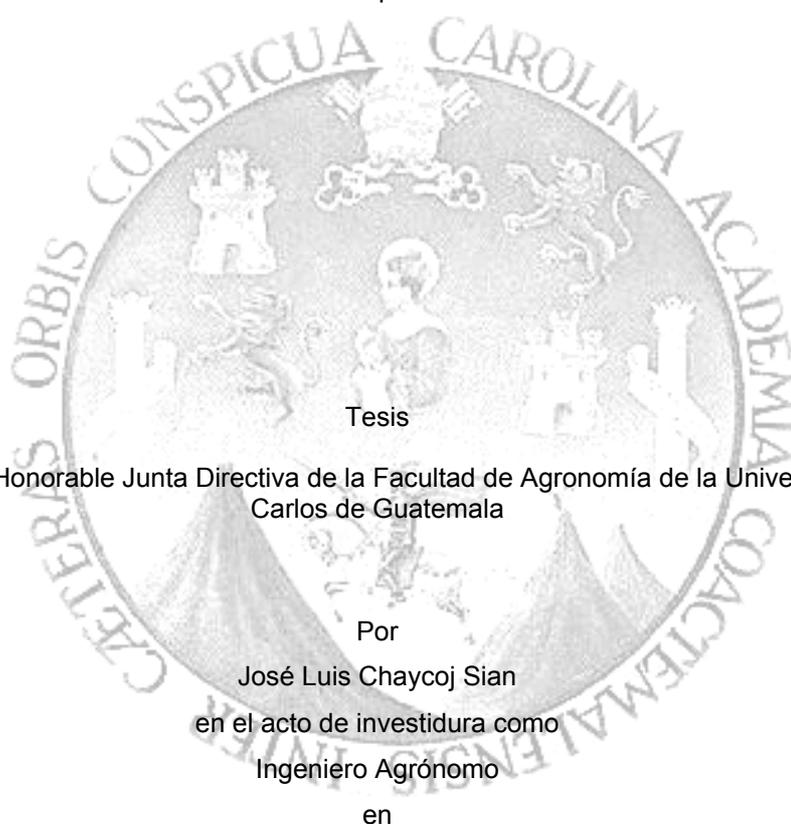


Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía
Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales.

Evaluación del prendimiento de injerto de cacao (*Theobroma cacao* L) UF-667, en cinco etapas de crecimiento del patrón Pound-7



Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

José Luis Chaycoj Sian

en el acto de investidura como

Ingeniero Agrónomo

en

Sistemas de Producción Agrícola

en el grado académico de Licenciado

Guatemala, octubre del 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr.	Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Maestro	Elmer Antonio Álvarez Castillo
VOCAL QUINTO	Perito	Miriam Eugenia Espinosa Padilla
SECRETARIO	Ing. Agr.	Pedro Peláez Reyes

Guatemala, Octubre del 2005.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos Miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis de titulado:

EVALUACIÓN DEL PRENDIMIENTO DE INJERTO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L) UF-667, EN CINCO ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL PATRÓN POUND-7

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado, en espera de vuestra aprobación.

Atentamente,

José Luís Chaycoj Sian

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Padre todo poderoso, fuente de sabiduría, entendimiento por darme la oportunidad de alcanzar este éxito.
- MIS PADRES** Maria Ciriaca Sian García
Virgilio Chaycoj Sequén
Por su apoyo y comprensión en toda mi vida y en especial para alcanzar esta meta. Que Dios les bendiga.
- MI ESPOSA** Silvia Elizabeth García Cante, por ser la mujer que comparte un hogar conmigo por bendición de Dios y de ser el hombro de apoyo.
- MI HIJA** Flor del Rosario Chaycoj García, por su cariño y ser la razón de motivación para culminar esta meta.
- MIS HERMANOS** German, Maria del Carmen, Maria Teresa (Q.E.P.D), Fulgencio, Víctor Manuel, José Manuel, Luis Aniceto, Miriam Elizabeth y Marta Dilia Chaycoj Sian.
- MIS SOBRINOS** Luis Enrique, Elvia Leticia, Ingrid Yohana y Silvia Lizeth, Chaycoj Locon.
- MONSEÑOR** Alvaro Ramazzini Imeri, por sembrar en mi la luz del saber y de su apoyo incondicional.
- MIS SUEGROS** José León, García, Ávila
Hortencia Canté
Por el apoyo y cariño.
- MIS CUÑADOS** Verónica, Margarita, Giovanni y Maricela García Canté, por su cariño y apoyo.
- MIS AMIGOS** Eduardo Sunun, Jacobo Bolvito, Ligia Monterroso, Carlos Quelex, Wueseslao Roblero, Julio Pérez, Elmer Navarro, Ángel Tuyuc, Erito Tecu, Alfredo Cabrera, Oscar Pos, Horacio Gomez, Luis Raguay, Celso Labor, Mayra Gonzáles, Olger Pop, Oscar Tuquer.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Byron Gonzáles, por su apoyo, para la realización y orientación de la presente investigación en bien de la educación.

Ing. Agr. Amilcar Sánchez, por la revisión del tema en esta investigación.

Las autoridades de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por permitirme realizar esta investigación en el Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá.

Ing. Agr. Henry España y Carlos Manuel García, encargados del Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá, por facilitarme la información y permitirme realizar la investigación en ese lugar.

German Chaycoj Sian y su Esposa Maria Locon, por su apoyo moral, espiritual y económica que Dios le bendiga.

Índice general

1	Introducción	1
2	Definición del problema	2
3	Marco teórico	3
3.1	Marco conceptual	3
3.1.1	Conceptos y generalidades	3
3.1.2	Clasificación botánica	3
3.1.3	Origen de la planta	4
3.1.4	Importancia del cultivo	4
3.1.5	Propagación del cacao	5
3.1.6	Propagación Sexual	5
3.1.6.1	Formas de Formas polinización	5
3.1.6.2	Vivero	6
3.1.6.3	Ventajas de la propagación por semilla	7
3.1.6.4	Desventajas de la propagación por semilla	7
3.1.7	Propagación Asexual	7
3.1.7.1	Ventajas de la propagación asexual	8
3.1.7.2	Propagación por Injerto	8
3.1.7.3	Porta yemas	8
3.1.7.4	El patrón	9
3.1.7.5	Métodos de injertación	10
3.1.7.5.1	Injerto en forma de U invertida	10
3.1.7.6	Procedimientos para realizar el injerto en cacao	11
3.1.7.7	Recomendaciones para la injertación	12
3.1.7.8	Formación de la unión del injerto	12
3.1.7.9	Prendimiento	13
3.1.7.10	Factores que influyen en el prendimiento	14
3.1.7.11	Contaminación en el prendimiento	15
3.1.7.12	Tipos de incompatibilidad en el injerto	15
3.1.7.13	Ventajas del injerto	16
3.1.7.14	Desventajas del injerto	16
3.1.8	Rentabilidad	16
3.2	Marco referencial	17
3.2.1	Localización	17
3.2.2	Ubicación geográfica	17
3.2.3	Condiciones climáticas	17
3.2.4	Región fisiográfica	17
3.2.5	Extensión y límites	17
3.2.6	Vías de comunicación	17
3.2.7	Suelos	17
3.2.8	Material genético de cacao con que cuenta la finca Bulbuxyá	18
3.2.8.1	UF-667 (porta yemas)	18
3.2.8.2	Pound-7 (patrón)	19
3.2.9	Producciones por semilla y por injerto hechos en diferentes países	19
3.2.10	Evaluación de diferentes tipos de injertos en cacao, en el centro agronómico tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez	20
4	Objetivos	22
4.1	General	22
4.2	Específicos	22
5	Hipótesis	23
6	Metodología	24
6.1	Manejo del experimento	24

6.1.1	Área experimental	24
6.1.2	Siembra	24
6.1.2.1	suelo	24
6.1.2.2	Obtención de semillas	24
6.1.3	Cuidado de las plantas	25
6.1.4	Obtención de yemas	25
6.1.5	Proceso de injertación	25
6.2	Metodología experimental	26
6.2.1	Unidad experimental	26
6.2.2	Descripción de los tratamientos	26
6.2.3	Diseño experimental	26
6.2.4	Modelo estadístico	26
6.2.5	Variables de respuesta	27
6.2.5.1	Porcentaje de prendimiento	27
6.2.5.2	Porcentaje de brotación	27
6.2.6	Análisis de la información	27
6.2.6.1	Análisis estadístico	27
6.2.6.2	Análisis económico	27
7	Resultados y discusión	28
7.1	Porcentaje de prendimiento	28
7.2	Porcentaje de brotación	30
7.3	Análisis de rentabilidad	31
8	Conclusión	35
9	Recomendaciones	36
10	Bibliografía	37
11	Anexos	39

Índice de cuadros

Cuadro 1	Porcentaje de prendimiento en cuatro tipos de injerto de cacao	21
Cuadro 2	Descripción de los tratamientos	26
Cuadro 3	Resumen del análisis de la varianza del tiempo del prendimiento de injerto en cacao	28
Cuadro 4	Resumen de la prueba de medias según el criterio de Tukey al 5%	29
Cuadro 5	Andeva de la variable porcentaje de brotación	30
Cuadro 6	Resumen de la prueba múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey al 5%	31
Cuadro 7	Análisis de rentabilidad de las plantas injertadas de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la etapa 3 (90 días)	32
Cuadro 8	Análisis de rentabilidad de las plantas injertadas de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la etapa 4 (105 días)	33
Cuadro 9	Análisis de rentabilidad de las plantas injertadas de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la etapa 5 (120 días)	34
Cuadro A	Cronograma de actividades realizadas durante el año 2004	45

Índice de figuras

Figura 1	Porcentaje de prendimiento del injerto en cacao por etapa de crecimiento del patrón	29
Figura 2	Porcentaje de brotación por etapa de edad del patrón Pound-7	31
Figura 3A	Mapa de Guatemala que ubica la finca Bulbuxyá en el Departamento de Suchitepéquez	40
Figura 4A	Esquema de un vivero rústico y del ordenamiento de las plantas de cacao	41
Figura 5A	Esquema del injerto tipo U invertida	41
Figura 6A	Croquis de la distribución de las unidades experimentales	42
Figura 7A	Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) de la etapa 1 (60 días)	43
Figura 8A	Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) de la etapa 2 (75 días)	43
Figura 9A	Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) de la etapa 3 (90 días)	43
Figura 10A	Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) de la etapa 4 (105 días)	43
Figura 11A	Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) de la etapa 5 (120 días)	43
Figura 12A	Fotografía de la brotación del injerto en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) de la etapa 1 (60 días)	44
Figura 13A	Fotografía de la brotación del injerto en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) de la etapa 2 (75 días)	44
Figura 14A	Fotografía de la brotación del injerto en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) de la etapa 3 (90 días)	44
Figura 15A	Fotografía de la brotación del injerto en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) de la etapa 4 (105 días)	44
Figura 16A	Fotografía de la brotación del injerto en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) de la etapa 5 (120 días)	44

Evaluación del prendimiento de injerto de cacao (*Theobroma cacao L*) UF-667, en cinco etapas de crecimiento del patrón Pound-7.

