La vegetación de las partes bajas del Alto Beni, tiene las siguiente característica: el bosque es denso, alto y consta de varios estratos, las especies más extendidas pertenecen al género *Aspidosperma*, *Brosimum*, *Cordia*, *Erythrina*, *Calycophyllum*, *Cariniana*, *Triplaris* y las palmeras *Scheelea*, *Euterpe*, *Bactris* y *Astrocaryum*. En alturas mayores a 800 msnm cambia el espectro de las especies y el aspecto del bosque, debido al aumento de la humedad por tanto se encuentran muchas palmeras, trepadoras, lianas, epífitas herbáceas y en menor cantidad helechos arbóreos. Según el mapeo realizado los cambisoles crómicos serían la unidad de suelo dominante en la región del Alto Beni, los lixisoles y acrisoles los suelos asociados (López 2001).

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS.

##### 4.1. Materiales.

###### 4.1.1. Material vegetal.

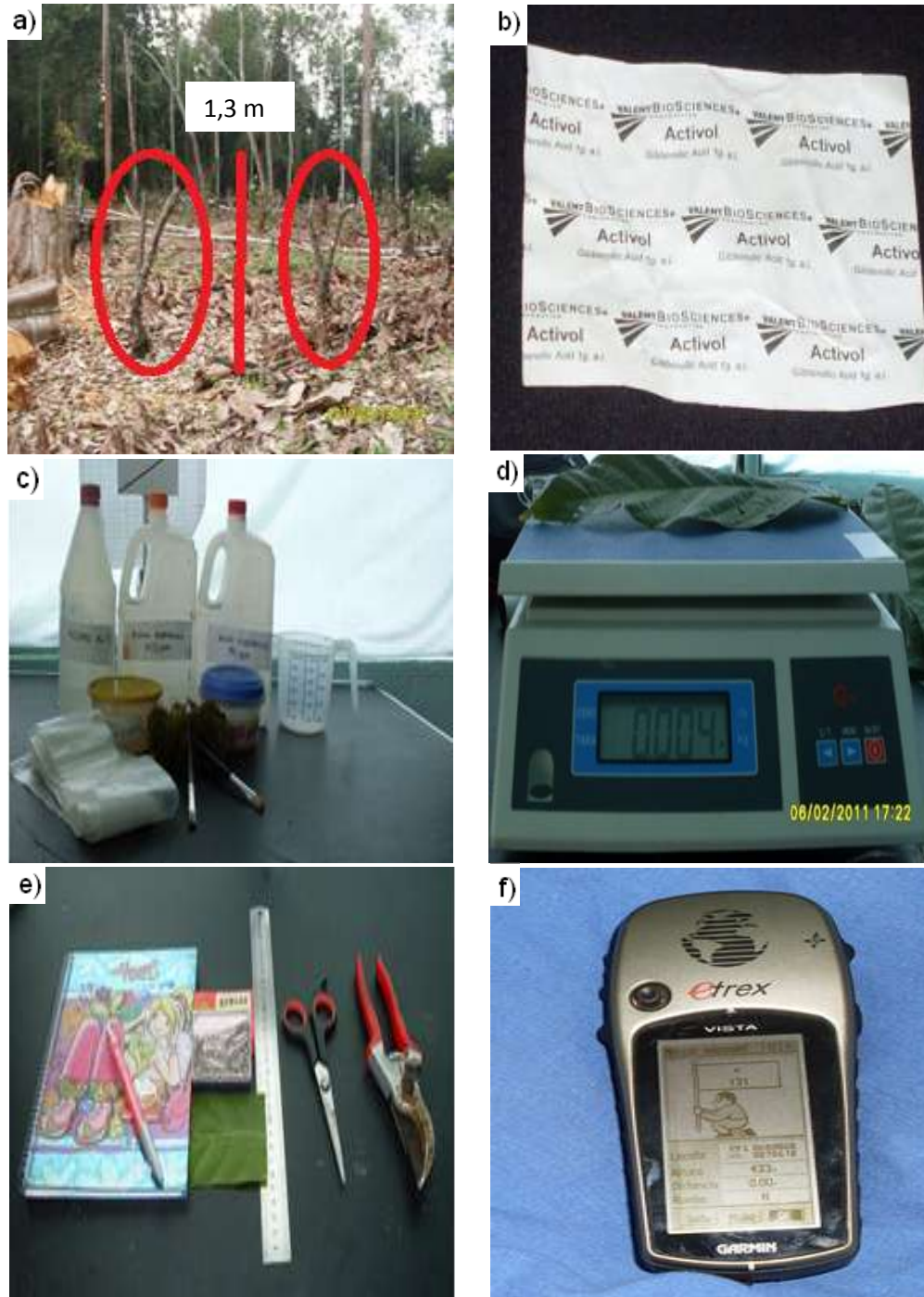
Se empleó 24 árboles de cacao híbrido que fueron recepado a 1,30 m de altura, estos árboles provienen desde Costa Rica que fueron implantados en la Estación Experimental de Sapecho hace más de 20 años aproximadamente. Además, para cubrir el anillado y evitar que se evapore el producto se recolectó musgo de las parcelas de cacao de la misma estación.

###### 4.1.2. Material de campo.

Se empleó cintas de polietileno, navaja victorinox, tijera de podar, machete, asperjador, pincel N°8, regla metálica, cinta métrica, marbetes, frascos de plástico, lupa, balanza analítica, GPS (Etrex), vernier y materiales de gabinete.

###### 4.1.3. Material químico.

Se empleó ácido giberélico (Activol 10%) en la estimulación de brotes basales y se utilizó alcohol al 70% y lavandina al 3% para la desinfección de los materiales de campo.



**Foto 1.** Material utilizado en la investigación para la técnica de estimulación de brotes basales, a) cacao híbrido recepado a 1,3 m; b) ácido giberélico 10%; c) y e) material de campo; d) balanza analítica para estimar el área foliar de las hojas del brote basal; f) GPS, para determinar el área de la parcela.

## 4.2. Metodología de la técnica de estimulación.

### 4.2.1. Fase preparativa de la técnica de estimulación de brotes basales.

#### 4.2.1.1. Limpieza de la unidad experimental.

La parcela N°25 de cacao híbrido presentaba antecedentes como baja producción en mazorcas y principal enfermedad la escoba de bruja, por tanto se consideró improductiva. En julio del 2010 se realizó la recepa en árboles de cacao híbrido a una altura de 1,3 m y las ramas se troceó dejándolo en la parcela para su posterior descomposición.



**Foto 2.** Unidad experimental marbeteada, presenta al brote basal a la 8<sup>va</sup> semana desde el anillado. Las cintas de colores indican al bloque y tratamiento que pertenece, estos colores muestra al T6 (anillado a una altura de 5 cm y dosis de 100 ppm).

En el presente trabajo, el árbol recepado se consideró planta madre el que conformó la unidad experimental en el ensayo. Después de decapitar el árbol de cacao, este empezó a emitir brotes y fueron eliminados e identificado cada unidad experimental como se observa en la foto 2, antes de realizar el anillado.



#### 4.2.1.2. Selección de las unidades experimentales.

Después de la limpieza se cuantificó el contorno del tallo de la planta madre a 15 cm de altura, considerando cuatro diferentes perímetros los cuales constituyeron los bloques.

**Tabla 1.** Perímetro de la planta madre de cacao evaluados a 15 cm de altura de la misma, los cuales constituyeron los bloques en el ensayo.

Bloque	Perímetro (cm)
I	> 100
II	80 a 99
III	60 a 79
IV	30 a 59

#### 4.2.2. Fase de aplicación de la técnica de estimulación de brotes basales.

Se ejecutó el experimento en el mes de octubre del 2010, la técnica consistió en la combinación del anillado y dosis de ácido giberélico para estimular brotes basales en árboles improductivos de cacao.

##### 4.2.2.1. Desinfección de materiales.

Los materiales que se empleó en la técnica de estimulación fueron desinfectados con alcohol al 70% y lavandina al 3% un día antes del anillado y durante el anillado la navaja se asperjó con alcohol al 70%.

##### 4.2.2.2. Recolección del musgo.

Se recolectó musgo de los árboles de cacao de la misma estación, con el objetivo de cubrir la incisión anular o anillado logrando mantener la humedad de la planta madre y sobre todo evitar que se evapore el producto.

#### 4.2.2.3. Protección del anillado con cintas de polietileno.

El anillado se efectuó a una altura de 5 y 10 cm, por ende se empleó cintas de polietileno de 9 cm de ancho y de largo variable de acuerdo al perímetro de la planta madre, el objetivo fue mantener la humedad logrando impedir la evaporación del producto que se aplicó por debajo del anillado (corteza de la planta madre).

#### 4.2.2.4. Anillamiento del perímetro de la planta madre de cacao.

Se realizó el anillado por la mañana para evitar el estrés de la planta madre, porque a esas horas la temperatura es baja menos de 20°C a comparación del medio día que puede llegar hasta 30°C (anexo 5). Se empleó dimensiones de 13 cm de largo aproximadamente, ancho < 1 cm, a una altura de 5 y 10 cm, se usaron estas medidas para evitar la debilitación de la planta que fue recepado en el mes de julio y anillado en octubre del mismo año.

#### 4.2.2.5. Aplicación del ácido giberélico.

Se empleó dosis de 50 y 100 ppm de ácido giberélico, cuando se realizó el anillado o incisión anular se aplicó inmediatamente la dosis correspondiente a cada tratamiento con el pincel, cubriendo con el producto la parte basal de la misma y por debajo (se aplicó sobre la corteza) para estimular a las yemas del tallo a que emitan brote basales y posteriormente se cubrió con musgo y cintas de polietileno.

Después de la técnica de estimulación al tercer día se quitó la cinta de polietileno y el musgo, las demás aplicaciones fueron al 4<sup>to</sup> y 6<sup>to</sup> día y al 8<sup>vo</sup> días se tomó los primeros datos.



**Foto 3.** Procedimiento para la estimulación de brotes basales en árboles improductivos de cacao, a) Anillando en el perímetro de la planta madre de cacao con el uso de la navaja; b) aplicación de ácido giberélico en la base del anillado; c) cubriendo el anillado con el musgo; d) envolviendo con cinta de polietileno el perímetro basal donde se realizó el anillado.

#### 4.2.3. Fase de evaluación de la técnica de estimulación.

##### 4.2.3.1. Prácticas culturales.

Se realizó de forma manual la limpieza de calles, control de malezas y eliminación de brotes infectados durante el mes octubre a diciembre, se encontró en algunos árboles indicios de la enfermedad de escoba de bruja, pero no así en los brotes basales por ello se realizó un control más drástico para eliminar brotes de la parte aérea del árbol recepado. En los meses de enero a febrero la escoba de bruja (foto 4) se encontraba en la fase “paraguas” o “callampa” debido a las condiciones de humedad (figura 5), se destruyó y se enterró los hongos (paraguas) para evitar que infeste.



**Foto 4.** Escoba de bruja en la fase de paragua en el mes de enero 2011, en la parcela N°25 de cacao híbrido.

Cabe mencionar que las labores realizadas en la parcela fueron manuales, se empleó el machete y la tijera de podar teniendo cuidado de no lastimar a la planta madre y al brote basal en estudio, todo el manejo se realizó lo más semejante a las prácticas del agricultor.

#### 4.2.3.2. Registro de las variables de estudio.

Después de estimular a la planta madre, al 8<sup>vo</sup> días se evaluó la variable de tiempo de emisión de brotes hasta la 5<sup>ta</sup> semana y el total de brotes basales se consideró a la 5<sup>ta</sup> semana, el tiempo de maduración de hojas se apreció desde la emisión de hojas hasta 7 semanas, la altura del brote se evaluó a partir de la 2 semana hasta las 16 semanas, el diámetro del brote basal se registró a partir de la 6 semanas, al total de hojas del brote se dio más énfasis a las 16 semanas tomando en cuenta las hojas no maduras y maduras. Además el área foliar se consideró a partir de las hojas maduras de la última semana, cabe mencionar que los registros se llevó a cabo con una frecuencia de 1 semana en todos los casos.

#### 4.3. Variables de respuesta de la técnica de estimulación brotes basales.

##### 4.3.1. Tiempo de emisión de brotes basales / semanas.

Para esta variable se tuvo un parámetro de evaluación desde la aplicación de la técnica hasta la 5<sup>ta</sup> semana, tiempo en que las yemas de la planta madre de cacao estimularon brotes basales.

##### 4.3.2. Total de brotes basales /unidad experimental.

Al cabo de la 5<sup>ta</sup> semana todos los brotes basales fueron cuantificados a partir del anillado para abajo en cada unidad experimental.

##### 4.3.3. Altura del brote basal.

Para la evaluación del resto de las variables se consideró lo siguiente: la planta madre emitió varios brotes basales, pero muy juntos tal como se observa en la foto 5, por lo tanto para evitar la competencia entre ellos se sometió a una selección donde se escogió aún brote basal vigoroso.



**Foto 5.** Planta madre de cacao con emisión de brotes basales muy juntos por debajo del anillado.

A partir de la selección se hizo la evaluación de la altura del brote basal en cm, el que se consideró desde la base hasta la yema terminal de la misma.

#### 4.3.4. Diámetro del brote basal (cm).

Para evaluar esta variable se tuvo el parámetro de 10 cm de altura del brote basal, punto de referencia para la obtención del diámetro de la misma.

#### 4.3.5. Tiempo de maduración de hojas (semanas).

Se consideró esta variable para cuantificar el tiempo de madurez de la hoja del brote basal cuando se aplica la técnica de estimulación, donde la hoja en el curso de su maduración perdió su pigmentación tomando el color verde y adquirió rigidez.

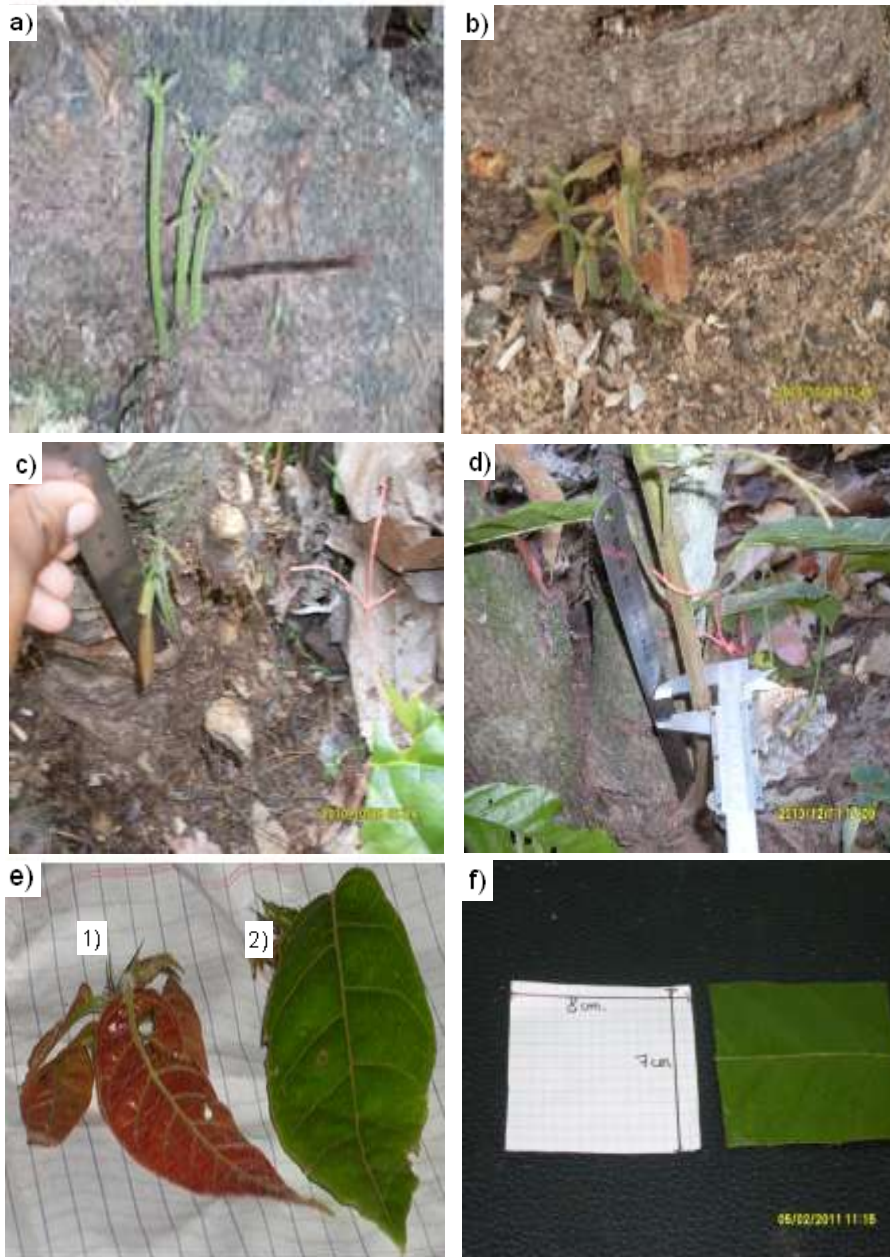
#### 4.3.6. Total de hojas / brote basal.

A las 16 semanas se consideró cuantificar el total de hojas del brote basal tomando en cuenta a las hojas no maduras y maduras.

#### 4.3.7. Área foliar (cm<sup>2</sup>).

Para determinar el área foliar se consideró 121 hojas maduras del brote basal de la última semana y se calculó de la siguiente manera: área conocida 56 cm<sup>2</sup> y pesa 1 gr, peso total de la hoja 2,65 gr (no se consideró el peciolo), por lo tanto una hoja presenta un área de 148,1 cm<sup>2</sup> en promedio. Una vez que se obtuvo el área de una hoja se calculó el área que posee un brote basal a las 16 semanas, considerando solo las hojas maduras de la misma.

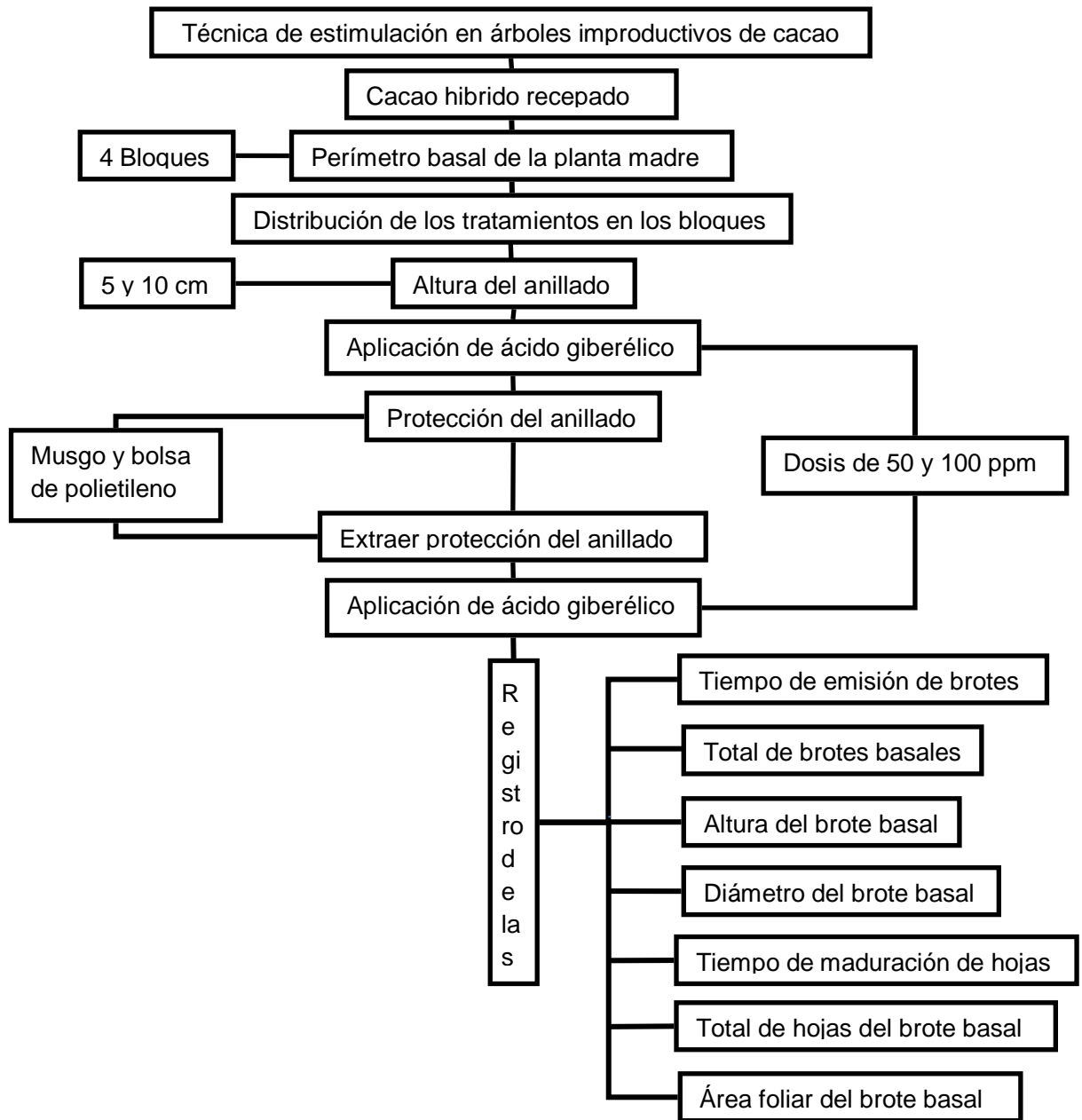
$$AF = \text{número de hojas maduras} \times 148,1 \text{ cm}^2$$



**Foto 6.** Variables de estudio de la técnica de estimulación de brote basal en árboles improductivos de cacao, a) tiempo de emisión de brotes basales; b) total de brotes basales; c) altura del brote basal en centímetros; d) diámetro del brote basal en centímetros a una altura de 10 cm; e) hojas del brote basa 1) hojas no maduras; 2) hoja madura; f) determinación del área foliar a través de un área conocido.

#### 4.4. Flujograma del trabajo de investigación.

Se presenta el flujograma de la técnica de estimulación de brotes basales en árboles improductivos considerando las variables de estudio.



**Figura 3.** Flujograma de la técnica de estimulación de brotes basales en árboles improductivos de cacao.



#### 4.5. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño “Bloque completamente al azar con arreglo factorial” con seis tratamientos y cuatro bloques. Además la unidad experimental estuvo conformada por un árbol de cacao recepado (Peñañiel 2010<sup>3</sup>).

**Tabla 2.** Factores de estudio del ensayo, el factor A indica la altura del anillado a 5 y 10 cm en la planta madre de cacao y el factor B señala la dosis de 50 y 100 ppm de ácido giberélico.

Factor A (altura del anillado)	Factor B (dosis ácido giberélico)
10 cm	--
5 cm	50 ppm
	100 ppm

##### 4.5.1. Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \gamma_k + \alpha\gamma_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media general del experimento

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo bloque

$\alpha_j$  = Efecto del j-ésimo anillado

$\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo dosis de ácido giberélico

$\alpha\gamma_{jk}$  = Interacción de la altura del anillado y dosis de ácido giberélico

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

<sup>3</sup> PEÑAFIEL W. 2010. Diseños Bloque completamente al azar con arreglo factorial (apuntes). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

#### 4.5.2. Análisis de varianza y comparación de medias.

Para el análisis de los datos se usó el software SPSS Statiscs V.18., se realizó un análisis de varianza y la prueba de medias de Duncan al 5% para comparar tratamientos los cuales se coadyuvaron con el diagrama de cajas en todas las variables de estudio.

#### 4.5.3. Estadística descriptiva.

Se utilizó el software SPSS Statiscs V.18., para la obtención de la estadística descriptiva considerando la media, desviación estándar y percentil en todas las variables de estudio.

#### 4.5.4. Análisis de regresión lineal.

Se realizó el análisis de regresión lineal entre las variables considerando el coeficiente de determinación y la correlación para conocer la variación de una variable con respecto a otra variable.

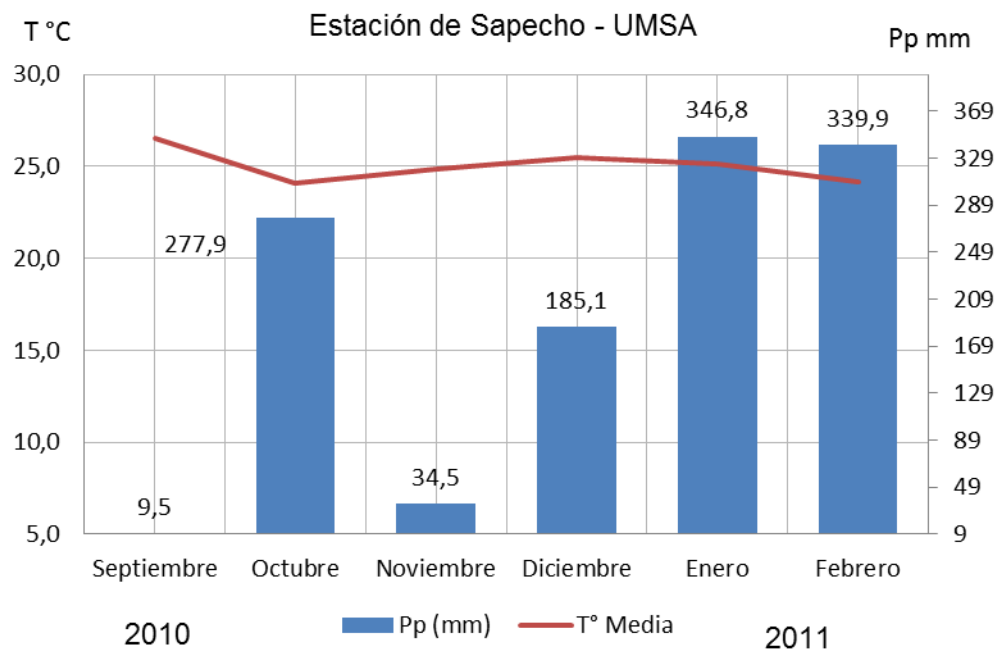
#### 4.5.5. Análisis de costo parcial.

Se utilizó los costos parciales para comparar las dosis y el testigo en la técnica de estimulación para determinar que concentración es más rentable y así poder ofrecer al agricultor esta nueva técnica.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

### 5.1. Climadiagrama de la Estación Experimental de Sapecho.

La interpretación de los resultados en la investigación se coadyuvó con datos de temperatura media, precipitación y humedad relativa que fueron extraídos de la estación meteorológica CAMPBELL SCIENTIFIC CR 200, que se encuentra dentro de las instalaciones de la Estación Experimental de Sapecho, el cual genera datos cada 15 minutos.

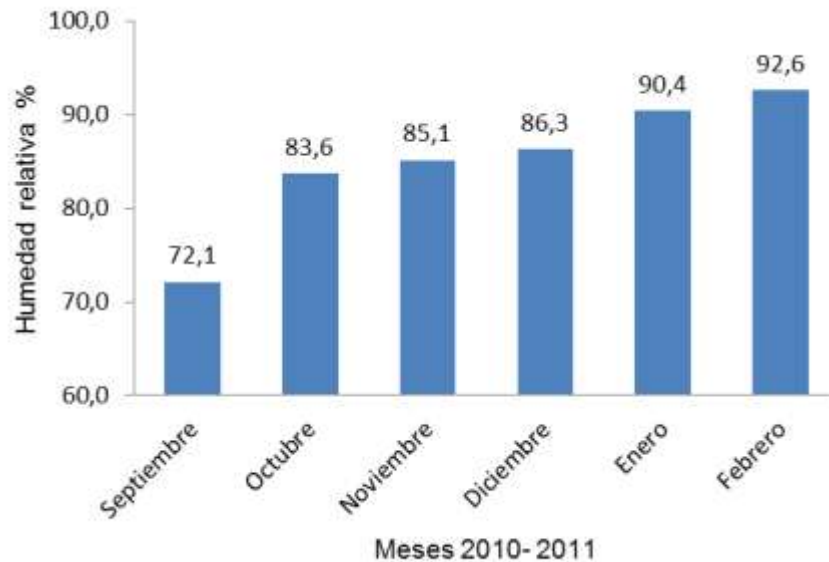


**Figura 4.** Datos climáticos de la Estación Experimental de Sapecho de los meses de septiembre a diciembre 2010 y enero a febrero 2011, presentados en un climadiagrama, estos datos fueron extraídos de la estación meteorológica CAMPBELL CIENTÍFICA CR 200.

Se observa en el climadiagrama que la temperatura media del mes de octubre fue 24,1°C y la precipitación 277,9 mm; en el mes de noviembre la temperatura oscilaba 24,8°C y la precipitación de 34,5 mm; estos dos meses fueron de vital importancia en el trabajo de investigación porque se evaluaron las variables de tiempo de emisión y el total de brotes basales por el lapso de por 5 semanas, dichas temperaturas y precipitaciones probablemente influyeron en el comportamiento de

estas variables, según Maldonado (2002?), el cacao requiere 100 mm/mes para su crecimiento y desarrollo normal.

Estos meses indicados presentaban una humedad relativa que oscilan entre 72,1 y 83,6% los cuales se encontraban dentro los requerimientos del cultivo de 70 a 80% de humedad relativa (July *et al.*, 2008). A diferencia de los meses de enero y febrero que incrementó la humedad relativa favoreciendo a la enfermedad de escoba de bruja.



**Figura 5.** Humedad relativa de los meses de septiembre a diciembre 2010 y de enero a febrero del 2011 extraídos de la estación meteorológica CAMPBELL CIENTÍFICA CR 200 de la Estación Experimental de Sapecho.

## 5.2. Análisis de varianza de las variables del brote basal.

Se empleó el análisis de varianza para comparar el promedio de los tratamientos, parte del supuesto inicial de que no existe diferencia entre los tratamientos, por ello se sometió al análisis al anillado, dosis, la interacción y al bloque para determinar la significancia de los mismos.