Evaluation of the grafting success of cacao (*Theobroma cacao L*) UF-667, in five stages of grow of the stock pound-7.

Resumen

El cacao es una de las plantas originarias del país, sin embargo la producción interna no alcanza a cubrir la demanda nacional.

Las plantaciones existentes se encuentran actualmente abandonadas o en manos de pequeños productores que no les dan el manejo agronómico necesario para producir cacao de alta calidad.

La propagación la realizan por semilla, sin previa selección, obteniendo plantaciones carentes de uniformidad, de baja producción y susceptibles a las enfermedades.

La rehabilitación y el fomento del cacao es una alternativa para incrementar los ingresos de pequeños y medianos productores, pero se necesita de una propagación masiva y por lo tanto de otro tipo de propagación.

La propagación por injerto es un método práctico y sencillo con el cual se pueden propagar clones o variedades de cacao de alto rendimiento y resistentes a las enfermedades. Sin embargo el tiempo de espera de crecimiento del patrón para realizar la injertación es considerablemente largo (6 meses) y en Guatemala aún no se han realizado estudios para reducir este tiempo. Por lo que el objetivo general de esta investigación es evaluar el prendimiento de injerto a los 60,75,90,105 y 120 días de germinado el patrón.

Como patrón se utilizó el clon Pound 7 y como portayemas el clon UF-667. Las variables de respuesta de esta investigación fueron el porcentaje de prendimiento y el porcentaje de brotación.

El análisis se realizó mediante una prueba de F al 5% de significancia y una prueba múltiple de medias, usando el criterio de Tukey al 5%. Además se hizo un análisis económico de las etapas de 90,105 y 120 días de germinado el patrón que fueron las etapas en que se obtuvo mayor porcentaje de prendimiento y brotación.

Los resultados reflejaron que el mayor porcentaje de prendimiento y de brotación se obtuvo en la etapa de 120 días (91.25%) y no se encontró diferencia estadística significativa con las etapas de 105 (90.8%) y 90 días de germinado el patrón (81.67%), sin embargo, de acuerdo al análisis económico, la etapa en que existe mayor rentabilidad es la 105 días, con un 9.66% de rendimiento que presenta 7.38% más que la etapa de 90 días y un 6.12% más que la etapa de 120 días de edad del patrón, por lo que la etapa de 105 días es la más recomendable para efectuar la injertación.

1. Introducción

Guatemala, siendo uno de los países originarios del cacao (*Theobroma cacao* L.), no se encuentra entre los países de mayor exportación de este producto. La producción en el año 2003 de 2895 toneladas, no abasteció ni siquiera al mercado interno, importó 173 toneladas de cacao entero y 2862 toneladas de chocolate y otros derivados y solo exportó 147 toneladas (3).

La producción de cacao en Guatemala ha sido afectada desde la introducción de café al país. El cultivo de cacao entró en decadencia y hoy las plantaciones se encuentran abandonadas o en manos de pequeños agricultores, que carecen de asistencia técnica para producir cacao de alta calidad. Estos pequeños productores desconocen la procedencia de los árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) y por lo general estos árboles son susceptibles a las enfermedades, de baja producción y el tamaño del fruto muy variado. La propagación de estos árboles es realizada por medio de semilla.

La rehabilitación y fomento del cultivo de cacao sería para las familias del área rural que viven en regiones aptas para el cultivo, una alternativa para incrementar sus ingresos; por lo que las entidades como El Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales de Guatemala (AGEXPRONT), están interesadas en el fomento de la producción de cacao.

Para el fomento del cultivo se necesita una propagación masiva y buscar otro método alternativo para una mejor producción. La propagación por injerto es un método práctico y sencillo del método asexual que ofrece las siguientes ventajas: Uniformidad en las características de la fruta, alta producción, buena calidad de fruto, plantas resistentes a enfermedades. Para la producción del material de propagación no se necesitan jardines especiales, pues el material para injerto se puede obtener cuando se hacen las podas de las plantas; seleccionando el árbol que tenga las características deseables como las variedades que se encuentran en el jardín clonal del Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitupéquez.

A pesar de las ventajas de este método, casi no se practica, debido a la falta de conocimiento de la metodología y al tiempo de espera en el crecimiento del patrón, que oscila alrededor de 6 meses según la Asociación Prodesarrollo de Brillantes (ASOPRODEB) y 4 meses según Enríquez (6).

El propósito de esta investigación fue reducir el tiempo de crecimiento del patrón para su injertación y determinar la rentabilidad de las plantas injertadas. Como yema se utilizó el clon UF-667. Como patrón el clon Pound-7 y el tipo de injerto fue el de U invertida.

2. Definición del problema

La propagación del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) se realiza por medio del método sexual y asexual. Sexualmente la propagación se realiza por medio de semillas y asexualmente por estacas enraizadas, por acodo, *in vitro* e injerto.

La propagación por semilla necesita un tiempo considerablemente corto para el establecimiento de las plantas en el campo definitivo. Por ello los productores de cacao (*Theobroma cacao* L.) de San Miguel Panán, Suchitepéquez, prefieren este método de propagación. Sin embargo este método produce plantaciones carentes de uniformidad, susceptibles a enfermedades, producción de mala calidad, bajo rendimiento y poca aceptación en el mercado.

Entre los tipos de propagación del método asexual, el más sencillo y fácil de realizar, es el injerto. Este método es útil para mejorar las características productivas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). No obstante es un método que no se practica en el lugar, debido al tiempo de espera del patrón y sobre todo al desconocimiento de cómo realizarlo.

Según Hartmann (14), la injertación se puede realizar en cualquier fase del ciclo de vida de las plantas, pero en el caso del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Guatemala aun no se han realizado estudios para reducir el tiempo de espera del patrón para la injertación. En la actualidad es de seis meses.

3 Marco teórico

3.1. Marco conceptual

3.1.1 Conceptos y generalidades

Injerto

El injerto es uno de los principales métodos de propagación vegetativa, indispensable cuando se persigue la transmisión de todas las características acumuladas de una planta o en un clon proveniente de ella, por medio de selección (6). El injerto debe ser de la variedad deseada y estar libre de enfermedades.

Variedad, injerto o púa

Según Hartman y Kester(14), es la porción pequeña separada del tallo que contiene una o varias yemas durmientes las cuales al unirse con el patrón forman la porción superior del injerto y de ellos se desarrollan el tallo y las ramas o ambas.

Patrón

Según Hartman y Kester(14), es la porción inferior del injerto, la cual forma el sistema radical de la planta injertada, puede ser una planta procedente de semilla, una estaca enraizada, o un acodo. Si el injerto se hace en la parte superior del árbol como el injerto de copa, el patrón puede estar formado por el tronco, Las ramas y las raíces principales.

Clon

Según el diccionario botánico(11), es el conjunto de individuos procedentes de otro, originado por uno de los procedimientos de multiplicación asexual.

Desvendado del Injerto

Esta operación consiste en quitar la cinta del injerto por completo, despegando la porción de corteza del patrón que contiene la yema, para que éste quede expuesto al medio ambiente (14).

Importancia del injerto

Las plantaciones, ya sean frutícolas, forestales y ornamentales condicionan su existir y su éxito a esta práctica (5).

3.1.2. Clasificación Botánica (29)

Reino:	Vegetal
Clase:	Dicotiledóneas
Sub-clase:	Dillenidae
Orden:	Malvales
Familia:	Esterculiáceae
Género:	Theobroma
Especie:	<i>Theobroma cacao</i> L.
Nombre Común:	Cacao, Cacau, Cocoa, Haa, Xau, Cacaoeiro, Cacari, Criollo.

3.1.3. Origen de la planta

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de origen americano. La información arqueológica e histórica aporta datos importantes. Se han encontrado representaciones de la planta y del fruto en piedra, cerámica y códices, tanto en México como en Guatemala, lo que indica que los mayas y otras culturas mesoamericanas conocían la especie (1).

Los mayas elaboraban una bebida amarga hecha con semillas de cacao, la cual era exclusivamente para sacerdotes y miembros de la realeza. El chocolate formaba parte de las ceremonias religiosas y rituales.

Los conquistadores españoles de México se asombraron de las grandes cantidades de cacao que encontraron en los almacenes de Moctezuma y de la popularidad que tenía en su corte la bebida que se hacía de él y es que para los aztecas el chocolate era una fuente de energía tanto espiritual como física (26).

3.1.4. Importancia del Cultivo

Las entidades públicas y privadas tales como la Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales (AGEXPRONT), El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, han evaluado las alternativas para fomentar el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Guatemala como parte integral de un adecuado proceso de diversificación agrícola.

Estas instituciones están interesadas en establecer los procedimientos y mecanismos generales necesarios para identificar y llevar a cabo actividades de cooperación para el desarrollo y fomento de la diversificación agrícola en las áreas cafetaleras afectadas por el bajo precio del café. El cultivo del cacao es una alternativa, que beneficiará directamente a las familias de las comunidades de los distintos departamentos que cuentan con las condiciones agroecológicas para la producción del cultivo (1,20).

La estrategia básica es de rehabilitar y fomentar plantaciones de cacao e industrializar el producto con la participación directa de los agricultores, lo cual generaría gran cantidad de mano de obra. (20)
La importancia de este producto en la economía es grande, ya que es uno de los productos del nuevo continente más codiciados por los europeos (2).

El cacao (*Theobroma cacao* L.), se cultiva actualmente en Guatemala en altitudes menores a los 500 msnm en diferentes áreas de los departamentos de Suchitepéquez, Escuintla, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos, Izabal y Alta Verapaz.