**Tabla 3.** Análisis de varianza para el tiempo de emisión de brotes, total de brotes, altura y diámetro del brote basal con el programa estadístico SPSS Statistics 18.

F.V.	gl	CM							
		TEB <sup>II</sup>	pr>F	TB <sup>€</sup>	pr>F	AL <sup>£</sup>	pr>F	DI <sup>®</sup>	pr>F
Anillado	1	8,2	0,002	13,5	0,004	2376,06	0,042	0,54	0,018
Dosis	2	5,3	0,003	0,87	0,492	865,69	0,199	0,25	0,069
Anillado*dosis	2	3,3	0,016	13,87	0,001	72,53	0,861	0,065	0,449
Bloque	3	5	0,002	3,11	0,087	1616,83	0,047	0,18	0,116
Error exp.	15	0,6		1,17		481,18		0,07	
Total	23								
R <sup>2</sup>		81,8%		74,8%		55,8%		59,6%	
CV		25,8%		27,0%		27,6%		26,4%	
Media		3		4		79,4		1	

<sup>II</sup>TEB = tiempo de emisión de brotes basales

<sup>€</sup>TB = total de brotes basales

<sup>£</sup>AL = altura del brotes basal

<sup>®</sup>DI = diámetro del brote basal.

En la tabla 3 muestra el análisis de varianza para el tiempo de emisión de brotes basales, total de brotes, altura y diámetro del brote basal. Más adelante, en cada uno de estas variables de estudio se detalla las fuentes de variación que es el anillado, dosis, interacción y bloque. Además, coadyuvando en las interpretaciones con los indicadores del coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y el de variación (CV).

**Tabla 4.** Análisis de varianza para el tiempo de maduración de hojas, total de hojas y el área foliar del brote basal con el programa estadístico SPSS Statistics 18.

F.V.	gl	CM					
		TMH <sup>a</sup>	pr>F	THB <sup>k</sup>	pr>F	AF <sup>c</sup>	pr>F
Anillado	1	1,04	0,424	900,4	0,002	12510382,8	0,006
Dosis	2	0,67	0,657	90,1	0,276	1401009,3	0,347
Anillado*dosis	2	0,67	0,657	33,9	0,600	1433909,8	0,339
Bloque	3	0,37	0,865	284,9	0,020	5233298,4	0,023
Error experimental	15	1,54		64,1		1232607,9	
Total	23						
R <sup>2</sup>		17,3%		67,6%		64,7%	
C.V.		20,7		20,5%		29,5%	
Media		6		39		3758,04	

<sup>a</sup>TMH = tiempo de maduración de hojas

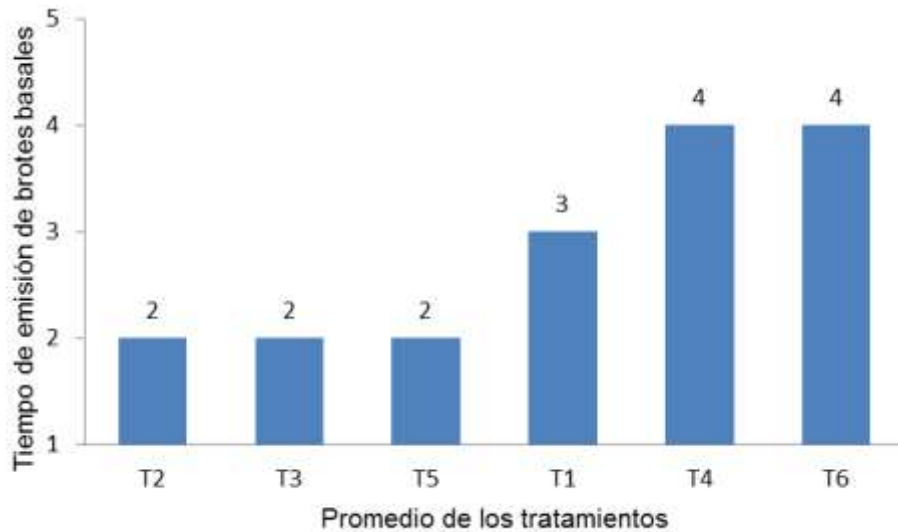
<sup>k</sup>THB = Total de hojas del brote basal

<sup>c</sup>AF = área foliar del brote basal.

En esta tabla se presenta el análisis de varianza para el tiempo de maduración de hojas, el total de hoja y el área foliar del brote basal. Más adelante en cada uno de estas variables de estudio se detalla las fuentes de variación del anillado, dosis, interacción y bloque. Además, coadyuvando en las interpretaciones con los indicadores del coeficiente de determinación y el de variación.

### 5.3. Tiempo de emisión de brotes basales.

En esta variable se consideró la emisión de los brotes basales a partir 8<sup>vo</sup> día hasta la 5<sup>ta</sup> semana que fue el parámetro de evaluación.



**Figura 6.** Promedio de los tratamientos del tiempo de emisión del brote basal, desde el 8<sup>vo</sup> día hasta la 5<sup>ta</sup> semana para esta variable se consideró en semanas.

Se evidencia en la figura que los tratamientos T2, T3 y T5, emitieron brotes basales en 2 semanas en promedio con respecto a T1, T4 y T6. Con la técnica de estimulación la mayoría de los árboles recepados obtuvieron una desviación estándar de  $\pm 1,5$  semanas con respecto a la media que fue 3 semanas, tiempo que demoró en emitir los brotes basales. De acuerdo al percentil la planta madre en el cuartil inferior el 25% emitió brotes en 1 semana o en menos tiempo, el cuartil superior del 75% estimuló brotes en menos o igual a 4 semanas y el 50% que es la mediana tardó en 3 semanas o en menos tiempo en emitir brotes basales.

En el análisis de varianza para el tiempo de emisión de brotes basales muestra alta significancia en el anillado de  $0,002 < p < 13,6F$  e indica que existe diferencia en el tiempo de emisión de brote basales debido al anillado. Según Davie *et al.*, (1995), citado por Martínez *et al.*, (2003), aluden que en las ramas anilladas existe

acumulación de fotoasimilados y de auxinas. La dosis de ácido giberélico presentó alta significancia de  $0,003 > 8,8$  esto demuestra que la diferencia fue por las concentraciones, se deduce que este regulador de crecimiento actuó directamente en las células provocando el brote de las yemas. Porque según Marassi (2008) en el ciclo celular actúa reguladores de crecimiento como las auxinas que estimulan la replicación del ADN y la giberelinas que acorta la interface del ciclo celular e induce a la célula en fase G1 a sintetizar ADN. La interacción del anillado y dosis presentó significancia de  $0,016 > 5,48$  y demuestra que ambos factores coadyuvan en el tiempo de estimulación de brotes basales. El bloque presentó alta significancia de  $0,002 > 8,33$  e indica que se realizó la distribución adecuada de los tratamientos (tabla 3).

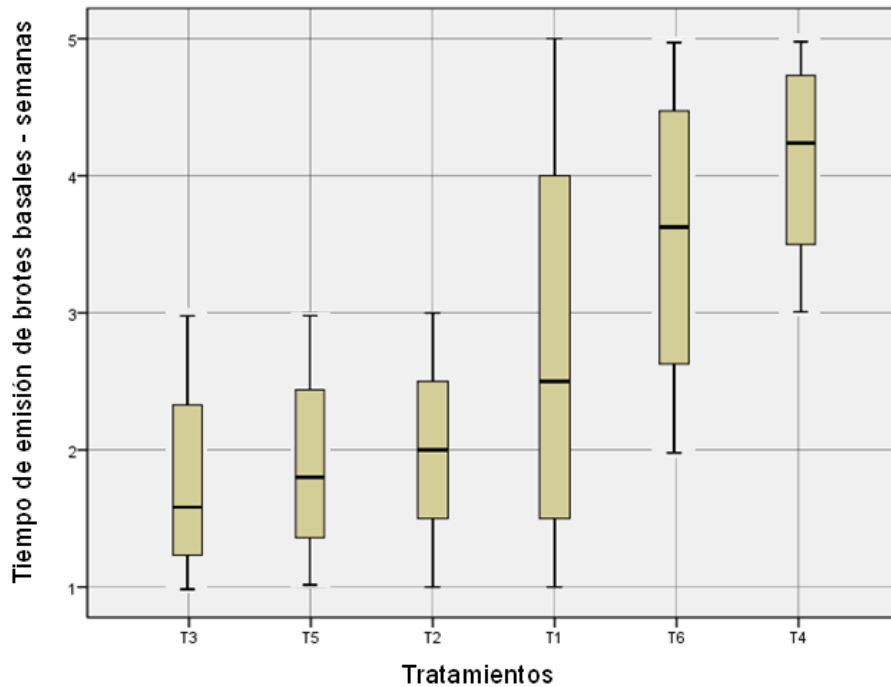
El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) indica que el 81,8% de la variación del tiempo de emisión de brotes se debe a la relación que existe entre el tiempo de emisión de brotes y la técnica de estimulación.

El coeficiente de variación (CV) fue 25,8% (tabla 3) el cual podría atribuirse por usar cacao híbrido porque al emplear este tipo de material no se tuvo uniformidad en el material genético. Además, otros factores fueron las condiciones climáticas de los meses de octubre y noviembre registrados en la Estación experimental de Sapecho (figura 4), según Maldonado (2002?), el cacao requiere 100 mm/mes para su crecimiento y desarrollo normal también la distribución irregular y escasa sombra dentro de la parcela que según la Compañía Nacional de chocolates S.A. (1988), el cacao necesita durante su crecimiento y desarrollo entre 50 y 75 % de sombra.



#### 5.4. Comparación de medias del tiempo de emisión de brotes basales.

De acuerdo a la significancia que manifestó en esta variable en el análisis de varianza, se sometió a la prueba de medias de Duncan al 5% para comparar la relevancia de los tratamientos los cuales se coadyuvaron con el diagrama de cajas como se observa en esta figura.



**Figura 7.** Comparación de medias del tiempo de emisión del brote basal en semanas. La media de cada tratamiento se indica con las líneas sólidas dentro de las cajas y los extremos señalan el mínimo y el máximo valor alcanzado por el árbol recepado para esta variable.

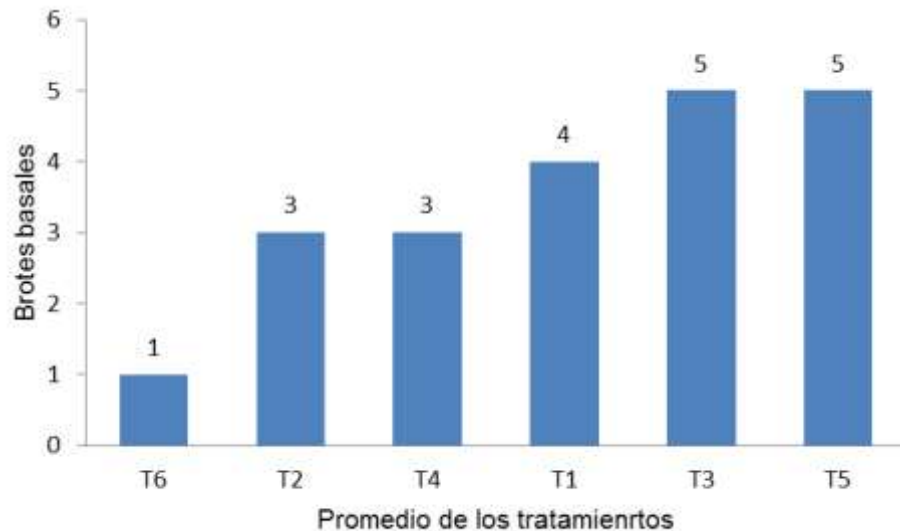
En el figura se detalla el comportamiento de cada tratamiento donde: T1 emitió de 1 a 5 semanas y la media de 2,8 semanas, T2 de 1 a 3 semanas y la media de 2 semanas, T3 de 1 a 3 semanas y la media de 1,5 semanas, T4 de 3 a 5 semanas y la media de 4,3 semanas, T5 de 1 a 3 semanas y la media de 1,8 semanas, T6 de 2 a 5 semanas y la media de 3,8 semanas.

Difiere la media del tiempo de emisión de brotes basales por la dosis de ácido giberélico que se aplicó, presentando un mejor comportamiento la concentración de 50 ppm, esta misma concentración obtuvo 94% de sobrevivencia en la multiplicación asexual en cacao, mediante el injerto Inglés doble y lateral en el Municipio de Caluma (Rojas 2007).

Por ello T6 que se aplicó 100 ppm y se anillo a 5 cm de altura del perímetro de la planta madre demoró al igual que T1 (altura del anillado a 10 cm) y T4 (altura del anillado a 5 cm) estos dos tratamientos no recibieron dosis de ácido giberélico. A diferencia T2 (altura del anillado a 10 cm y dosis de 50 ppm), T5 (altura del anillado a 5 cm y dosis de 50 ppm) y T3 (altura del anillado a 10 cm y dosis de 100 ppm), que la diferencia lo hizo la interacción (anillado y dosis) lo que coadyuvó en la estimulación del brote basal en menos o igual a 2 semanas. Esto se puede atribuir a la acumulación de fotoasimilados y auxinas en la parte anillada y el efecto del ácido giberélico que aceleró el tiempo brotación. Es relevante mencionar que un árbol cortado induce a una reacción inmediata en los árboles en el lapso de 15 días, se observa una emisión de brotes de tipo ortotrópico (Quiroz y Amores 2002).

### 5.5. Total de brotes basales.

Esta variable se consideró a la 5<sup>ta</sup> semana por lo tanto los brotes basales evaluados fueron desde el anillado hacia la parte inferior del árbol recepado.



**Figura 8.** Promedio de los tratamientos del total de brotes basales. Para la evaluación de esta variable se consideró los brotes de la 5<sup>ta</sup> semana de cada unidad experimental.

Se observa en la figura que los tratamientos T1, T3 y T5, obtuvieron más brotes basales seguidos de T2, T4 y T6. La mayoría de las unidades experimentales presentaron una desviación estándar de  $\pm 2$  brotes basales con respecto a la media de los tratamientos que fue 4 brotes basales por árbol recepado. De acuerdo al percentil la planta madre de cacao en el cuartil inferior, el 25% presentó 2 brotes o menos, en el cuartil superior del 75% de los árboles tienen menos o igual a 5 brotes y la mediana que representa el 50% de las plantas presentaron 4 brotes o menos.