El conflicto interno en Costa de Marfil y varios malos años de cosechas han elevado el precio del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el mercado mundial

Costa de Marfil, es el proveedor de casi el 40 por ciento del cacao mundial (25). seguido por Brasil con 21%, y en el tercer lugar se encuentra Ghana con 16% (6).

Dadas las actuales condiciones ecológicas, características agrícolas y ventajas comparativas de Guatemala se estima técnicamente viable y económicamente rentable el establecimiento de plantaciones de cacao que busquen fomentar su transformación, para la producción de “pasta, polvo y licor de cacao”, diversificando de esta forma la actual oferta agrícola exportable (1).

3.1.5 Propagación del cacao (*Theobroma cacao* L)

La propagación del cacao se puede realizar de dos formas sexual y asexualmente.

3.1.6 Propagación Sexual

La propagación del cacao (*Theobroma cacao* L) por semilla ha sido la forma más comúnmente empleada a través del tiempo. Sin embargo el productor ha venido seleccionado en forma empírica la semilla para siembra en fincas comerciales (9).

3.1.6.1. Formas de Polinización

Las flores del cacao (*Theobroma cacao* L) son hermafroditas y como característica especial presentan los estambres cubiertos. Esto hace difícil la polinización natural (6).

La polinización del cacao puede hacerse con varias finalidades:

- A. Producción de semilla o mazorcas para estudios científicos, como genéticos, fitopatológicos y de calidad. Si se hace para trabajos genéticos, requiere de mucho cuidado para el aislamiento, puesto que se necesita pureza absoluta
- B. Producción de semilla certificada de híbridos
- C. Producción de semilla para aumentar la producción en un área determinada. Si el fin es aumentar la producción, la polinización se hace en forma muy simple, casi sin cuidado.(6) El cuidado que se considere en el trabajo depende del objetivo de la polinización

a) Forma Alógama

Consiste en la fecundación cruzada entre plantas y es llamada también “polinización cruzada” (7).

b) Forma Entomófila

Es otra forma de polinización natural, la cual se realiza básicamente a través de insectos que actúan como agentes de polinización, especialmente la mosquita del género *Forcipomyia*.(14) Los demás agentes como la clase *Hymenoptera* son de menor importancia (7, 28).

Últimamente se ha intensificado el interés de las siembras con semilla certificada, debido al notable comportamiento de los árboles provenientes de semilla de polinización cruzada, de clones seleccionados y en especial, de cruzamiento simples entre clones originarios de Alto Amazona y de selecciones locales, que han demostrado un alto grado de vigor híbrido en sus descendencias.(6)

Actualmente existen cultivares avanzados como los híbridos y los clones que superan los rendimientos de las plantas obtenidas de semillas comunes (6).

Semilla común si el agricultor no está en condiciones de obtener semilla híbrida certificada, entonces debe proceder a seleccionar dentro de su plantación los árboles de mayor producción, mayor robustez y que en lo posible estén libres de enfermedades (6).

Semilla clonal en las estaciones experimentales se han seleccionado clones por su alto rendimiento. Estos árboles, por lo general, dan mejores descendencias que los árboles no seleccionados, puesto que han sido poblados por varios años (6).

Semilla híbrida luego de varios años de estudios de híbridos interclonales, se han llegado a establecer los beneficios que se pueden obtener al usar semilla híbrida, especialmente si es certificada. Los híbridos consisten en material de cruces artificiales de los clones que tienen buena habilidad combinatoria (6).

Hay dos vías para obtener la semilla híbrida:

- A. Aprovechando la incompatibilidad de los clones, se establecen jardines aislados y
- B. Con polinización dirigidas, con lo cual se puede certificar la exactitud del cruce (6).

3.1.6.2. Vivero

Un vivero debe construirse de acuerdo a las siguientes condiciones:

- A. El tamaño estará de acuerdo al número de cuerdas que se quiere cultivar
- B. Que facilite el acarreo de las plantas a los sitios definitivos de siembra
- C. Debe estar cerca de una fuente de agua
- D. Deben escogerse terrenos planos, que no presenten peligros de inundación
- E. Debe estar protegido contra vientos fuertes y cercado
- F. Debe tener sombra apropiada (15).

Algunas de las labores más comunes y rutinarias en un vivero son:

- A. Los riegos oportunos
- B. La eliminación manual de malas hierbas
- C. El raleo progresivo de la sombra
- D. Destrucción de plantas enfermas
- E. Reubicación de plantas débiles para su recuperación
- F. Ciclos de fertilización
- G. Ciclos de aspersiones fitosanitarias.

Un buen sistema de control fitosanitario en el vivero consiste en hacer aplicaciones integradas de pesticidas y abonos (9).

3.1.6.3. Ventajas de la propagación por semilla

- A. El uso de semilla facilita el establecimiento de las plantaciones
- B. En cuanto a recursos y materiales es más económico
- C. Tecnológicamente más accesible a los agricultores (1, 24).

3.1.6.4. Desventajas de la propagación por semilla

- A. La producción no presenta las características de la planta madre
- B. No conserva la variabilidad genética
- C. Pérdida de diversidad
- D. Nuevas características no deseables (1, 24).

3.1.7. Propagación Asexual

Según Hartmann, un ciclo asexual puede iniciarse quitando una parte de la planta (yema, púa, estaca u otra estructura vegetativa) y generando de ella una nueva planta. Cualquier fase del ciclo de vida sexual, juvenil, transitoria o adulta, puede escogerse como material inicial (14).

La propagación asexual es un método más especializado de propagación donde no interviene la semilla, sino partes vegetativas del árbol como ramillas, brotes o yemas. Este método ha sido muy practicado en las estaciones experimentales para mantener características deseables de árboles sobresalientes (9).

Los países productores se están dedicando cada día en mejorar la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cantidad y calidad; sus esfuerzos se encausan a la formación de nuevas plantaciones y a la rehabilitación de las existentes, utilizando plantas obtenidas por propagación vegetativa, la cual favorece la conservación de árboles precoces a la fructificación, resistentes a plagas y enfermedades y con otras cualidades agronómicas que los hacen valiosos para la producción genética, pues ayuda a conservar en forma más eficiente la pureza genética ganada y permite obtener resultados en un plazo más corto (6).

Muchos investigadores y propagadores de cacao (*Theobroma cacao* L.) se han preocupado en desarrollar metodologías de propagación vegetativa eficientes y de bajo costo, favoreciendo el desarrollo agrícola e industrial del cultivo y aportando con ello un beneficio económico incalculable (6).

La propagación vegetativa o asexual, es una multiplicación de tejidos de la planta con madurez intermedia, que permite dar origen a otra planta con las mismas características del árbol del cual se

tomó la yema o tejido. Es decir, el árbol obtenido por vía vegetativa conserva las cualidades de producción, tolerancia a enfermedades y plagas y otras características de la planta madre (24).

Las plantas propagadas por multiplicación vegetativa son uniformes morfológicamente por poseer las mismas características de la planta madre, población que recibe el nombre de clon (23).

3.1.7.1 Ventajas de la propagación asexual

- A. La nueva planta conserva todas las características que se encontraron en la planta seleccionada.
- B. Su producción es precoz o temprana, comparada con la de la semilla común, pues los frutos se forman entre los 24 y los 36 meses después de la siembra.
- C. El desarrollo de la planta es relativamente menor comparado con el árbol de semilla, lo cual es conveniente para su mantenimiento.
- D. Permite mantener con seguridad las cualidades que se desean transmitir en los programas de mejoramiento (6).

Los métodos más conocidos en la propagación asexual del cultivo de Cacao son: acodos, estacas enraizadas, embriogénesis somática (*in Vitro*), e injertos (24).

La propagación por acodo es un sistema sencillo y fácil de realizar, pero la dificultad en el establecimiento de los acodos ha sido la producción en forma extensa. Por tal motivo su empleo es muy limitado y no es aconsejable (1).

Los métodos por estacas enraizadas, microinjerto y embriogénesis somática (*in Vitro*) son métodos de propagación usados en estaciones experimentales, pero por el alto costo de las instalaciones que se necesitan y personal especializado no es recomendado para los agricultores, ya que tendrían que invertir grandes cantidades de dinero (1).

3.1.7.2. Propagación por Injerto

De todos los métodos mencionados el más sencillo y práctico es el de injerto. Es uno de los principales métodos de propagación vegetativa, cuando se persigue la transmisión de todas las características acumuladas de una planta, o en un clon proveniente de ella, por medio de selección (1).

La fisiología del injerto consiste en que al injertar una planta, hemos soldado ésta sobre otra que le proporcionará además del sostén, el alimento necesario para su crecimiento. Se deben injertar plantas de gran parentesco y unir perfectamente la corteza del injerto con la del patrón y los sistemas leñosos de ambos para lograr el pegue. Además, deben tener una analogía en cuanto a la vigorosidad (14).

La técnica del injerto es aquella que nos permite unir porciones de plantas distintas de manera que constituyan un único individuo capaz de crecer y desarrollarse como tal.(9)

Un injerto está compuesto por dos partes: una parte superior que dará lugar al tronco y copa del árbol, que se le llamará variedad, injerto o púa. Y una parte inferior formada por el sistema radicular, que se nombrará pie, patrón o portainjerto (15).

3.1.7.3. Porta yemas

Llamado también como variedad, injerto púa o varetas porta yemas. Debe escogerse por su buena adaptación al medio, producción, buen tamaño, calidad del grano y por su tolerancia a enfermedades (23).

La planta madre de la que procedan las varetas debe encontrarse en un estado sanitario y nutritivo bueno y en edad de producir (30).

Entre estos materiales podemos citar (23)

CLONES

UF = 29/221/296/667/668

ICS = 1/6/39/40/60/95

IMC = 67

CCN = 51

EET = 62/96/400

TSH = 566/792/654

HIBRIDOS

UF – 613 X POUND - 12

POUND – 12 X UF - 668

IMC – 67 X EET - 62

Adicional a aquellos árboles élitos, escogidos y validados, existen otros materiales genéticos de buen comportamiento que vale la pena validarlos y eso se puede lograr introduciéndolos en la siembra comercial pero marcándolos (23).