En el análisis de varianza para el total de brotes basales, el anillado muestra alta significancia de  $0,004 > 11,5$  e indica que la diferencia de esta variable fue por el anillado. La dosis presentó significancia  $0,492 > 0,743$  en este factor existió poca discrepancia por lo tanto la interacción de ambos factores manifestó alta significancia de  $0,001 > 11,78$  este valor hace referencia a lo que alude Pérez *et al.*,

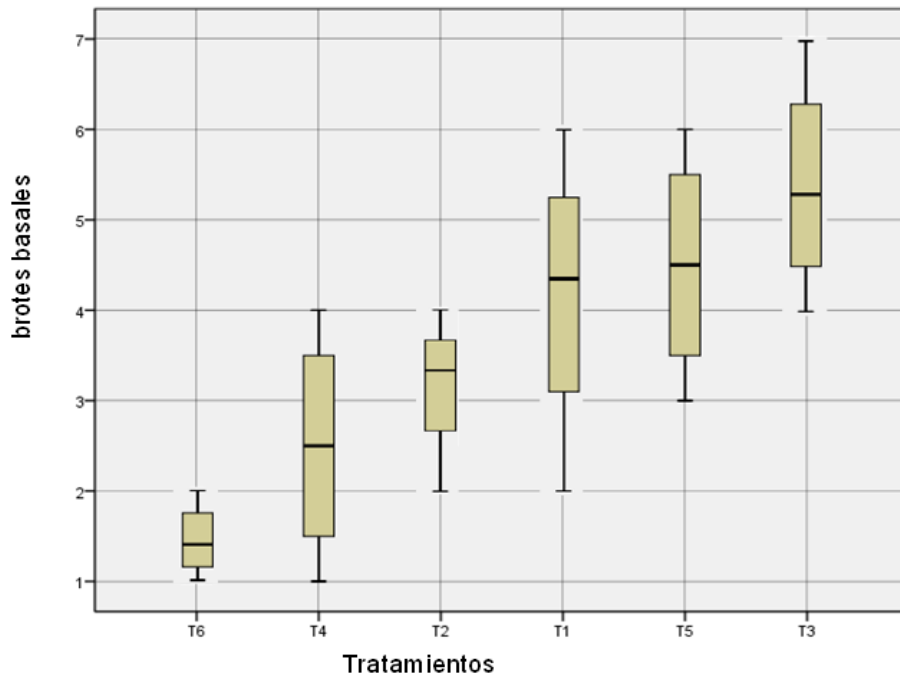
(2004) que en diversos estudios han establecido que es posible reducir la concentración de ácido giberélico hasta  $5 \text{ mg L}^{-1}$  para incrementar el amarre de frutos, si el tratamiento se complementa con un anillado de ramas. El bloque presento significancia de  $0,087 > 2,64$  esto señala que existe diferencia entre bloques (tabla 3).

El coeficiente de determinación muestra que el 74,8% de la variación del total de brotes basales se debe a la relación que existe entre el total de brotes y la técnica de estimulación (tabla 3), según Batista (2009), indica que el tallo en su parte inferior solo produce brotes ortotrópico los cuales son estimulados.

El coeficiente de variación de esta variable fue 27% (tabla 3) que podría atribuirse por el cacao híbrido, donde cada individuo se comportan de diferente manera. También otro motivo fue la sombra irregular y escasa en la parcela que afecto a los brotes basales que emergieron, porque en el transcurso de las semanas algunos cayeron y los datos presentados son exclusivos de la 5<sup>ta</sup> semana.

## 5.6. Comparación de medias del total de brotes basales.

En base al análisis de varianza se realizó la comparación de media de Duncan para determinar que tratamiento tuvo más discrepancia los cuales son presentados en un diagrama de cajas.



**Figura 9.** Comparación de medias del total de brotes basales de la 5<sup>ta</sup> semana. La media de cada tratamiento se indica con las líneas sólidas dentro de las cajas y los extremos señalan el mínimo y el máximo valor alcanzado por el árbol recepado para esta variable.

En la figura se puntualiza cada tratamiento donde: T1 obtuvo de 2 a 6 brotes y la media de 4,3 brotes, T2 de 2 a 4 brotes y la media de 3,3 brotes, T3 de 4 a 7 brotes y la media de 5,3 brotes, T4 de 1 a 4 brotes y la media de 2,5 brotes, T5 de 3 a 6 brotes y la media de 4,5 brotes, T6 de 1 a 2 brotes y la media de 1,3 brote basal.

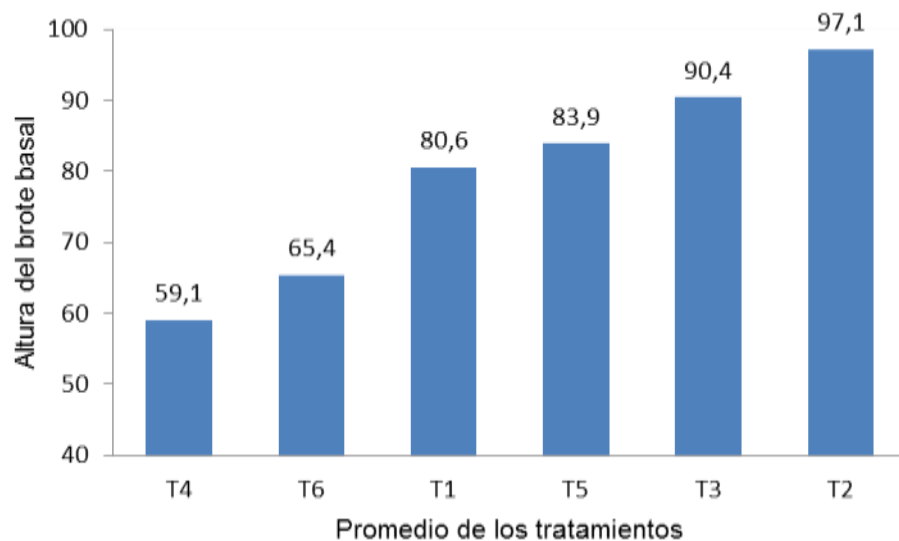
El comportamiento de cada tratamientos difieren de acuerdo a la altura del anillado por tanto a la planta madre que se anillo a 10 cm de altura del perímetro tuvo más cantidad de yemas a diferencia de aquellos que se anillo a 5 cm de altura, según Palma (2000?), indica que las yemas del tronco permanecen latentes linealmente

sobre el tallo y están protegidas por unas vainas estipulares que son menos visibles y tienden a desaparecer durante el crecimiento del tallo principal, al interrumpirse el estado latente como el corte del tallo, se produce el brote de las yemas de forma masiva lo que permite la renovación del tejido productivo del árbol.

Como antecedente se tuvo que el árbol de cacao fue recepado en julio y la técnica se aplicó en el mes de octubre empleando anillados de 13 cm de longitud aproximadamente, en respuesta la mayoría de los individuos tuvo brotes basales muy juntos los cuales no son convenientes. De acuerdo al ensayo T2 y T4 se consideraría los más factibles por tener la media  $\pm 3$  brotes basales (foto 6b). No, se encontró referencias en brotes basales en base al anillado y aplicación de regulador de crecimiento.

#### 5.7. Altura del brote basal.

Los datos presentados en esta variable son a las 16 semanas, cada brote basal fue considerado desde la base hasta el ápice de la misma.



**Figura 10.** Promedio de los tratamientos de la altura del brote basal a las 16 semanas de evaluación, considerando un brote basal por unidad experimental.

Se observa en la figura 10 que los tratamientos T2 y T3, obtuvieron mayor altura a diferencia de T5, T1, T6 y T4. La mayoría de los brotes tuvieron una desviación estándar de  $\pm 28,9$  cm con respecto a la media que fue 79,4 cm de altura del brote basal. De acuerdo al percentil el cuartil inferior que corresponde al 25% indica que los brotes adquieren altura de 60,2 cm o menos, el cuartil superior señala que el 75% logran alturas de 92,3 cm o menos y el 50% presentan altura menos o igual a 79,4 cm.

En el análisis de varianza para la altura del brote basal muestra significancia el anillado de  $0,042 < p < 0,05$  y  $F = 4,94$  e indica, que la discrepancia fue por este factor y se puede deducir que las concentraciones de fotoasimilados y auxinas se encuentran presentes aún en esta fase de crecimiento del brote. La dosis presentó poca diferencia de  $0,199 < p < 0,05$  y  $F = 1,79$  en esta variable, por lo tanto la interacción de los factores ya mencionados no presentó significancia porque  $0,151 > p > 0,05$  y  $F = 0,861$ , esto señala que la altura adquirida por el brote no se debe a la combinación del anillado y la dosis. Además, el bloque manifestó significancia de  $0,047 < p < 0,05$  y  $F = 3,36$  que demuestra que hubo diferencia entre los bloques (tabla 3).

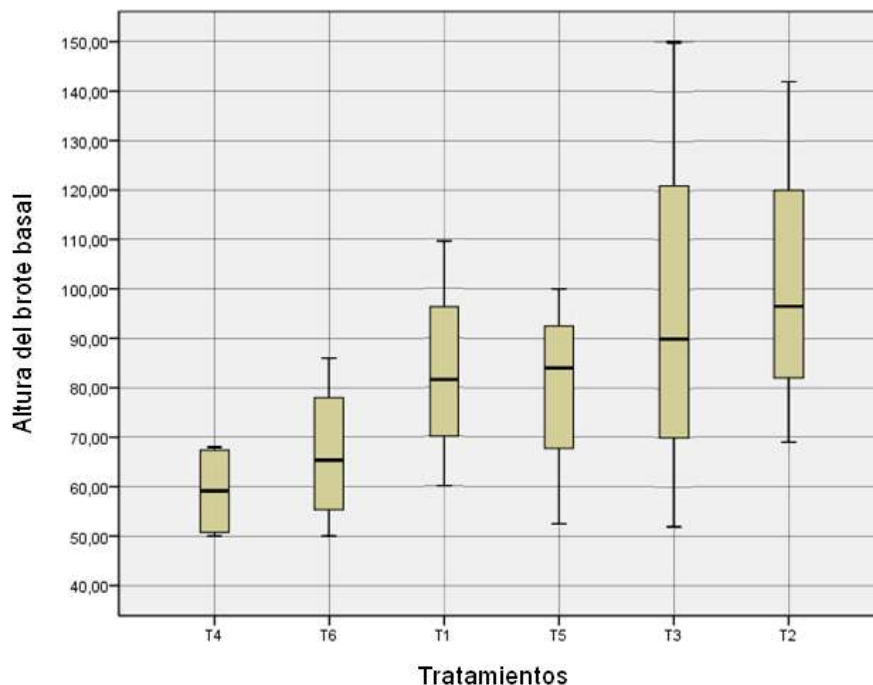
El coeficiente de determinación indica que el 55,8% de la variación de la altura del brote basal se debe a la relación que existe entre la altura brote basal y la técnica de estimulación.

En esta variable el coeficiente de variación fue 27,6% (ver tabla 3), la variabilidad presente se debe posiblemente lo que indica Agrícola-Inacap (2009), que por lo general los brotes por naturaleza no presentan yemas productivas sino yema vegetativa debida a la gran cantidad de giberelinas que producen. Además, cabe mencionar que cada individuo posee diferentes concentraciones de hormonas también aludir, que durante el crecimiento del brote basal las condiciones climáticas del lugar no fueron favorables en los meses de enero y febrero, cabe recalcar que la sombra fue irregular uno de los extremos de la parcela se encontraba prácticamente descubierta, en el mes de febrero los vientos se incrementaron en el lugar tanto que causó el desarraigo del ambaibo que era un árbol de sombra dentro de la parcela.

Johnson *et al.*, (2008) menciona que los vientos son enemigos del cacao, vientos constantes o brisas hacen que los cacaotales pierdan agua, las hojas cierran sus estomas por tanto dejan de trabajar, se secan y mueren, lo mencionado por Johnson, también puede ser motivo de la caída de las hojas, perjudicando el crecimiento del tallo del brote basal. Por tanto estos factores suscitados en el trabajo de investigación posiblemente se vieron reflejados en el coeficiente de variación.

#### 5.8. Comparación de media de la altura del brote basal.

De acuerdo al análisis de varianza se realizó la comparación de media de Duncan para determinar que tratamientos tuvieron rendimientos favorables, los cuales son presentados en esta figura.



**Figura 11.** Comparación de medias para la altura del brote basal a las 16 semanas. La media de cada tratamiento, se indica con las líneas sólidas dentro de las cajas y los extremos señalan el mínimo y el máximo valor alcanzado por el brote basal.

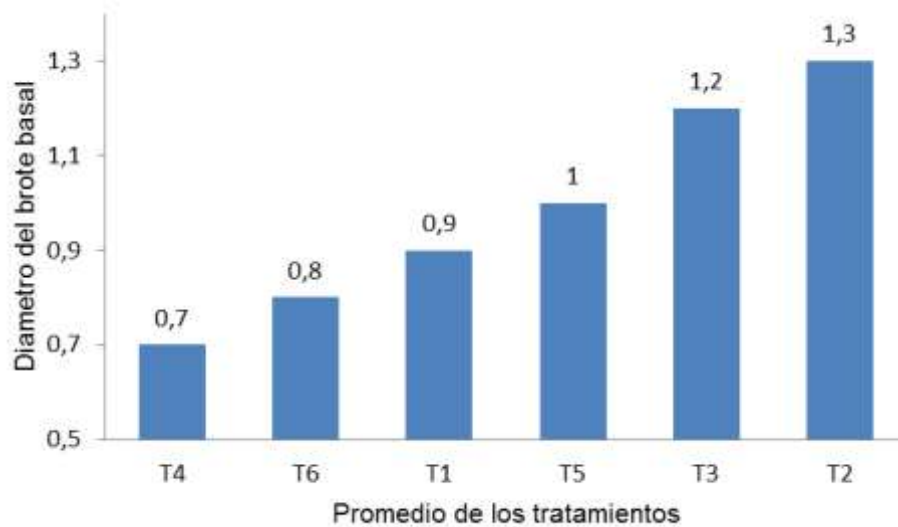
En el figura se presenta la altura del brote basal a las 16 semanas donde: T1 alcanzo de 60 a 109,5 cm y la media de 80,6 cm de altura, T2 de 69 a 142 cm y la media de 97,1 cm de altura, T3 de 52 a 150 cm y la media de 90,4 cm de altura,



T4 altura de 50 a 68 cm y la media de 59 cm de altura, T5 con altura de 52,2 a 100 cm y la media de 83,9 cm de altura, T6 con altura de 50 a 86 cm y la media de 65,4 cm de altura. De acuerdo al figura 11, T2 obtuvo la media de los tratamientos más sobresaliente con respecto al resto de los tratamientos. No, se encontró referencias sobre la altura del brote basal.

### 5.9. Diámetro del brote basal.

Los datos presentados para esta variable son de la última semana de evaluación (16 semanas). Se empleó el parámetro de 10 cm de longitud del mismo brote basal para la obtención del diámetro.



**Figura 12.** Promedio de los tratamientos del diámetro del brote basal a las 16 semanas. El diámetro de cada brote fue evaluado a una altura de 10 cm de mismo brote basal.

En la figura se observa que el tratamiento T2, T3 y T5 alcanzaron mayor diámetro a diferencia de T1, T6 y T4. Por lo general la mayoría de los brotes basales tuvieron una desviación estándar  $\pm 0,4$  cm con respecto a la media de los tratamientos que fue 1cm de diámetro del brote basal. Además, en el percentil el cuartil inferior que representa el 25% de los brotes presentó igual o menos a 0,7 cm de diámetro, el cuartil superior del 75% manifestó 1,2 cm o menos de diámetro y el 50% obtuvo menos o igual a 1cm diámetro en el brote basal.