3.1.7.4. El patrón

Llamado también como pie, portainjerto, o patrón, este debe seleccionarse por su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, tolerantes a diferentes plagas y enfermedades radicales y por su buena vigorosidad vegetativa.(30) Uno de los problemas que presentan las semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) es la pudrición parda y cáncer del tronco, ramas y raíces ocasionado por el hongo (*Phytophthora spp*) (9).

El género *Phytophthora* ocasiona permanentes pérdidas sobre el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.), en su severidad y frecuencia es muy dependiente de las condiciones ambientales sobre todo de la duración del período lluvioso y de la presencia de agua líquida en las plantaciones, bien sea por persistentes lluvias, por drenajes no funcionales, por inundaciones o por riegos por inundación. En presencia de agua las zoosporas germinan y conforman las principales fuentes de contaminación. El otro factor determinante es el control fitosanitario que se aplique a las plantaciones (4).

Los síntomas pueden presentarse en plantas de vivero y en el campo sobre hojas, flores, cojines florales, cánceres en ramas, tronco, y raíces y sobre todo provocando la pudrición de frutos de cualquier edad (4).

Como patrones o portainjertos se utilizan plantas con características de adaptación, vigorosidad, y tolerancia a patógenos como el genero (*Phytophthora sp*). Se recomiendan los materiales: SCA-6, Pound =7/12, Catongo, EET =376/399/400, UF = 29/613, IMC-67, CC-41, CC-42, ICS-1, PA-24, PA-30 (10).

Las semillas seleccionadas se procede a la siembra en bolsas plásticas, éstas se colocan en un vivero donde se cuidan entre cuatro y seis meses, para después injertarlas. Fertilizándolas y aplicando pesticidas para evitar el ataque de plagas y enfermedades (8).

Mientras Palencia y Mejía (23), dicen que después de dos o tres meses de haber sembrado la semilla en las bolsas, las plantas alcanzan una altura de 30 a 40 centímetros y sus tallos un centímetro de diámetro (grosor de un lápiz), es el momento de iniciar la injertación.

Los injertos se pueden realizar en plantas originales de semilla, o bien en árboles adultos considerados no deseables en la plantación en un momento determinado pero que tengan características que permitan dicho procedimiento (19).

3.1.7.5. Métodos de Injertación

Para realizar la propagación de cacao (*Theobroma cacao L.*) por injertación, se seleccionan yemas o ramas maduras que permitan proporcionar características deseables a las nuevas plantas. Los métodos comúnmente utilizados son:

- A. Injerto de yema terminal
- B. Injerto lateral o de aproximación
- C. Injerto en forma de T invertida
- D. Injerto de parche en forma de U invertida
- E. Injerto de parche en forma de U normal.

En Guatemala según la Asociación Pro-desarrollo de Brillantes¹ los tipos de injertos más practicados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), son los de U invertida y el de U normal, en el caso de esta investigación el método a utilizar es el de U invertida.

3.1.7.5.1. Injerto en forma de U invertida

¹ Hernández, S. 2003, Tipos de injertos utilizados en cacao, (entrevista), Guatemala, Retahuleu, Asociación Pro-desarrollo de Brillantes.

Este tipo de injerto es el que más se practica en cacao. El parche con su respectiva yema debe tener el mismo tamaño y la misma forma del corte hecho en el patrón, aunque algunos investigadores recomiendan que el corte en el patrón sea un poco mayor para dar campo a la formación del callo.(6) Dos o tres días antes de iniciar la injertación es conveniente regar los patrones para que la corteza desprenda fácilmente. Este método de propagación consiste en injertar una sola yema adherida a una sección de corteza (23).

Se prepara cada patrón limpiando el tallo con una toalla, para quitar la tierra y se eliminan las hojas que están localizadas hasta una altura de 15 centímetros. Una vez seleccionada la vareta, se escoge la yema, preferiblemente la del segundo crecimiento de la rama o la que tiene un diámetro igual al del patrón (23).

En la parte inferior del patrón, a 10 centímetros del nivel del suelo, se hacen dos cortes paralelos verticales con una longitud de 4 a 5 centímetros, separados uno del otro 1.5 centímetros. Los cortes verticales se unen con uno horizontal sobre la parte superior, así la incisión queda en forma de U invertida. Posteriormente se mueve una esquina de la incisión para comprobar el desprendimiento de la corteza. En la vareta porta yemas se corta un parche con su respectiva yema, haciendo correr la navaja en forma profunda para que salga adherida un fragmento de tejido (que posteriormente se quita) y vigilando que el tamaño del parche sea igual o un poco menor que la incisión hecha en el patrón. Una vez colocado el parche con la yema se elimina un pedazo de corteza del patrón, cortándolo abajo del punto donde sobresale la yema, por lo que sólo quedará una parte de la corteza cubriendo el parche. Posteriormente se amarra el conjunto con cinta para injertar y una semana después se deja libre el punto de relieve de la yema (6).

3.1.7.6. Procedimiento para realizar el injerto en cacao

Según Ramírez (24), antes de proceder a ejecutar un programa de injertación es necesario tener bien claro lo siguiente:

1. El tipo de yemas a injertar, ortotrópicas (tipo de crecimiento que sigue ejes imaginarios verticales de las ramas) o plagiotrópicas (tipo de crecimiento horizontal de las ramas. Se recomienda la utilización de yemas plagiotrópicas o yemas de ramas, dado que no abren abanico o verticilo y permitirían mejores condiciones para un aumento de densidad poblacional.
2. Debe definirse también, de que tipo de árbol élite se va tomar las yemas. Un árbol élite puede ser un híbrido o un clon, pero bajo cualquier circunstancia es un árbol de buena producción, dado que la prioridad será elevar la productividad por área y la producción en general.
3. Escogencia de la vareta
La vareta es la rama escogida del árbol élite que posee las yemas, esta rama puede tener entre 5 y 10 yemas viables, de las cuales podemos utilizar entre el 60 y 70% de esas yemas propiamente dichas en el injerto. A través de la experiencia realizada en Malasia, Indonesia, Colombia, Costa

Rica, y Brasil. Se ha comprobado que la mejor vareta para la obtención de yemas, debe de tener una edad aproximada de 60 días cuando mínimo y estar entre 60 y 80 días de edad como edad óptima, por eso es muy conveniente, cuando se va a realizar la programación de injertar, empezar a marcar las ramas de los árboles escogidos, cuando se inicia el lanzamiento foliar o nacimiento de nuevas ramas y hojas.

4. Los patrones o árboles porta-injertos que más se utilizan, son IMC-67 Y Pound-7 de los cuales se pueden conseguir semillas en las granjas de cacao. Las bolsas que se utilizan para siembra de patrones deben medir 26 centímetros de largo por 15 centímetros de ancho.
5. El tipo de injerto que más se utiliza es el de U invertida. Se efectúa a una altura de 15 a 20 centímetros en el árbol patrón. Los injertos también se utilizan para reemplazar árboles de mala producción. Para esto se propicia la salida de un chupón en la base del tronco (chupón basal) y sobre éste se realiza el injerto. En la medida que el injerto va creciendo se va podando gradualmente el árbol que se desea reemplazar.
6. El amarre es hecho una y media pulgada arriba del punto del injerto bajándolo de tal forma que lo envuelva completamente y concluye una pulgada abajo del punto del injerto. La cinta debe tallarse muy bien para que evite la entrada de lluvia y polvo. La cinta debe de ser cortada o removida de 13 a 15 días después del injerto, se corta la tapadera de la corteza que está sobre la yema. A partir de 15 a 21 días, luego de haber cortado la cinta, el injerto empieza a brotar.

Cuando el brote tenga 2 hojas verdaderas se corta la mitad del patrón. Cuando el brote de yema tenga 6 hojas verdaderas (color verde) se corta el resto del patrón. Casi en la unión con la yema para que esta empiece amontarse sobre el patrón.

7. Se deja al libre crecimiento el nuevo brote, con tutor si fuera necesario, hasta que llegue a los 18 meses. En este punto debe de realizarse la primera poda en formación, para que el árbol tenga un buen desarrollo de ramas leñosas.

3.1.7.7. Recomendaciones para la injertación

Se recomienda considerar cinco factores para tener éxito en cualquier operación de injerto.

1. El patrón y el injerto deben ser compatibles
2. El cambium del injerto debe quedar en contacto íntimo con el cambium del patrón
3. La operación de injerto se debe hacer en la época apropiada del año (de noviembre a mayo), las yemas de la púa deberán estar en reposo
4. Inmediatamente después de terminado el injerto se debe cubrir con algún tipo de cera para sellar todas las superficies cortadas
5. Se debe dar a los injertos un cuidado apropiado por algún tiempo después de su ejecución. (6)

3.1.7.8. Formación de la unión del injerto

Se han hecho diversos estudios detallados de la cicatrización de injertos en mayor parte en plantas leñosas. La secuencia usual para una cicatrización normal de unión de injerto es:(14)

1. El tejido recién cortado de la púa, capaz de actividad meristemática se pone en contacto íntimo y fijo con el tejido del patrón también recién cortado en condiciones similares, de tal modo que las regiones cambiales de ambas partes estén en contacto estrecho. Las condiciones de temperatura y humedad deben ser tales, que estimulen la actividad de las células recién expuestas y de aquellas que las circundan.
2. En la región cambial tanto del patrón como del injerto las capas exteriores de células expuestas producen células de parénquima que pronto se entremezclan y enlazan. Al resultado de esa actividad se le llama tejido de callo.
3. Algunas de las células del callo recién formado que se encuentran en la misma línea con la capa intacta de cambium del patrón y del injerto se diferencian hasta formar nuevas células cambiales. Esas nuevas células de cambium producen nuevo tejido vascular, xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, estableciendo así conexión vascular entre patrón e injerto, requisito indispensable para que la unión de injerto tenga éxito.
4. La cicatrización del injerto puede considerarse como la cicatrización de una herida como la que puede presentarse si se parte longitudinalmente la punta de una rama. La proliferación de células en la región cambial de ambas partes produce nuevas células de parénquima que se entrelazan y se diferencian a células cambiales que después producen xilema y floema.
5. Se necesitan temperaturas que favorezcan la actividad celular elevada. De ordinario las temperaturas entre 12.8 a 32 centígrados dependiendo de la especie conducen a un crecimiento celular rápido. Así pues, las operaciones de injerto deben efectuarse en la época del año en que se esperen dichas temperaturas favorable y cuando las plantas en especial las del cambium están en actividad natural (14).

3.1.7.9. Prendimiento

Es la respuesta manifestada por un injerto cuando los tejidos de una yema se adhieren a los tejidos del patrón, existiendo entre ellos intercambio de nutrientes (24).

La falta de prendimiento depende de varios factores, entre ellos tenemos: Patrones mal desarrollados, raquíuticos que ejercen un efecto negativo sobre la yema (14).

Así mismo las condiciones desfavorables influyen en el desprendimiento de los injertos, tales como: suelos poco drenados y sin materia orgánica, enfermedades y plagas, diferencias genéticas y

botánicas en las plantas a injertar, cuando las regiones cambiales de los tejidos no están en contacto estrecho y las condiciones de temperatura y humedad son inadecuadas. Cuando la temperatura es muy alta, arriba de 32 centígrados y cuando son muy bajas, debajo de 4 centígrados (14).

La época tiene una marcada influencia en los injertos, en ciertos períodos de mucha actividad de crecimiento en la primavera, las plantas que muestran una fuerte presión de las raíces, presentan un excesivo flujo de savia o desangrado cuando se hacen cortes previos al injerto (18).

Los injertos que se hacen con exudación no cicatrizan y por ello se deben hacer en otra etapa del crecimiento. Este desangrado en la unión de injerto puede superarse haciendo con una navaja corte oblicuo alrededor de la corteza y luego proceder a realizar el injerto (14).

A medida que se van seleccionando las ramas se les debe remover las hojas inmediatamente, dejándoles pegado a la yema sólo un pequeño pedazo de pecíolo que ayudará después para mejorar la yema. Para injertar deben usarse con prontitud las ramas para evitar que se sequen las yemas, aunque es posible almacenarlas por un corto tiempo si se les mantiene frescas y húmedas. Cuando se hace una cantidad considerable de injertos de yemas lo mejor es recolectar las ramas a medida que se van usando las yemas, cortando cada vez las necesarias para las operaciones del día (14).

El prendimiento de la yema al patrón se facilita mucho por el movimiento normal del agua y nutrientes en ambos sentidos, del tallo al patrón. Dependiendo de las condiciones de desarrollo en un injerto bien ejecutado, la yema debe haberse unido al patrón en un plazo de dos a tres semanas. Si el pecíolo de la hoja se desprende con limpieza en la proximidad de la yema es una buena indicación de que la yema ha pegado, especialmente si la corteza permanece de color café y la yema permanece verde y turgente (14).

3.1.7.10. Factores que influyen en el prendimiento del injerto

1. Características botánicas y genéticas afines entre la planta a injertar. Patrones bien desarrollados que ejercen una buena influencia sobre el injerto que producirá plantas bien desarrolladas.
2. Patrones tolerantes a condiciones desfavorables como: suelos pesados o húmedos, enfermedades y plagas que se encuentran en el suelo.
3. Regiones cambiales de ambas partes en contacto estrecho para la producción de tejidos como el parénquima y la formación de callo.
4. Condiciones de temperatura y humedad deben ser tales que estimulen la actividad de las células recién expuestas y de aquellas que les circundan.
5. La unión del injerto necesita oxígeno para que la producción de tejido sea buena. Esto es obvio dado que la producción de tejidos va acompañada de una alta respiración.

6. La técnica de injerto debe ser adecuada y buena de tal manera que sea capaz de poner en contacto las regiones cambiales del patrón y de la yema.
7. El porcentaje de prendimiento también va a depender del desvendado del injerto. El material a utilizar debe ser de 0.003 mm de ancho y de polietileno.
8. Una buena desinfección del material vegetativo y la conservación de las yemas de la vareta a utilizar contribuye a un alto porcentaje de prendimiento del injerto.
9. Algunas veces las técnicas de injerto son tan malas que sólo se ponen en contacto una pequeña porción de las regiones cambiales del patrón y de la yema, aunque exista cicatrización en dicha región, se inicie el crecimiento del injerto y se desarrolle tejido foliar, hay altas tasas de transpiración, temperatura elevadas y una limitada superficie conductora, por lo que no puede efectuarse suficiente movimiento de agua y subsecuentemente la yema se muere. Otros errores en la técnica de injerto como el encerado malo, cortes disparejos o el empleo de púas desecadas pueden desde luego conducir a la falla del injerto (14).

3.1.7.11. Contaminación en el prendimiento

El uso de material de propagación infectado por virus puede reducir el “prendimiento” de los injertos así como la vigorosidad de la planta resultante (18).

En algunas ocasiones, las bacterias o los hongos logran entrar en las heridas que se hacen para preparar los injertos, el control químico de esas infecciones ayuda mucho a promover la cicatrización de las uniones (14).

3.1.7.12. Tipos de incompatibilidad en el injerto

a) Incompatibilidad Traslocada:

Incluye aquellos casos en que la condición incompatible no es superada por la inserción de un injerto intermedio que sea compatible con ambos, debido aparentemente a que alguna influencia frágil puede moderarse a través de él. Este tipo de incompatibilidad implica degeneración del floema y puede reconocerse por el desarrollo de una línea necrótica en la corteza. En consecuencia se presenta restricción del movimiento de carbohidratos con la unión de injerto, acumulación arriba, y reducción abajo. La incompatibilidad inducida por virus puede incluirse en la incompatibilidad traslocada (14).

b) Incompatibilidad localizada:

Aquí se incluyen combinaciones en las cuales las reacciones de incompatibilidad aparentemente dependen del contacto entre el patrón e injerto. En ocasiones los síntomas de incompatibilidad se desarrollan con lentitud apareciendo en proporción al grado de perturbación anatómica que haya en

la unión de injerto. Al final se presenta el agotamiento de las raíces debido a las dificultades de traslocación a través de la unión de injerto defectuosa (14).

3.1.7.13. Ventajas del injerto

Las principales ventajas del injerto son las siguientes:

- A. Todas las variedades y clones de cacao pueden injertarse con el mismo éxito
- B. El injerto es muy económico en lo que se refiere a material de propagación. Por ejemplo, de una sola vareta pueden sacarse 10 plantas injertadas
- C. Para la producción de material de propagación no se necesitan jardines especiales. El material para injerto se puede obtener cuando se hacen las podas
- D. Las varetas porta yemas pueden guardarse por cuatro días si se les almacena adecuadamente
- E. Cuando los injertos se han hecho, como es lo común, en plantas de semilla poseen la raíz pivotante que favorece un mejor desarrollo de la planta (6)

3.1.7.14. Desventajas del injerto

Principales desventajas del injerto son los siguientes:

- A. El patrón puede producir brotes indeseables por debajo de la unión del injerto haciendo necesaria una atención y vigilancia constante para proceder a su eliminación
- B. Las técnicas de injertación no son siempre lo suficientemente seguras para garantizar buen éxito
- C. Los árboles de cacao que resultan de ramas de abanico no tienen crecimiento erecto y son de forma asimétrica
- D. Los árboles injertados a menudo no tienen tallos fuertes y sólidos
- E. Algunas veces el injerto y el patrón son incompatibles y no se efectúa la unión
- F. Ocasionalmente la yema usada puede ser "latente" y no brota una vez que se ha hecho el injerto. (6)

3.1.8. Rentabilidad

La rentabilidad es una relación entre quetzales ganados versus quetzales invertidos, generalmente se expresa en porcentaje de quetzales ganados versus porcentaje de quetzales invertidos. Este criterio es aplicable a varias alternativas o tratamientos, dado que expresa la razón de quetzales ganados versus quetzales invertidos para cada alternativa (22).

Su fórmula general es:

$$R = ((IB-CT)/CT)*100$$

Donde:

R = rentabilidad

IB = Ingreso bruto

CT = Costo total

El ingreso bruto (IB), es sinónimo de ingreso total (IT) y se obtiene al multiplicar el total de unidades producidas por el precio de cada unidad. El costo total (CT), es el costo en que incurre el productor en la adquisición de bienes de producción (22).

3.2. Marco referencial

3.2.1 Localización

El Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá (CATBUL), se encuentra en el departamento de Suchitepéquez en el Municipio de San Miguel Panán (figura 3A) y su actividad principal es la investigación y la producción (12).

3.2.2 Ubicación Geográfica

El Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá (CATBUL), esta ubicado en las coordenadas 14° 31' 39" latitud norte y a los 91 ° 22' 00" longitud oeste (12).

3.2.3. Condiciones Climáticas

- A. Temperatura media anual: 24 °C.
- B. Temperatura máxima: 36 °C.
- C. Temperatura mínima: 18 °C.
- D. Precipitación promedio: 4,000 mm.
- E. Humedad relativa: 80% (12)

3.2.4. Región Fisiográfica

Según Holdridge, citado por Gatica (13) el Centro Agronómico Tropical (CATBUL), pertenece a la zona de vida Bosque sub-tropical húmedo.

3.2.5. Extensión y Limites

Tiene una extensión de 89.5253 hectáreas (1.99 caballerías) y esta limitada al norte con las fincas Guadiela y Ponderosa, al sur con la finca Versailles. Al este se encuentra la finca Trinidad y al oeste el río Nahualate y los Cantones Barrios I y II (13).

3.2.6. Vías de Comunicación

El acceso al CATBUL puede hacerse por San Antonio Suchitepéquez vía San Miguel Panán en camino de terracería transitable todo el año. También puede llegarse al CATBUL por el entronque a Chicacao, Suchitepéquez, específicamente por el lugar llamado Nahualate en la Ruta nacional CA-2 a 136 Km de la capital (13).

3.2.7. Suelos

Según Simons, Tarano y Pinto, el Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá (CATBUL), se encuentra comprendido dentro de la división fisiográfica que corresponde a los suelos de declive del pacifico,

que se extiende desde el pie de monte a las montañas volcánicas hasta la orilla del litoral. Las series que se pueden encontrar son: Panán y Cutzán (27).

a) Serie Panán

Suelos poco profundos, desarrollados sobre material volcánico de color oscuro, tienen un relieve suavemente inclinado y un drenaje bueno, color café oscuro, textura y consistencia franco arenosa pedregosa suelta, espeso. Se encuentra asociada con los suelos Suchitepéquez y Mocá (27).

b) Serie Cutzan

Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro, en clima cálido, húmedo. Ocupa un relieve muy ondulado a inclinado, drenaje bueno, color café oscuro, textura franco arenosa, consistencia suelta friable, espesor aproximado de 10 a 20 centímetros, tiene una reacción ligeramente ácida con un pH de 6.0 a 6.5, el suelo tienen un color café, consistencia friable, textura franco arenosa y con espesor aproximado de 20 a 50 centímetros (27).