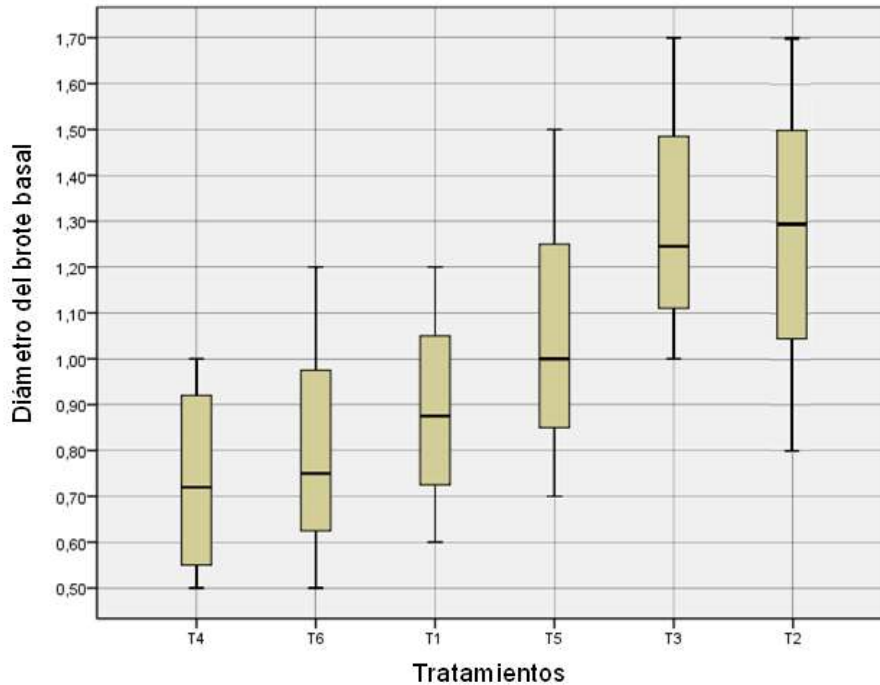
En el análisis de varianza para el diámetro del brote basal el anillado manifestó significancia de  $0,018 > 7,02$  e indica que la discrepancia en el diámetro del brote basal fue a causa de este factor. La dosis presentó significancia de  $0,069 > 3,2$  esto señala, que coadyuvó el ácido giberélico en la diferencia de esta variable por lo tanto la interacción de estos factores tuvo poca significancia de  $0,449 > 0,85$ . El bloque reveló que existe significancia de  $0,116 > 2,3$  esto demuestra que la distribución de los tratamientos fue adecuada (tabla 3).

El coeficiente de determinación fue 59,6% esto indica, que la variación del diámetro del brote basal se debe a la relación que existe entre el diámetro del brote basal y la técnica de estimulación (tabla 3).

El coeficiente de variación del diámetro del brote basal fue 26,4% probablemente se atribuye al material vegetal empleado y también por los factores ya mencionados en la altura del brote basal, de este mismo indicador.

### 5.10. Comparación de medias del diámetro del brote basal.

En base al análisis de varianza, se realizó la comparación de media de Duncan para determinar que tratamientos destacaron en esta variable los cuales son mostrados a través del diagrama de caja en esta figura.



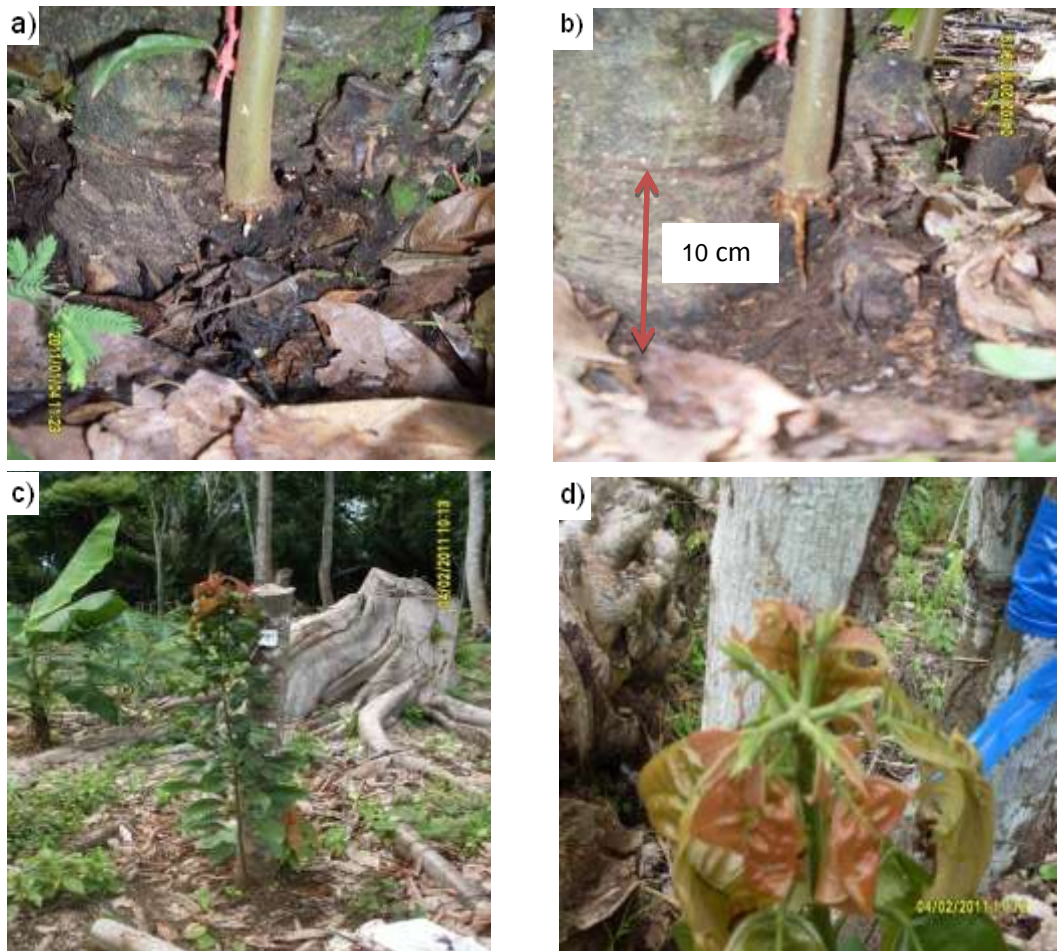
**Figura 13.** Comparación de medias del diámetro del brote basal a las 16 semanas. La media de cada tratamiento, se indica con las líneas sólidas dentro de las cajas y los extremos señalan el mínimo y el máximo valor alcanzado por el brote basal.

El brote basal a las 16 semanas presento en: T1 diámetro de 0,6 a 1,2 cm con la media de 0,87cm; T2 de diámetro de 0,8 a 1,7 cm con la media de 1,28 cm; T3 de 1 a 1,7 cm y la media de 1,25 cm; T4 de 0,5 a 1 cm y la media de 0,73 cm; T5 de 0,7 a 1,5 cm y la media de 1,03 cm; T6 de 0,5 a 1,2 cm y la media de 0,75 cm de diámetro.

T2 y T3 adquirieron mayor diámetro a comparación del resto de los tratamientos, según el Ministerio de Agricultura Perú (2004), las características del brote basal para el injerto son 1 a 2 cm de diámetro. Se podría deducir que a las 16 semanas el

brote basal adquiere diámetro considerando para poder realizar la rehabilitación total de una parcela improductiva de cacao.

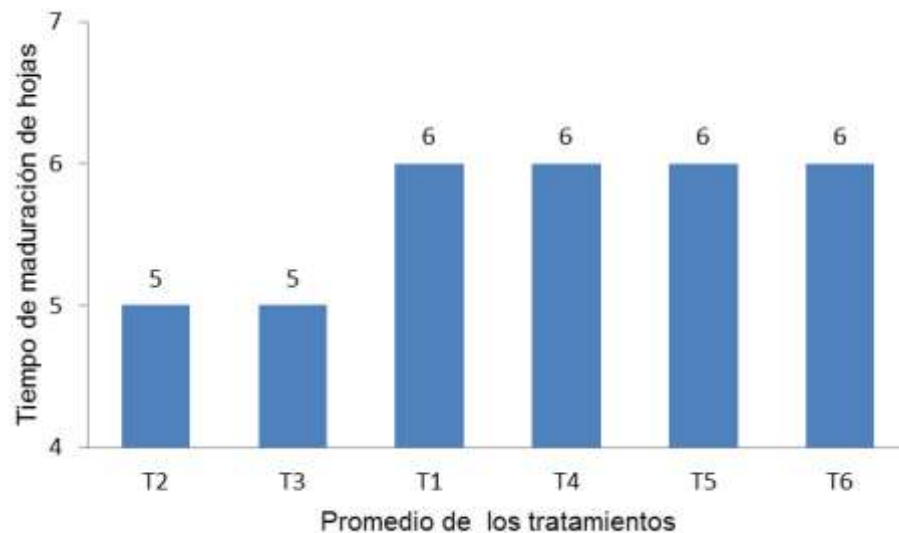
Como adición a las variables ya mencionadas el brote basal tuvo las siguientes características: a las 12 semanas T2 comenzó a manifestar raíz el cual poseía una raíz maestra, comenzando a constituirse como una nueva planta (foto 7a y b). También comenzó a formar horqueta a las 16 semanas. Según Batista (2009), los brotes ortotrópico pueden producir en la base raíces verdaderas con el mismo hábito de crecimiento que un tallo principal.



**Foto 7.** Brote basal constituyéndose en una nueva planta, a) emisión de raíz a las 12 semanas; b) crecimiento de la raíz a las 15 semanas, comienza a anclarse al suelo; c) brote basal a las 16 semanas; d) brote basal comenzó a formar horqueta a las 16 semanas.

### 5.11. Tiempo de maduración de las hojas del brote basal.

En esta variable se consideró la maduración de las hojas no maduras hasta su completa maduración. El indicador fue el cambio de color de la hoja del brote basal y la rigidez de la misma.



**Figura 14.** Promedio de los tratamientos del tiempo de maduración de las hojas del brote basal, desde la emisión de hojas hasta la 7<sup>ma</sup> semana.

En la figura se observa que los tratamientos T2 y T3, maduraron sus hojas en menos tiempo a diferencia de T1, T4, T5 y T6. En esta variable la mayoría de los brotes basales tuvieron una desviación estándar de  $\pm 1,1$  semanas con respecto a la media de los tratamientos que fue 6 semanas, tiempo en que las hojas cambiaron de color y adquirieron rigidez. De acuerdo al percentil, el cuartil inferior que representa el 25% de los brotes basales, maduraron sus hojas en menos o igual a 5 semanas, el cuartil superior del 75% indica que en 7 semanas o menos tiempo maduras sus hojas y el 50% señala que en 6 semanas o en menos tiempo las hojas cambiaron de color y adquirieron rigidez. En base a los cuartiles se puede respaldar a lo que alude Amores (2006), que el ciclo de emisión de hojas necesita de 6 a 7 semanas hasta su completa maduración.

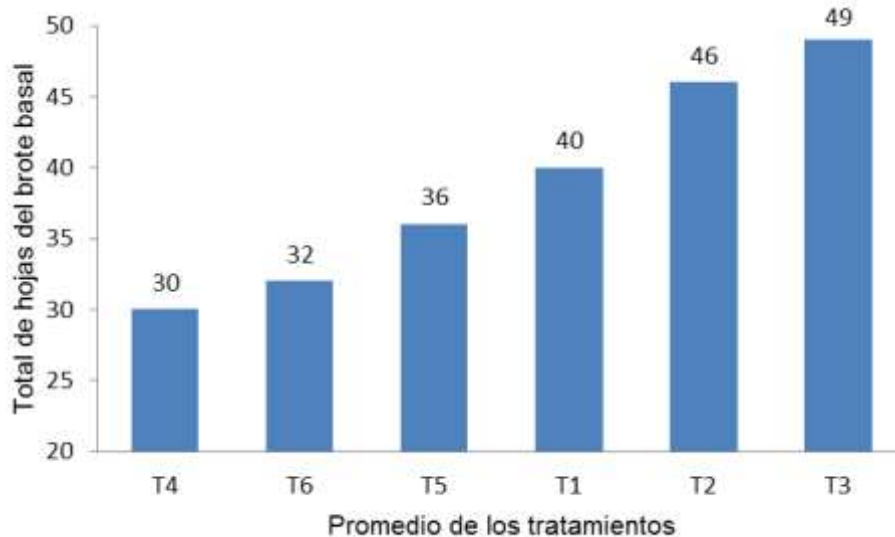
En el análisis de varianza para el tiempo de maduración de hojas muestra el anillado poca diferencia de  $0,424pr > 0,676F$  en esta variable y en la dosis no existe significancia porque  $0,432F > 0,657pr$ , por lo tanto en la interacción de estos factores no presentó discrepancia entre los tratamientos porque se tuvo  $0,432F > 0,657pr$ . Además, en el bloque no existe significancia esto indica que el perímetro que utilizó como bloques no es relevante en esta variable (tabla 4).

El coeficiente de determinación fue 17,3% e indica que la variación del tiempo de emisión de hojas se debe a la relación que existe entre el tiempo de emisión de hojas y la técnica de estimulación.

El coeficiente de variación fue 20,7% lo que significa que podría atribuirse a la falta de sombra en la parcela. Batista (2009) alude que las hojas de cacao a pleno sol alcanzan valores de temperatura de 18 a 20°C por encima de la temperatura del aire, este pronunciado calentamiento es por efecto del sol que trae como consecuencia un considerable aumento de la presión del vapor de agua dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a través de los estomas. Por esta razón la transpiración de una hoja al sol es considerablemente más acelerada 2 ó 3 veces mayores que las hojas que están en la sombra por lo tanto el crecimiento del árbol es más acelerado durante los meses más calientes.

## 5.12. Total de hojas del brote basal.

Los datos presentados de esta variable son de la última semana de evaluación se consideró a las hojas no maduras y maduras del brote basal.



**Figura 15.** Promedio de los tratamientos del total de hojas del brote basal a las 16 semanas, esta variable se evaluó por cada unidad experimental.

En la figura se observa que los tratamientos T3 y T2 cuantificaron más hojas a diferencia de T1, T5, T6 y T4. La mayoría de los brotes basales a las 16 semanas tuvieron una desviación estándar de  $\pm 11$  hojas con respecto a la media de los tratamientos que fue 39 hojas en el brote basal. De acuerdo al percentil, el cuartil 25 que representa la cuarta parte de la muestra, indica que el 25% de los brotes basales tuvieron 32 hojas o menos, el cuartil superior que constituye el 75% de los brotes señala que obtuvieron igual o menos de 43 hojas y la mediana del 50% indica que los brotes presentaron 39 hojas o menos.

En el análisis de varianza para el total de hojas del brote basal muestra alta significancia en el anillado de  $0,002 > 14,05$  e indica que la discrepancia de esta variable fue por este factor. La dosis manifestó poca significancia de  $0,276 > 1,40$  esto significa que la concentración del regulador de crecimiento fue parte de la diferencia en el total de hojas, pero la interacción de ambos no fue significativo. El

bloque tuvo significancia de  $0,020 > 4,45$  esto señala que hubo diferencia entre bloques (tabla 4).