3.2.8 Material genético de cacao (*Theobroma cacao* L.), con que cuenta el Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá

El centro cuenta con área total de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) de 16.5 Mz. El jardín clonal tiene un área de 1.5 Mz. Y cuenta con 25 unidades clonales, cada unidad clonal tiene 24 plantas con un distanciamiento de 4 x 4 m. Los clones son provenientes del Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), los materiales que se encuentran son los siguientes:

Spa-7	UF-667	UF-677	UF-668	UF-613
UF-12	UF-29	UF-654	UF-676	UF-229
Catongo	Pound-7	Pound-12	IMC-67	ECA-12
ICS-6	CC-18	SCA-6	EET-400	EET-399
EET-48	EET-95	EET-62	ETT-162	EET-96

Los clones UF-667, UF-677, UF-668, UF-654, ECA-12 y Pound-7 registraron un promedio por clon de 78 kg/año en el año 2003. Según datos proporcionados en la finca el clon UF-667, es el que presenta mas resistencia a las enfermedades, buena habilidad combinatoria, frutos grandes y buena producción²

3.2.8.1 UF-667 (porta yemas)

No tiene sinónimo alguno. Es originario de la zona atlántica de Costa Rica. Fue seleccionado por la United Fruit Company, colección privada en el mes de abril de 1980. Tiene una buena habilidad

² Alonzo, M. 2003. Producción de cacao (*Theobroma cacao* L.), (Entrevista), Guatemala, Suchitepéquez, Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá

combinatoria. La planta tiene hojas elípticas bien pigmentadas, la flor de tamaño medio, frutos de forma angoleta y largo, de color rojizo y se vuelve amarillo cuando madura, semillas grandes en forma ovoide de color blanco a púrpura claro, es un clon autoincompatible, con buenos rendimientos (8).

La selección de la semilla se realizó con base a datos proporcionados en el centro Agronómico Tropical Bulbuxya en el que se han realizado varias siembras, entre éstos árboles criollos que presentan como inconveniente el hecho que son plantas muy susceptibles a las enfermedades. Han hecho siembras de semillas de los clones Pound-7, Pound-12, ICS y Catongo, para obtener plantas para la venta, de estos clones el Pound-7 es más resistentes a las enfermedades, es de crecimiento rápido y presenta buena vigorosidad.³

3.2.8.2 Pound-7 porta injerto (patrón)

También se le conoce con el nombre de "P-7". Es originario de Nanay, Iquitos, Perú. Fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1943. El tipo genético es Amazónico forastero. Es autoincompatible, tiene una buena habilidad combinatoria. Fue descrito por primera vez por G.A. Enríquez en el mes de abril de 1966 y por segunda vez en el año de 1978. Posee flor pequeña de color blanquecino pigmentado, fruto de forma amelonada, tamaño medio, las semillas de tamaño medio de forma plana a cilíndrica de color púrpura oscuro (8).

3.2.9. Producciones por semilla y por injertos hecho en diferentes países

El Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura se realizaron investigaciones en la finca Santa Cruz de Yojoa, Honduras de injerto en cacao, sustituyeron árboles mal formados de verticilos altos, con ramas quebradas o lesionadas. Hicieron 1,500 injertos tipo U invertida en una plantación de 72 manzanas de cacao de 18 meses de edad (17).

La finca se encuentra a una altitud de 350 metros sobre el nivel del mar, suelo inceptisol de 3-4 pies de profundidad, pH de 4.5 y baja fertilidad, clima con ocho meses lluviosos y cuatro de sequía, con riego por aspersión (17).

La investigación empezó en junio 1987, directamente en el campo, usando como patrones la mezcla de híbridos provenientes del Jardín Clonal del INA de madres EET-95, EET-162, UF-29, UF-613, UF-654, UF-667, POUND-12. ICS-6 y como padres: CATONGO, IMC-67, POUND-7, POUND-12, UF-29, SCA-6 Y SCA-12 (17).

Las yemas provinieron de los clones citados y árboles híbridos de 10 años seleccionados en tres cosechas. El injertador especializado hizo 200 injertos por día, pegando el 95%. Las yemas brotaron a los 15 días después de la injertación, creciendo rápidamente, apareciendo las primeras flores a los ocho meses y los primeros frutos cosechados a los 18 meses. Un 70% de los injertos lograron alcanzar el porte de los árboles adjuntos provenientes de semilla. El 27% provenientes de patrones

³ Alonzo, G.; Alonzo M. 2003. Propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.) por semilla, (Entrevista), Guatemala, Suchitepéquez, Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá.

débiles quedaron rezagados y se perdieron por varias razones. A los 26 meses, los injertos midieron hasta 120 pulgadas de alto por 1.5 pulgadas de grueso, un follaje exuberante y una buena producción (17).

En Guatemala en el año 1990, el uso de plantas injertadas como medio de propagación presentó algún grado de importancia, ya que el 23% de los productores señalaron tener plantaciones a través de esta forma de propagación. En este estudio se estableció que el 34% de los agricultores encuestados obtuvieron el material de siembra en la Estación de Fomento “los Brillantes” (16).

Existen actualmente 50 clones. De estos 39 tienen potencial comercial, destacando el UF-221 y 267. Este Centro Experimental es manejado actualmente por la Asociación Prodesarrollo de Brillantes (ASOPRODEB) en donde se propagan clones nacionales a través de este método y se ponen a disposición de los productores de cacao (1).

La mayoría de las plantaciones de Centroamérica y el Caribe tienen edades comprendidas entre los 8 y 35 años. Presentan en sus siembras, materiales genéticos clonales y mezclas de híbridos con distancias poblacionales muy variadas. Solamente en aquellas áreas de mayor densidad poblacional y sembradas con material genético escogido (clones e híbridos) reproducidos por injerto, se encuentran rendimientos superiores a los 1800 kg/ha. Hay que anotar aquí, que esos altos rendimientos se obtienen con un buen manejo de la plantación, que incluye entre otras labores un buen control de las enfermedades, entre estas las que más afectan el rendimiento en estos países son, Mazorca negra (*Phytophthora sp*) y monilia (*Moniliophthora roreri*). Las cuales llegan a disminuir la producción hasta un 70% y el rendimiento total en muchas de las plantaciones establecidas (17).

El cacao en Guatemala es un cultivo muy antiguo, a tal grado que los mayas ya lo cultivaban antes que vinieran los españoles. Es por ello que un alto porcentaje de las plantaciones existentes actualmente tienen características inequívocas de los materiales criollos. Se estima que el 31% son siembras que provienen de materiales criollos propagados de árboles muy antiguos, sin registro o control de sus cualidades como productor. Un pequeño porcentaje de productores de cacao, indicó que no conocía la procedencia de sus plantaciones por ser muy antiguas o porque cuando adquirieron los terrenos ya existía el cultivo plantado. El 59% de los encuestados indicaron haber utilizado semilla como medio de propagación de sus plantaciones y a la vez manifestaron que dicha semilla procede de las mismas plantaciones que poseen o de otras plantaciones vecinas, las cuales provienen de flores de polinización abierta y sin ningún control en cuanto a los padres que les dieron origen, lo que repercute en una gran variabilidad genética no deseable dentro de la plantación. (16)

3.2.10 Evaluación de diferentes tipos de injertos en cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez

En el año 2003, se realizó un diagnóstico del cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.) en este centro. Se determinó que casi toda la plantación del cultivo es propagada por medio de semilla, por lo que se

estableció que era importante hacer una evaluación de diferentes tipos de injertos para que las próximas siembras sean plantas de cacao injertadas.

Se evaluaron 4 tipos de injertos: U normal U invertida, T normal y T invertida. Los resultados obtenidos fueron analizados en forma descriptiva por medio de porcentajes. Constó de 40 unidades experimentales, 4 tratamientos y 10 repeticiones. Ver cuadro 1.

El tipo de injerto de U invertida fue el que produjo mayor porcentaje de prendimiento siendo este el 80 por ciento. El de U normal presento el 40 por ciento, y los de T invertida y normal todos fueron resultados negativos, ya que no existió prendimiento. Los resultados de U normal fueron el 40% (ver cuadro 1), debido a la dificultad que se tuvo al efectuarlo, ya que es mas fácil llevar la lengüeta del patrón hacia abajo y no hacia arriba y a que no se observa como queda prendida la yema sobre el patrón. En cambio el de U invertida permite ver como queda prendida la yema sobre el patrón y la facilidad para vendarlo (21).

Los injertos realizados de tipo T tanto normal como invertida, no tuvieron prendimiento. En el momento de insertar la yema en el patrón, ésta se desliza sobre el corte realizado, formando líneas negras por lo que la yema se muere. Debido aparentemente a que alguna influencia frágil puede moderarse a través de él. Esto implica degeneración del floema y puede reconocerse por el desarrollo de la línea necrótica en la corteza (14).

Cuadro 1. Porcentaje de prendimiento en 4 tipos de injerto de cacao (*Theobroma cacao L*)

Tipo de injerto	% de prendimiento
T normal	0
T invertida	0
U normal	40
U invertida	80

Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación

4. Objetivos

4.1. General

Evaluar el prendimiento de injerto del clon UF-667, sobre el clon Pound-7 a 60, 75, 90, 105 y 120 días de la germinación del patrón.

4.2. Específicos

1. Determinar la etapa posterior al injerto, en la que se presenta el mayor porcentaje de prendimiento.
2. Determinar la etapa posterior al injerto en la que se obtiene el mayor porcentaje de brotación.
3. Determinar la rentabilidad de las plantas injertadas, en las etapas donde existió mayor porcentaje de prendimiento y brotación.

5. Hipótesis

1. El mayor porcentaje de prendimiento se obtendrá en la etapa 5 (120 días de edad del patrón)
2. El mayor porcentaje de brotación se obtendrá en la etapa 5 (120 días de edad del patrón)
3. El mayor porcentaje de rentabilidad se obtendrá en la etapa 5 (120 días de edad del patrón)

6. Metodología

6.1. Manejo del experimento

6.1.1 Área experimental

El área experimental fué un vivero rústico de 70 m² construido con bambú y hoja de palma (Figura 4A).

6.1.2 Siembra

6.1.2.1 Suelo

- A. El suelo que se utilizó fue colectado en el área de la finca denominada La Ceiba, (este tipo de suelo tiene alto contenido de materia orgánica proveniente de café)
- B. Se llenaron 240 bolsas de polietileno de 7X12X3 mm
- C. Para la desinfección del suelo se utilizó benomyl con dosis de 0.40gr/planta diluido en 500 ml de agua.

6.1.2.2 Obtención de semilla

- A. La semilla que se utilizó se obtuvo del jardín clonal, en la unidad donde se encuentran los árboles de cacao Pound-7, en la finca Bulbuxyá
- B. Se cortaron 8 frutos (pochas) del material Pound-7, que tienen un promedio de 30 semillas (almendras) por pocha, un total de 240 semillas para todo el experimento
- C. Se dividió la pocha en 2 y se seleccionaron las semillas de la parte intermedia, es decir sin tomar en cuenta las semillas de los extremos
- D. La selección de semillas homogéneas fue difícil debido a que éstas presentan diferentes tamaños y grosores que no son perceptibles a simple vista
- E. El lavado de la semilla se realizó utilizando aserrín, operación que concluyó al eliminar el mucílago de la semilla (3 a 4 lavados)
- F. Para la germinación se colocaron las semillas dentro de un recipiente con aserrín húmedo y desinfectante Benomyl a 0.5g/l hasta su germinación (3 a 4 días)
- G. Las semillas de cacao tienen 2 partes, una superior angosta y la otra inferior ancha. En la parte inferior brota la radícula

- H. El embrión en el momento de la siembra puede presentar 3 características; sin radícula, con radícula pequeña y con radícula relativamente grande. Se escogieron las semillas con la radícula pequeña. Los otros 2 se rechazaron
- I. Al momento de la siembra se colocaron las semillas con la radícula hacia abajo.

6.1.3 Cuidado de las plántulas

- A. Fertilización: La fertilización se realizó mensualmente aplicando fertilizante triple 15 a una dosis de 5g/bolsa y como complemento se aplicó fertilizante foliar (11-8-6) a 6ml/l cada 8 días
- B. Limpia: Las malezas que crecieron dentro del área experimental se eliminaron manualmente
- C. Riego: El riego se realizó diariamente aplicando aproximadamente 125ml de agua por planta
- D. Fumigación: Se fumigó cada ocho días utilizando benomyl a 1g/l y Oxicloruro de cobre a 4g/l. Para la prevención de insectos se utilizó Metil-Paration a 1ml/l.

6.1.4 Obtención de Yemas

- A. Un mes antes de la siembra del patrón Pound-7 se podó la unidad clonal UF-667 (24 árboles), y se fertilizó mensualmente con triple 15 a una dosis de 6g/cm de grosor del árbol, para obtener brotes nuevos de edad similar a la del patrón
- B. Las yemas a injertar fueron seleccionadas de la parte de la vareta con similar grosor al patrón. Esta parte de la vareta presentaban un color pardo claro y las yemas tenían una longitud de 1mm.

6.1.5 Proceso de la Injertación

- A. El tipo de injerto que se utilizó fue el de U invertida. Este tipo de injerto consiste en hacer un corte horizontal y dos cortes verticales a la corteza del patrón los cuales unidos forman una U invertida. Es necesario no dañar el cambium al momento de realizar los cortes para que no afecte el pegue de la yema
- B. El corte de la yema se efectuó en forma rectangular, realizando un corte horizontal a un centímetro sobre la yema y otro a un centímetro debajo de la yema, unidos a dos cortes longitudinales de igual o menor longitud al corte hecho en el patrón
- C. Para la extracción de la yema se insertó la parte opuesta al filo de la navaja y se empujó hacia adelante con el fin de levantar el corte
- D. Posteriormente se levantó la porción de la corteza en el patrón y se insertó la yema
- E. Por último se amarró la yema al patrón utilizando cinta plástica

- F. La injertación en las etapas 1 y 2 se efectuó a 1 cm debajo de los cotiledones
- G. Para el resto de etapas este proceso se realizó de 2 a 4 cm debajo de los cotiledones dependiendo de la altura del patrón
- H. Para la realización de los cortes se utilizó una navaja de injertación debidamente afilada. Durante el proceso se asperjó Benomyl a 1g/l para prevenir cualquier enfermedad.

6.2 Metodología Experimental

6.2.1 Unidad Experimental

Estuvo formada por 8 plantas. La distribución de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó aleatoriamente. Ver figura 6A

6.2.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se formaron por 5 etapas de edad del patrón Pound-7. Cada tratamiento tuvo 6 repeticiones. Ver cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	60 días edad del patrón
2	75 días edad del patrón
3	90 días edad del patrón
4	105 días edad del patrón
5	120 días edad del patrón

6.2.3. Diseño Experimental

Se usó el diseño experimental completamente al azar, con 5 tratamientos y 6 repeticiones.

6.2.4 Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = porcentaje de prendimiento en la ij-ésima unidad experimental, donde $i = 1,2, \dots, t$

μ = media general de la población $j = 1,2, \dots, r$

T_i = Efecto de la i -ésima etapa de crecimiento del clon Pound-7

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

6.2.5 Variables de Respuesta

6.2.5.1 Porcentaje de prendimiento

Estuvo constituido por el número de yemas prendidas por unidad experimental y expresados en porcentaje. Las ocho plantas de la unidad experimental hicieron el 100 %, cada planta tuvo un equivalente de 12.5 %. Los datos de esta variable de respuesta se tomaron 15 días después de haber efectuado la injertación y consistió en desvendar los injertos y eliminar la corteza del patrón que cubría la yema. Luego con una navaja se raspó suavemente cualquier parte del parche de la yema para observar si presentaba un color verde o pardo. El color verde indicó la existencia del prendimiento de la yema y el color pardo indicó la muerte de la yema. En el caso de las yemas que pegaron, se cortó el patrón 5cm arriba del injerto para estimular el crecimiento del brote.

6.2.5.2. Porcentaje de brotación

Fue el número de yemas que presentaron brotación por unidades experimentales y expresadas en porcentaje. Las ocho plantas de la unidad experimental conformaron el 100 %, por lo que cada planta tuvo un equivalente al 12.5 %. La toma de datos de esta variable de respuesta se realizó 30 días después del injerto haciendo uso del método de la observación, el cual consistió en verificar si la yema continuaba con la coloración verde y si existía crecimiento en la parte superior de la yema.

6.2.6 Análisis de la Información

6.2.6.1. Análisis Estadístico

El análisis a las variables de respuesta se realizó mediante una prueba de F al 5 % de significancia y prueba múltiple de medias usando el criterio de Tukey al 5 %.

6.2.6.2. Análisis económico

Se realizó un análisis de rentabilidad de las etapas en que se obtuvo mayor porcentaje de prendimiento y brotación de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) para lo cual se determinaron los costos de operación e inversión en la producción de plantas de cacao injertadas, desde la construcción del vivero hasta la obtención de plantas injertadas. Ver cuadro 7. Para el cálculo del ingreso neto se utilizó como referencia el costo por planta injertada de La Asociación Pro-desarrollo de Brillantes (ASOPRODEB), el cual es de Q.7.00 por planta⁴.

7. Resultados y discusión

Para que exista éxito en el injerto, las capas de cambium del patrón y de yema tienen que coincidir aunque ello es poco probable que se logre. De hecho solo es necesario que las regiones cambiales estén lo suficientemente cercanas entre sí para que las células de parénquima producidas puedan

⁴ Hernández, S. 2003. Producción y comercialización de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.), (entrevista), Guatemala, Suchitepéquez, Asociación Pro-desarrollo de brillantes.

entrelazarse. Cuando dos capas de cambium no coinciden bien, puede retardarse la unión, o si la coincidencia es en extremo deficiente, no logra efectuarse la unión de injerto (14).

7.1 Porcentaje de prendimiento

El prendimiento de la yema en un injerto, se da cuando el tejido de esta se adhiere al tejido del patrón. Ver figura 7A.

En esta investigación fueron proporcionados todos los requerimientos para obtener una injertación exitosa, a excepción del tiempo de crecimiento del patrón que fue la variable a medir para obtener el tiempo de desarrollo del patrón adecuado. El análisis de la varianza mostró que existe una diferencia significativa entre los tratamientos. Ver cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen del análisis de la varianza del tiempo del prendimiento de injerto en cacao

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	valor de F	Pr>F
Etapa de crecimiento	4	3900.83	975.21	10.00	0.0001**
Error experimental	25	2438.54	97.54		
Total	29	6339.38			

CV = 12.46 %

** Diferencia significativa al 5 %

De acuerdo al análisis de Tukey al 5%, se estableció que el tratamiento 5 de 120 días de crecimiento del patrón fue el que produjo mejor resultado. El análisis también mostró que no existe diferencia significativa entre este y los tratamientos 4 y 3 de 105 y 90 días respectivamente, por lo que el tiempo de injertación puede reducirse a los 90 días (3 meses).

A los 90 días de edad del patrón las plantas alcanzan una altura de 30 a 40 centímetros. Los tallos tienen más de un centímetro de diámetro y hay mayor capacidad de cicatrización en las superficies cortadas, ya que existe un contacto íntimo entre las capas de cambium de la yema y patrón. Esto da como resultado la formación de células de parénquima que forman el callo (23).

En cuanto a los tratamientos 2 y 1 produjeron los porcentajes más bajos de prendimiento en el experimento, debido que en esta etapa de crecimiento del patrón fue más difícil hacer coincidir los tejidos de cambium del patrón y de la yema. Ver cuadro 4.