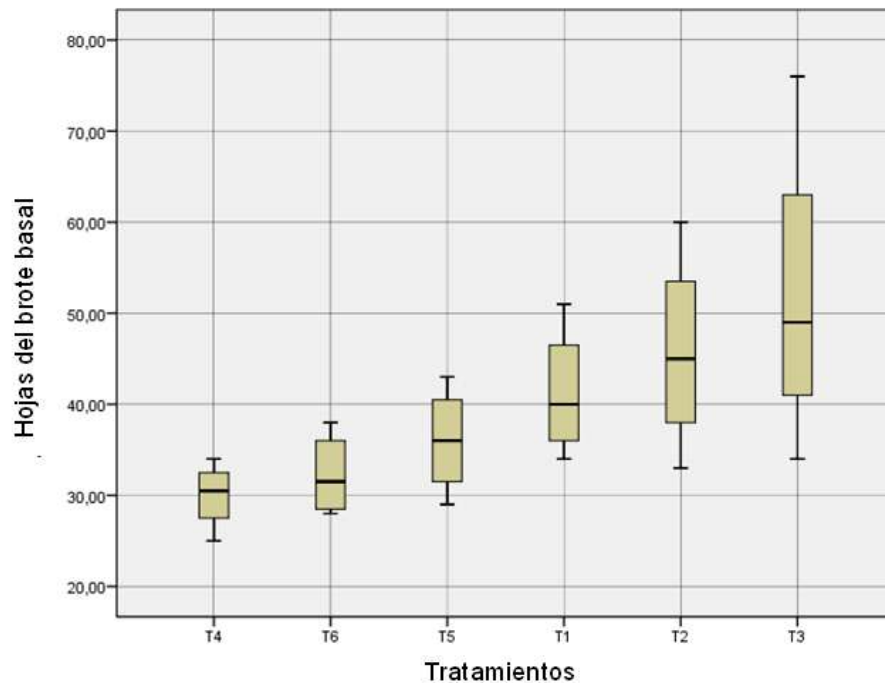
El coeficiente de determinación indica que el 67,6% de la variación de las hojas del brote basal se debe a la relación que existe entre las hojas del brote y la técnica de estimulación.

El coeficiente de variación fue 20,5% posiblemente esta variante se puede atribuir a lo siguiente, según la Compañía Nacional de chocolates S.A. (1988), señala que el cacao necesita durante su crecimiento y desarrollo entre 75 y 50% de sombra. La falta de sombra implica una mayor actividad fisiológica por diferencia de temperatura por ello induce una mayor evapotranspiración, demandando una mayor cantidad de agua y nutrientes (Arévalo *et al.*, 2004). Y también los vientos son enemigos del cacao vientos constantes o brisas hacen que los cacaotales pierdan agua, las hojas cierran sus estomas por tanto dejan de trabajar, se secan y mueren (Johnson *et al.*, 2008). Cabe recalcar que los vientos en el mes de febrero fueron intensos a tal grado que hubo el desarraigo de árboles de sombra dentro de la parcela.



### 5.13. Comparación de medias de las hojas del brote basal.

De acuerdo al análisis de varianza se realizó la comparación de media de Duncan para determinar que tratamientos destacaron en esta variable, los cuales son presentados en este diagrama de cajas.

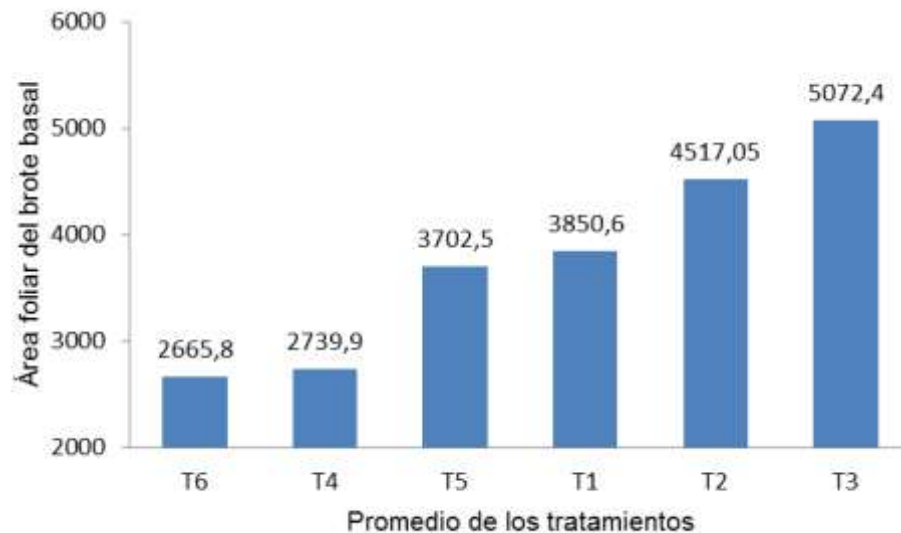


**Figura 16.** Comparación de medias del total de hojas del brote basal a las 16 semanas. La media de cada tratamiento, se indica con las líneas sólidas dentro de las cajas y los extremos señalan el mínimo y el máximo valor alcanzado por el brote basal.

El brote basal a las 16 semanas obtuvo hojas en: T1 de 34 a 51 hojas y la media de 40 hojas, T2 de 33 a 60 hojas y la media de 46 hojas, T3 de 34 a 76 hojas y la media de 49 hojas, T4 de 25 a 34 hojas y la media de 30 hojas, T5 de 29 a 38 hojas y la media de 36 hojas, T6 de 28 a 38 hojas y la media de 32 hojas. La diferencia de los tratamientos puede atribuirse a la ubicación de las unidades experimentales dentro de la parcela, como se mencionó anteriormente la escasa sombra y la parte descubierta de uno de los extremos, donde posiblemente el viento causó la caída de las hojas.

#### 5.14. Área foliar del brote basal.

Esta variable se consideró a partir de las hojas maduras del brote basal a las 16 semanas de evaluación.



**Figura 17.** Promedio de los tratamientos del área foliar del brote basal a las 16 semanas. La referencia para esta variable fue el promedio de 121 hojas maduras del cual se obtuvo el área de una hoja.

Se observa en la figura que los tratamientos T3 y T2 presentaron mayor área foliar a diferencia de T1, T5, T4 y T6. La mayoría de los brotes tuvieron una desviación estándar de  $\pm 1508,95 \text{ cm}^2$  con respecto a la media de tratamientos que fue  $3758,04 \text{ cm}^2$  de área foliar en el brote basal. En el percentil, el cuartil inferior del 25% indica que los brotes obtuvieron igual o menos de  $2739,9 \text{ cm}^2$  de área foliar, el cuartil superior del 75% señala que los brotes alcanzaron un área foliar de  $3998,7 \text{ cm}^2$  o menos y el 50% de los brotes tuvieron menos o similar a  $3758,04 \text{ cm}^2$  de área foliar en 16 semanas.

En el análisis de varianza para el área foliar el anillado presentó alta significancia de  $0,006 > 10,15$  que indica la discrepancia del área foliar, que es a causa de este factor. La dosis manifestó poca significancia de  $0,347 > 1,14$  y señala que la diferencia en esta variable, es en mayor parte por el anillado por lo tanto la interacción de estos dos factores presentó poca significancia de  $0,339 > 1,16$  en los tratamientos. El

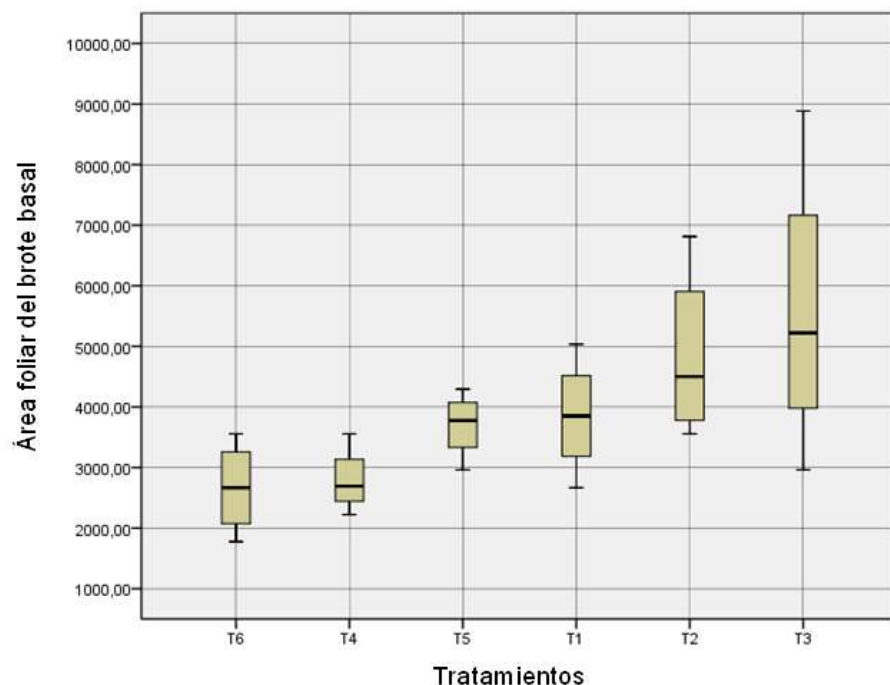
bloque presentó diferencia de  $0,023 > 4,25$  que demuestra la importancia de haber bloqueado el perímetro del árbol recepado (tabla 4).

El coeficiente de determinación indica que el 64,7% de la variación del área foliar se debe a la relación que existe entre el área foliar del brote basal y la técnica de estimulación.

El coeficiente de variación fue 29,5% esta variación se puede atribuir a los vientos intensos del mes de febrero que ocasionó la caída de las hojas y también a la escasa sombra en la parcela.

#### 5.15. Comparación de medias del área del foliar brote basal.

De acuerdo al análisis de varianza se realizó la comparación de media de Duncan para determinar que tratamientos destacaron en esta variable. Cabe recalcar que el área foliar del brote basal, estuvo en función de las hojas maduras de la misma.



**Figura 18.** Comparación de medias del área foliar del brote basal a las 16 semanas. La media de cada tratamiento, se indica con las líneas sólidas dentro de las cajas y los extremos señalan el mínimo y el máximo valor alcanzado por el brote basal.

A las 16 semanas el brote basal tuvo un área foliar en: T1 de 2665,8 a 5035,4 cm<sup>2</sup> de área foliar y la media de 3850,6 cm<sup>2</sup>, T2 de 3554,4 a 6812,6 cm<sup>2</sup> y la media de 4517,05cm<sup>2</sup>, T3 de 2962 a 8886 cm<sup>2</sup> y la media de 5072,43 cm<sup>2</sup>, T4 de 2221,5 a 3554,4 cm<sup>2</sup> y la media 2739,85 cm<sup>2</sup>, T5 de 2962 a 4295cm<sup>2</sup> y la media de 3702,5 cm<sup>2</sup>, T6 de 1777,2 a 3554,4cm<sup>2</sup> y la media de 2665,8cm<sup>2</sup> de área foliar en el brote basal.

Los tratamientos T3 y T2 poseen mayor área foliar por tanto las hojas del brote basal al presentar un color verde contienen clorofila pigmento importante para la fotosíntesis. Según Meza y Bautista (1999) el área foliar tiene gran importancia en el crecimiento y desarrollo del brote dado que en las hojas sintetizan los carbohidratos que van a repartirse en los diferentes órganos de la planta por tanto la capacidad de fotosíntesis de la planta están directamente relacionadas con la superficie foliar.

#### 5.16. Regresión lineal entre las variables de estudio.

Se empleó análisis de regresión lineal para las variables del tiempo de emisión de brotes, total de brotes, altura, diámetro, el total de hojas y área foliar del brote basal, considerando el coeficiente de determinación y la correlación entre las variables en cuestión.

**Tabla 5.** Análisis de varianza de la regresión lineal para las variables del tiempo de emisión de brotes, total de brotes, altura, diámetro, total de hojas y área foliar del brote basal los cuales fueron analizados con el software SPSS Statistics 18.

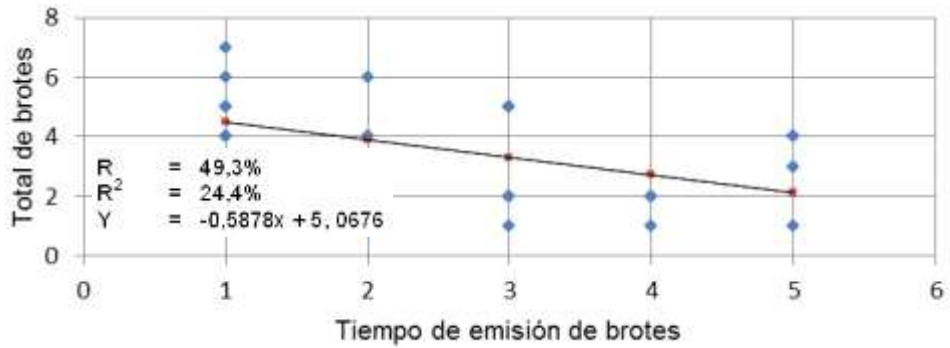
	CM								
	gl	brot-tb <sup>Ⓞ</sup>	pr>F	dia-alt <sup>^</sup>	pr>F	hoj-altura <sup>€</sup>	pr>F	af-hojas <sup>¥</sup>	pr>F
Regresión	1	17,05	0,014	2,009	0,000	2445,742	0,000	48150835,6	0,000
Residuos	22	2,4		0,038		23,586		191745,45	
Total	23								

<sup>Ⓞ</sup>brot-tb = Total de brotes basales vs Tiempo de emisión de brotes.

<sup>^</sup>dia-alt = Diámetro vs altura del brote basal

<sup>€</sup>hoj- altura = Total de hojas vs altura del brote basal

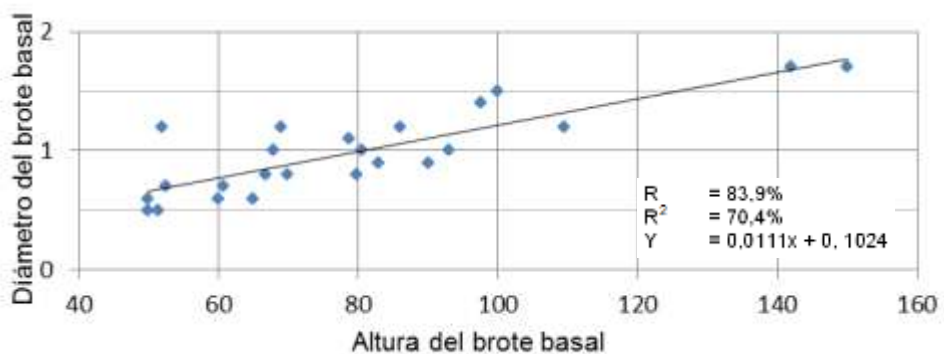
<sup>¥</sup>af-hojas = Área foliar vs total de hojas.



**Figura 19.** Regresión lineal del total de brotes y el tiempo de emisión de brotes basales, considerando la correlación y la regresión lineal en esta asociación.

La regresión lineal del total de brotes y el tiempo de emisión de brotes muestra una tendencia lineal negativa donde los brotes basales van disminuyendo a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, se aprecia una correlación de 49,3% y el coeficiente de determinación indica que el 24,4% de la variación del total de brotes basales se debe a la relación lineal que existe entre el total de brotes y el tiempo de emisión de brotes basales.

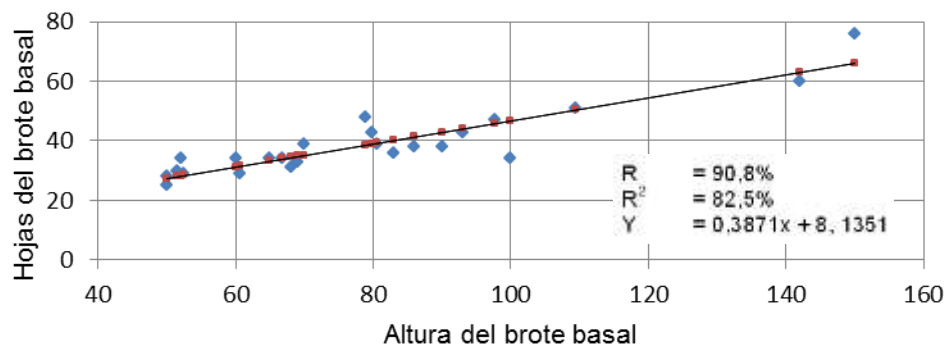
En el análisis de varianza de la regresión lineal para esta asociación muestra significancia de  $0,014 > 7,08$  e indica que los brotes basales presentaron diferencia en cuanto al tiempo de emisión de brotes (tabla 5).



**Figura 20.** Regresión lineal del diámetro y altura brote basal considerando la correlación y la regresión lineal en esta asociación.

La regresión lineal para el diámetro y altura del brote basal es positiva e indica que el diámetro va incrementando a medida que aumenta de longitud el brote basal presentando una correlación de 83,9%. También se aprecia el coeficiente de determinación que señala el 70,4% de la variación del total del diámetro se debe a la relación lineal que existe entre el diámetro y la altura del brote basal.

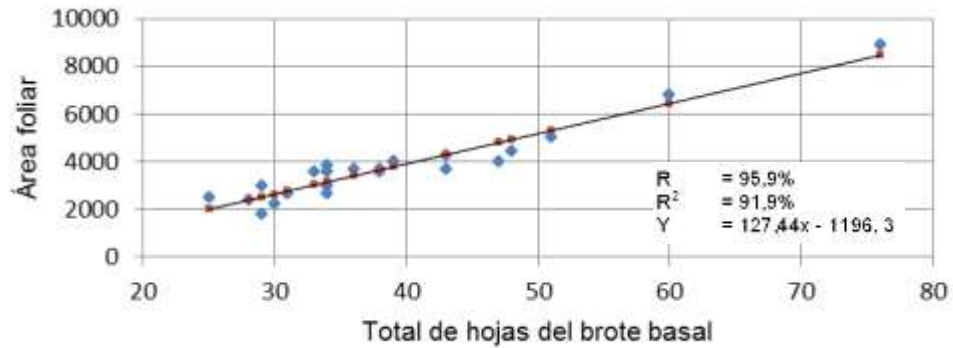
En el análisis de varianza de la regresión lineal para esta asociación, muestra significancia de  $0,000 > 52,304$  que indica la discrepancia del diámetro fue por la altura que adquiere el brote basal (tabla 5).



**Figura 21.** Regresión lineal de las hojas y la altura del brote basal considerando la correlación y la regresión lineal en esta asociación.

Se observa en la figura que la regresión lineal para las hojas y altura del brote basal es positiva, señala que la cantidad de hojas del brote dependen de la longitud que adquiera el brote basal, por lo tanto muestra una correlación de 90,8%. Sin embargo, el coeficiente de determinación indica que el 82,5% de la variación del total de las hojas se debe a la relación lineal que existe entre el total de hojas y la altura del brote basal.

En el análisis de varianza de la regresión lineal para esta asociación muestra significancia de  $0,000 > 103,697$  e indica que la diferencia del total de hojas es por la altura que presenta el brote basal (tabla 5).



**Figura 22.** Regresión lineal del área foliar y el total de hojas del brote basal, considerando la correlación y la regresión lineal en esta asociación.

En la figura se observa que la regresión lineal para el área foliar y el total de hojas es positiva lo cual indica que el área foliar dependen de la cantidad de hojas que presente el brote basal, por lo tanto señala una correlación de 95,9%. Sin embargo, el coeficiente de determinación muestra que el 91,9% de la variación del área foliar se debe a la relación lineal que existe entre el área foliar y el total de hojas de un brote basal.

En el análisis de varianza de la regresión lineal para esta asociación muestra significancia de  $0,000 > 251,119$  e indica que la diferencia del área foliar es por el total de hojas del brote basal (tabla 5).

### 5.17. Análisis del costo parcial de la técnica en estudio.

Se realizó el costo parcial de la técnica de estimulación para 1000 árboles de cacao considerando los costos variables de: recepado de árboles de cacao, anillado, aplicación del ácido giberélico y compra de insumos.

**Tabla 6.** Costo de la mano de obra de la técnica de estimulación de brotes basales para 1000 árboles de cacao. Considerando el anillado y la cantidad de ácido giberélico / árbol estas estimaciones son de acuerdo al trabajo de campo.

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo c/u	Sub total	Total
Recepa	Jornal	4	45	180	180
Anillado <sup>e</sup>	Jornal	15	45	675	675
Ácido giberélico (50 ppm)	ml	5	0,10	0,5	500
Ácido giberélico (100 ppm)	ml	5	0,20	1	1000
Pincel	-	10	4	40	40

<sup>e</sup>La mano de obra para el anillado, se estimó de acuerdo al trabajo realizado en campo, una persona realiza 28 anillados /día.

El objetivo del trabajo de investigación fue introducir una nueva técnica que coadyuve en la estimulación de brotes basales y poder dar una alternativa al agricultor para renovar plantaciones de cacao híbrido improductivo. Por ello se realizó el costo parcial de la técnica en cuestión dando énfasis a las dosis de 50 y 100 ppm, también se consideró el 10% de pérdida en plantas. Además, se dio valor hipotético a cada brote basal de acuerdo a las dosis ya mencionadas para ello se consideró el precio de una planta injertada de cacao que cuesta Bs.5, en la Localidad de Sapecho, precio que se empleó para estimar el valor del brote basal.



**Tabla 7.** Análisis del costo parcial para la técnica de estimulación de brotes basales considerando la dosis de ácido giberélico, beneficio en campo y los costos variables.

	Dosis		Testigo
	50	100	
	ppm		
<b>Beneficio bruto en campo (bs)</b>	<b>3148</b>	<b>2340</b>	<b>1686</b>
Árboles improductivos	1000	1000	1000
Porcentaje de brotes basales	87,5	52	62,5
Árbol de cacao con brotes basales	875	520	625
Pérdidas de árboles (10%)	88	52	63
Árboles en proceso de rehabilitación	787	468	562
Brote basal (bs)	4	5	3
<b>Total costos variables (bs)</b>	<b>1475</b>	<b>1975</b>	<b>855</b>
Recepado de árboles	180	180	180
Anillado de árboles	675	675	675
Producto (ácido giberélico 10%)	500	1000	-
Bolsa de polietileno (cintas)	80	80	-
Pincel	40	40	-
<b>Margen de contribución total</b>	<b>1673</b>	<b>365</b>	<b>831</b>
<b>Índice de contribución marginal</b>	<b>0,53</b>	<b>0,15</b>	<b>0,49</b>
<b>Margen de contribución unitario (bs/unidad)</b>	<b>2,13</b>	<b>0,78</b>	<b>1,47</b>

Según Morillo (2004), los costos parciales son recomendados para la planeación de la producción y el análisis de segmentos de mercados o líneas de productos en corto plazo. Teniendo en cuenta la utilidad del costo parcial, en nuestro caso la planta madre de cacao que se aplicó 50 ppm de ácido giberélico presentó rentabilidad, porque el índice de contribución marginal fue 0,53 e indica el incremento de las utilidades totales para el productor por cada unidad adicional de brote basal vendido. Además, el margen de contribución unitario fue bs 2,13/unidad esto señala, que cada brote basal contribuye con bs 2,13 que lo hace más rentable a diferencia de la dosis de 100 ppm y el testigo. Cabe mencionar que la dosis de 50 ppm tuvo resultado favorable en las variables de estudio.

## 6. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados de las variables de estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- Efecto del anillado en la estimulación de brotes basales.

El perímetro de la planta madre de cacao, más factible para el anillado en la estimulación de brotes basales fue de 60 a 79 cm.

Se empleó 13 cm de ancho aproximadamente para el anillado ante ese antecedente la planta madre obtuvo brotes basales muy juntos por tal motivo el árbol de cacao que se anilló a 10 cm de altura y se aplicó la dosis de 50 ppm de ácido giberélico (T2) presentó 3 brotes basales (la media) el cual es razonable para el ancho del anillado a diferencia de T6 (altura del anillado a 5 cm y dosis de 100 ppm) que tuvo 5 brotes (la media).

La altura del anillado y la dosis de ácido giberélico manifestaron significancia, en síntesis al combinar estos dos factores contribuyen en la estimulación de brotes basales, concibiendo la diferencia entre los tratamientos. Además, el 74,8% de la variación del total de brotes se debe a la relación de esta variable y la técnica de estimulación.

- Efecto del ácido giberélico en la estimulación de brotes basales.

En el ensayo la dosis más efectiva fue 50 ppm porque acorto el tiempo de emisión de brotes basales en menos o igual 2 semanas de acuerdo a la media de los tratamientos de T2 (altura del anillado a 10 cm y 50 ppm) y T5 (altura del anillado a 5 cm y 50 ppm). Por lo tanto la dosis de 50 ppm en ambas alturas tuvo respuesta favorable a diferencia de la concentración de 100 ppm.

De acuerdo al análisis de varianza para el tiempo de emisión de brotes basales el anillado y la dosis presentaron alta significancia e indica que al interactuar ambos factores coadyuvan en la estimulación de las yemas logrando obtener brotes basales. Además, el bloque presentó bastante discrepancia esto demuestra la relevancia de haber bloqueado el perímetro de la planta.

- Características del crecimiento del brote basal a las 16 semanas.

De acuerdo a la comparación de media de las variables de altura y diámetro del brote basal, T2 fue el más sobresaliente entre los tratamientos y presentó las siguientes características a las 16 semanas: altura de 97,1 cm, diámetro de 1,3 cm, maduro sus hojas en 5 semanas, presentó 46 hojas, área foliar fue 4517,05 cm<sup>2</sup> y comenzó a formar horqueta. Además, a las 12 semanas empezó a manifestar raíz el cual presentaba una raíz maestra, por lo tanto el brote basal a las 16 semanas comienza a consolidarse como una nueva planta.

En el análisis de varianza para la altura, diámetro, total de hojas y el área foliar, muestra significancia el anillado, esto indica que las diferencias adquiridas por el brote basal en las variables mencionadas se atribuye al anillado y la dosis poco influyó por lo tanto la combinación de ambos factores señaló poca diferencia entre los tratamientos.

- Costo parcial de la técnica de estimulación.

De acuerdo al costo parcial la concentración de 50 ppm de ácido giberélico presentó rentabilidad porque el índice de contribución marginal fue 0,53 e indica el incremento de las utilidades totales para el productor por cada unidad adicional de vendido. Además, el margen de contribución unitario bs 2,13/unidad señala que cada brote basal contribuye con bs 2,13 que lo hace más rentable a diferencia de la dosis de 100 ppm y el testigo.

En la regresión lineal del total de brotes y el tiempo de emisión de brotes presentó una tendencia lineal negativa, donde los brotes basales van disminuyendo a medida que pasa el tiempo.

La regresión lineal es positiva para el diámetro y la altura del brote basal e indica que el diámetro va incrementando a medida que aumenta de longitud. También mantiene la misma tendencia el total de hojas y la altura del brote basal, donde la

cantidad de hojas está ligada con la altura que obtenga el brote. Asimismo, presentó una estrecha relación entre el total de hojas y el área foliar del brote basal.

## 7. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados y la experiencia en campo se recomienda lo siguiente:

En algunos tipos de cacao híbrido, no emite brotes basales para ello se recomienda realizar la recepa, el anillado en fechas próximas y emplear dosis de 50 ppm de ácido giberélico para obtener resultados favorables.

Para evitar el estrés de la planta madre y obtener mayor cantidad de sabia se debe realizar el anillado en las primeras horas del día por las bajas temperaturas.

Se recomienda buscar otras opciones de regulador de crecimiento natural, que coadyuve en la estimulación de brotes basales como agua de coco o agua de haba.

Indagar sobre las cualidades del musgo porque en la investigación fue de mucha importancia ya que coadyuvó en la estimulación de brotes basales.

Muchos agricultores en cacao, piensan que el brote basal presenta raíces superficiales y no forman raíz principal e indican que no soportan los vientos y causa el desarraigo en el cacao. Como se observó en la investigación dicho brote forma raíz principal, se recomienda hacer más estudios de la raíz del brote para demostrar que tiene el mismo hábito que un tallo principal.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- AGRICOLA-INACAP. 2009. Frutales hoja caduca (en línea). s.l. Consultado el 10 de ago. de 2010. Disponible en <http://agricolainacap.tripod.com/id16.htm>
- Amores, F. 2006. Taller regional andino de aplicación tecnológica en cultivo de cacao: ambiente, fisiología y agronomía del cacao. Quevedo, Los Rios-Ecuador. 116 p.
- Arévalo, E; Zuñiga, L; Arévalo, C; Adriaola, J. 2004. Cacao: Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnologías en la amazonia peruana. Edits. R Garcia, R. Reyes, A. Ram, L Vela, M Vitteri. Editorial Castillo S.A. . San Martin, Perú. 1 67p.
- Astorga, C. 2008. Complejos genéticos de cacao, principales características fenotípicas para diferenciación y breve reseña histórica del desarrollo del cultivo de cacao en Guatemala: en "La genética del cacao en Guatemala" presente y futuro (en línea). Guatemala. Consultado el 15 de ago. de 2010. Disponible en <http://www.agronomia.edu.co/adjuntos/investigacion.htm>
- Batista, L. 2009. Guía técnica del cultivo de cacao en la República Dominicana. Ed. T Suriel. CEDAF. Santo Domingo, República Dominicana. 250p.
- Bosque, H. 2010. Fisiología vegetal: en programa global de enseñanza- aprendizaje La Paz, Bolivia. 60p.
- Braudeau, J. 1970. El cacao: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Trad. A. Hernadez. Barcelona, España. 296p.
- Cerdas, R; Vargas, V; Quispe, J. 2010. Manual para la producción orgánica de cacao en Bolivia: enfermedades y plagas del cacao. Ed. W July. La Paz, Bolivia. p. 63-78

- COMPañIA NACIONAL DE CHOCOLATE S.A. 1988. Manual para el cultivo de cacao. Colombia. edición 3, 91p.
- Gonzales, A; M, Mercedes. 2008. Morfología de plantas vasculares (en línea). s.l. consultado dic. 23 de 2011. Disponible en [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)
- Hardy, F. 1961. Manual de cacao: instituto interamericano de ciencias agrícolas. Ed. A Lehmann. San José, Costa Rica: Espanal. p. 330-368.
- Hidalgo, L. 2003. Podas de la vid (en línea). Ed. Aedos S.A. edición 6. Consultado 30 oct. de 2011. Disponible en [www.mundiprensa.com/vid.pdf](http://www.mundiprensa.com/vid.pdf)
- Huanaco, J. 2010. Evaluación agronomica de selecciones locales y técnicas de injerto en la rehabilitación- renovación de árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.)- Sapecho. En Tesis Ing.Agr.UMSA. La Paz, Bolivia. 140p.
- INTA. 2000?. Renovación de plantaciones cacaoteras a través de recepo. (correo electrónico). Nicaragua. p.42-44
- Johnson, J; Bonilla, J; Agüero, L. 2008. Manual de manejo y producción del cacaotero. (correo electrónico). León, Nicaragua.
- July, W; Vargas, M; Chavez, J. 2008. Tecnologías de producción del cacao en Bolivia. IICA (Bol.). Editorial Grupo Design. La Paz, Bolivia. 113p.
- Lopez, A. 2001. Asistencia técnica y capacitación en sistemas agroforestales tipo multiestratos . Montevideo, Uruguay. 50p.
- Maldonado, F. 2002?. Cultivo de cacao en sistemas agroforestal: requerimiento necesario del cultivo del cacao. Editorial CARE (Bol). La Paz, Bolivia. p. 2-11
- Marassi, MA. 2008. Hormonas vegetales (en línea). s.l. Consultado nov. 23 de 2010. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm>

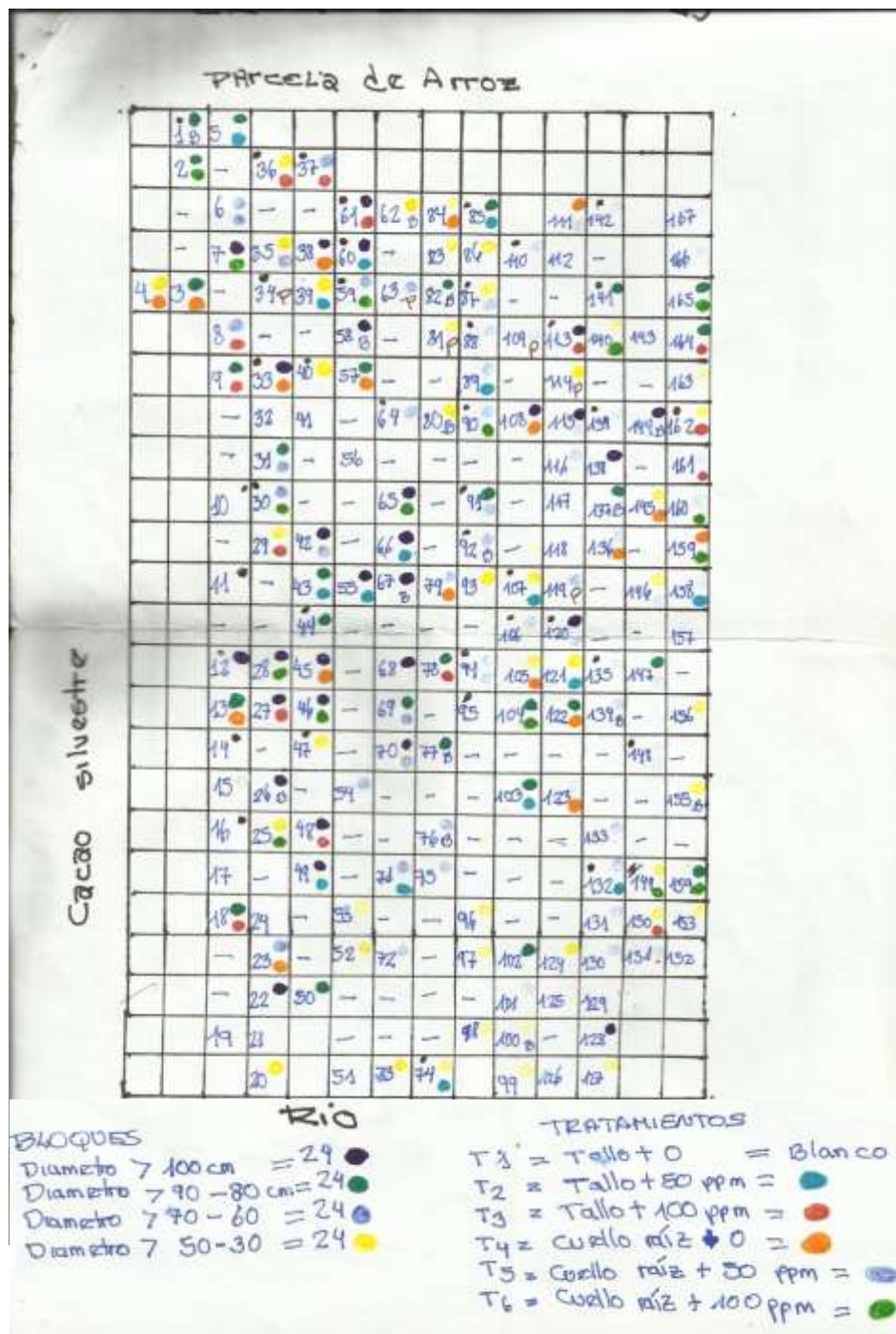
- Maridueña, M; Jiménez, M; Peralta, E. 2007?. Actualización de la micobiota patogenica del cacao "arriba" (*Theobroma cacao* L.) presente en la Costa Ecuatoriana (en línea). Consultado 8 ene. de 2012. Disponible en [www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/8](http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/8)
- Martinez, R; Pellegrini, R; Martinez, R; Valero; Gimeno, H. 2003. Congreso: Contribución al estudio de la fecha del anillado con relación al porcentaje de inflorecencias determinadas e indeterminadas en el aguacatero (*Persea americana* Mill) . (correo electronico). España. p.185-190
- Meza, N; Bautista, D. 1999. Estimación del área foliar en plantas jóvenes de nispero (*Manilkara achras* (Miller) Fosberg) sometida a dos ambientes de luz (en línea). Consultado 20 sep. 2010. Disponible en [www.ucla.edu.ve/biagro/rev11](http://www.ucla.edu.ve/biagro/rev11)
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PERÚ. 2004. Manual del cultivo de cacao . En PROAMAZONA. Perú. 83p.
- Morrillo, M. 2004. Sistemas de costos parciales: herramientas para la toma de decisiones. Editorial FACES-ULA. p.24-38
- Palma, M. 2000?. Podas de los cafetales (en línea). Consultado 12 oct. de 2011. Disponible en [www.cafedehonduras.org](http://www.cafedehonduras.org).
- Parra, M. (s.f). Las hormonas vegetales (en línea). Consultado 15 nov. de 2010. Disponible en [http://biologia-en-internet.com/apuntesbiologia/5 las hormonas-vegetales](http://biologia-en-internet.com/apuntesbiologia/5%20las%20hormonas-vegetales)
- Perez, G; Almaguer, G; Maldonado, R; Avitia, E; Castillo, A. 2004. Anillado y ácido giberelico en la producción, calidad del fruto y nivel nutrimental en mandarino monica. Editorial T. Latinoamericana. Chapingo, Mexico. p.225-232
- Quiroz, V; Amores, F. 2002. Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador: en Manejo integrado de plagas. Quevedo, Ecuador. p. 73-80



- Quispe, J. 2010. Manual para la producción orgánica de cacao en Bolivia: rehabilitación de cacaotales. Ed. W July. La Paz, Bolivia. p. 57-61
- REPSA. 2010. Manual de fomento y manejo integral para la producción de cacao fino: control y manejo de enfermedades en cacao. Santa Cruz, Bolivia. p. 6-7
- Rojas, A. 2007. Evaluar la eficiencia de la multiplicación asexual en cacao (*Theobroma cacao* L.) al aplicar ácido giberélico en la zona de Caluma. Consultado 3 may. 2010. Disponible en [www.biblioteca.ueb.edu.ec/handle/15001/18.1](http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/handle/15001/18.1)
- Rojas, S; Garcia, L; Alarcon, M; Cipagauta, M; Osorio, V; Trujillo, R., y otros. 2004. Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Editorial Produmedio. s.l. Colombia 56p.
- Villegas, R; Mamani, J. 2010. Manual para la producción orgánica de cacao en Bolivia: polinización del cacao. Ed. W July. La Paz, Bolivia. p. 41-42.

# ANEXO

ANEXO 1. Croquis de la parcela N°25 de cacao híbrido en la Estación Experimental de Sapecho.



Área de la parcela                    2772 m<sup>2</sup>  
 Unidad experimental                10,5 m<sup>2</sup>  
 Edad de la plantación más de 20 años aproximadamente

ANEXO 2. Árbol recepado con brotes ortotrópicos en todo el tallo de la planta madre de cacao en septiembre del 2010 en la parcela N°25 de cacao híbrido.



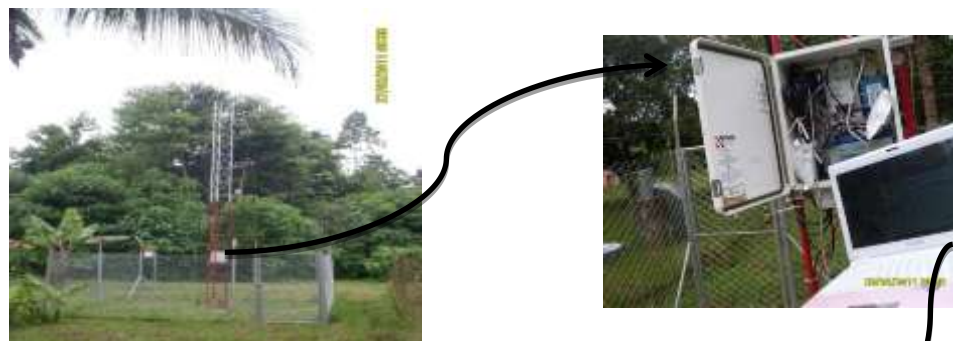
ANEXO 3. Selección del brote basal vigoroso después de la 5<sup>ta</sup> semana de evaluación.



ANEXO 4. Brote basal comenzando a formar horqueta a las 16 semanas.



ANEXO 5. Estación meteorológica CAMPBELL SCIENTIFIC CR 200 de la Estación Experimental de Sapecho – UMSA e indica la extracción de los datos meteorológicos. Además, se observa el ascenso de temperatura por la mañana de 7:30 – 12:00 am.



Fecha	PP mm	T ° Media	T ° Máxim a	T ° Míni ma	HR MIN	HR MAX
12/10/2010 7:30	0	19,3	20	18,8	93,9	99,0
12/10/2010 7:45	0	20,4	21,0	20,0	90,6	93,9
12/10/2010 8:00	0	21,1	21,2	20,9	88,9	90,6
12/10/2010 8:15	0	21,4	21,7	21,2	81,2	89,8
12/10/2010 8:30	0	21,9	22,2	21,7	80,7	84,0
12/10/2010 8:45	0	22,5	22,9	22,2	78,6	83,6
12/10/2010 9:00	0	23,3	23,8	22,9	73,9	79,9
12/10/2010 9:15	0	23,9	24,2	23,6	70,9	75,3
12/10/2010 9:30	0	24,5	24,8	24,2	67,1	75,7
12/10/2010 9:45	0	25,4	25,8	24,8	63,8	69,9
12/10/2010 10:00	0	25,6	26,1	25,4	63,4	68,5
12/10/2010 10:15	0	26,4	26,9	25,7	60,4	67,1
12/10/2010 10:30	0	27,2	27,4	26,9	60,14	64,8
12/10/2010 10:45	0	27,8	28,2	27,5	55,4	60,4
12/10/2010 11:00	0	27,7	27,8	27,4	58,0	62,5
12/10/2010 11:15	0	28,5	28,9	28,0	56,0	65,8
12/10/2010 11:30	0	29,4	29,6	29,0	51,8	58,9
12/10/2010 11:45	0	29,4	29,6	29	49,8	56,2
12/10/2010 12:00	0	29,9	30,5	29,7	49,4	58,7

ANEXO 6. Análisis de los datos con el software SPSS Statistics V.18. para el análisis de varianza y el coeficiente de determinación.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Anillado	Tiempo de brotación	8,167	1	8,167	13,611	,002
	Brotos basales	13,500	1	13,500	11,462	,004
	ALTURA	2376,060	1	2376,060	4,938	,042
	DIAMETRO	,540	1	,540	7,023	,018
	Total hojas del brote basal	900,375	1	900,375	14,047	,002
	Área foliar	1,251E7	1	1,251E7	10,150	,006
	Tiempo de maduración de hojas	1,042	1	1,042	,676	,424
Dosis	Tiempo de brotación	10,583	2	5,292	8,819	,003
	Brotos basales	1,750	2	,875	,743	,492
	ALTURA	1731,381	2	865,690	1,799	,199
	DIAMETRO	,493	2	,247	3,208	,069
	Total hojas del brote basal	180,250	2	90,125	1,406	,276
	Área foliar	2802018,677	2	1401009,339	1,137	,347
	Tiempo de maduración de hojas	1,333	2	,667	,432	,657
BLOQUE	Tiempo de brotación	15,000	3	5,000	8,333	,002
	Brotos basales	9,333	3	3,111	2,642	,087
	ALTURA	4850,498	3	1616,833	3,360	,047
	DIAMETRO	,537	3	,179	2,327	,116
	Total hojas del brote basal	854,792	3	284,931	4,445	,020
	Área foliar	1,570E7	3	5233298,419	4,246	,023
	Tiempo de maduración de hojas	1,125	3	,375	,243	,865
Anillado * Dosis	Tiempo de brotación	6,583	2	3,292	5,486	,016
	Brotos basales	27,750	2	13,875	11,781	,001
	ALTURA	145,057	2	72,529	,151	,861
	DIAMETRO	,130	2	,065	,845	,449
	Total hojas del brote basal	67,750	2	33,875	,528	,600
	Área foliar	2867819,508	2	1433909,754	1,163	,339
	Tiempo de maduración de hojas	1,333	2	,667	,432	,657
Error	Tiempo de brotación	9,000	15	,600		
	Brotos basales	17,667	15	1,178		
	Altura	7217,682	15	481,179		
	Diámetro	1,153	15	,077		
	Total hojas del brote basal	961,458	15	64,097		
	Área foliar	1,849E7	15	1232607,955		
	Tiempo de maduración de hojas	23,125	15	1,542		

- a. R Squared = ,818
- b. R Squared = ,748
- c. R Squared = ,558
- d. R Squared = ,596
- e. R Squared = ,676
- f. R Squared = ,647
- g. R Squared = ,173