Cuadro 4. Resumen de la prueba de medias según el criterio de Tukey al 5%

Tratamiento	Descripción	Promedio de prendimiento	Grupo Tukey
5	120 días	91.25	A
4	105 días	90.83	A
3	90 días	81.67	AB

2	75 días	70.0	BC
1	60 días	62.50	C

Los porcentajes de prendimiento de injerto en cacao UF-667 sobre el crecimiento de cada etapa de crecimiento del patrón Pound-7(ver figura 7A), mostraron que las etapas 1 y 2 tuvieron los porcentaje más bajos del experimento. Esto no por mala manipulación del injertador sino por los tamaños de los materiales que se injertaron. Las varetas donde se extrajeron las yemas no coincidían con el tamaño del patrón que en esas etapas tenían un grosor de 0.3 y 0.5cm. Las yemas que se encontraban en las partes superiores de la vareta eran las que se parecían al tamaño del grosor del patrón. Según Hartmann, H.; Kester, D. se debe injertar plantas de gran parentesco y unir perfectamente la corteza del injerto con la del patrón y los sistemas leñosos de ambos para lograr el pegue. Además, deben tener una similitud en cuanto a vigorosidad (14). Por no haber similitud en los materiales utilizados se obtuvieron resultados en porcentajes bajos. Mientras las etapas 3, 4 y 5 donde hubo similitudes en cuanto a los materiales que se utilizaron los resultados en porcentajes fueron satisfactorios. Ver figura 1.

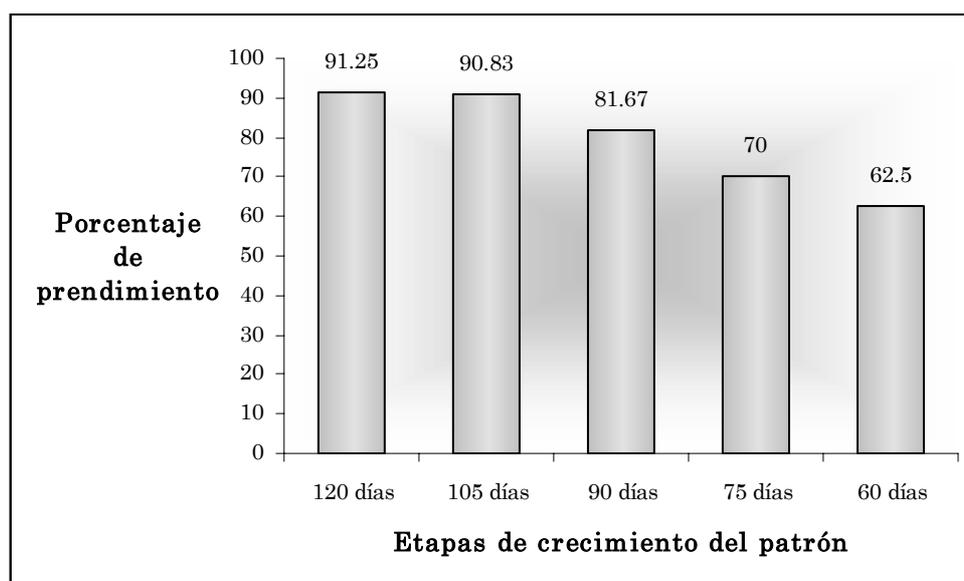


Figura 1. Porcentaje de prendimiento del injerto en cacao por etapa de crecimiento del patrón

7.2 Porcentaje de brotación

La brotación inició 30 días después de haber realizado el injerto. Por medio del método de la observación se verificó que la yema presentara crecimiento (figura 8A). En la brotación hay 2 aspectos a considerar:

1) En el momento en que se quitó el vendaje el injerto quedó expuesto al ambiente donde es susceptible a las enfermedades por lo que hubieron injertos que presentaron síntomas de pudrición. Ver figura 9A. Es importante que la región de la unión de injerto se conserve tan libre como sea posible de organismos patógenos. El nuevo tejido de callo que se origina de la región cambial esta formado por células de pared delgada, turgentes, que con facilidad pueden secarse y morir. Las células de pared delgada, en condiciones de humedad y temperatura relativamente elevadas, proporcionan un medio favorable para el desarrollo de hongos y bacterias, que son bastante perjudiciales para la formación exitosa de la unión (14).

2) El estado fisiológico de la planta es otro aspecto determinante en la brotación. El análisis de la varianza demostró diferencia significativa, existiendo al menos un tratamiento cuyo efecto de brotación fue estadísticamente diferente. Ver cuadro 5. En las tres etapas (120, 105, y 90 días) hubo un porcentaje de brotación igual al de prendimiento, lo que indica que los materiales vegetales utilizados tuvieron similitud en cuanto a las etapas fisiológicas por lo que prendieron y brotaron. El tejido de la yema en contacto seguro, intimó con el tejido del patrón de manera que las regiones estuvieron en estrecho contacto (14).

Mientras en las etapas 2 y 1(75 y 60 días) la vareta y el tallo del patrón no tuvieron similitud en grosor. No hubo un contacto íntimo entre los tejidos del patrón y la yema. Este provocó que no hubiera brotación, presentando síntomas de oxidación (14).

Cuadro 5. Andeva de la variable porcentaje de brotación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	valor de F	Pr>F
Etapas de crecimiento	4	9022.08	2255.52	19.12	0.0001**
Error experimental	25	2948.96	117.96		
Total	29	11971.04			

CV = 14.59 %

** Diferencia significativa al 5 %

En cuanto al análisis de Tukey se llegó a establecer que el tratamiento que produjo mejor resultado en cuanto a brotación fue el de 120 días de edad de patrón, pero no existió diferencia significativa entre este y los tratamientos 4 y 3 de 105 y 90 días de edad del patrón, porque en estas etapas hubo una buena cicatrización de las yemas. Las células de parénquima formaron callo. Esto hizo que formaran nuevos tejidos vasculares floema y xilema que transportaron los elementos necesarios para el crecimiento de brotes (14).

Los tratamientos 2 y 1 de 75 y 60 días de edad del patrón, produjeron resultados con porcentajes bajos, porque no hubo buena cicatrización de las yemas en el prendimiento presentando medias de brotación de 60.42% y 47.92% respectivamente. Ver cuadro 6

Cuadro 6. Resumen de la prueba múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey al 5% de brotación

Tratamiento	Descripción	Promedio de brotación	Grupo Tukey
5	120 días	91.25	A
4	105 días	90.83	A
3	90 días	81.67	A
2	75 días	60.42	B
1	60 días	47.92	B

Los tratamientos 3, 4 y 5 mostraron un comportamiento proporcional entre el porcentaje de prendimiento y el porcentaje de brotación ya que el mismo numero de plantas en que se obtuvo pegue también se obtuvo brotación. Esto es indicador de una buena injertación. Sin embargo, los tratamientos 1 y 2 presentaron un comportamiento descendente en cuanto al porcentaje de brotación, debido a las diferencias morfológicas existentes entre el patrón y la varetta. Ver figura 2

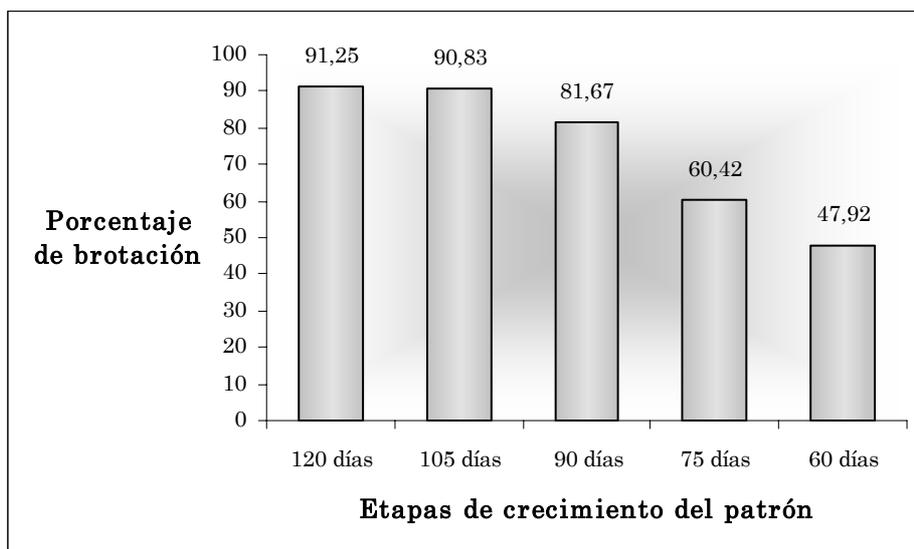


Figura 2. Porcentaje de brotación por etapa de edad del patrón Pound-7.

7.3 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad es una relación entre quetzales ganados versus quetzales invertidos que generalmente se expresa en porcentaje y es aplicable para varias alternativas o tratamientos. Para esta investigación se realizó el análisis en la rentabilidad de las etapas 3, 4 y 5 que fueron las que presentaron mayor promedio de prendimiento y brotación de injerto en cacao.

En el tratamiento 3 (90 días), se obtuvo un porcentaje de prendimiento y brotación de 81.67%, esto equivale a 197 plantas con brotación de las 240 plantas del experimento. El precio por planta injertada utilizado como referencia es de Q7.00.

El resultado de rentabilidad del tratamiento 3 (90 días) fue de 2.34%, esto significa que por 100 quetzales invertidos se obtiene una ganancia de 2 quetzales con 34 centavos. Ver cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de rentabilidad de las plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la etapa 3 (90 días)

No.	Descripción	U / medida	valor unitario en Q.	cantidad	Total en Q.
1	Materiales del vivero				
	bambú	unidad	2	32	64
	palmas	unidad	0.25	48	12
	alambre	kilogramos	11	1.35	14.85
2	Materiales del cerco				
	bambú	unidad	2	5	10
	Rafia	kilogramos	22	1.8	39.6
3	Herramientas				0
	machete	unidad	25	1	25
	azadón	unidad	50	1	50
	Pala	unidad	50	1	50
	Tijera	unidad	55	1	55
	Navaja p / injertación	unidad	50	1	50
	regadera	unidad	50	1	50
4	Materiales y suministros				
	Bolsas	unidad	0.7	300	210
	semillas	unidad	0.08	300	24
	aserrín	kilogramos	5.5	4.5	24.75
	fungicida	gramos	0.16	80	12.8
	fertilizante foliar	mililitros	0.04	480	19.2
	fertilizante granulado	kilogramos	4.4	3.6	15.84
	insecticida	mililitros	0.12	80	9.6
	Bolsas de amarre	unidad	0.05	20	1
5	Mano de obra				
	Vivero	jornal	27.5	6	165
	Cerco	jornal	27.5	1	27.5
	acarreo de suelo	jornal	27.5	2	55
	llenado de bolsas(ordenado)	jornal	27.5	2	55
	desinfección del suelo	jornal	27.5	0.5	13.75
	Lavado de semillas	jornal	27.5	0.5	13.75
	siembra de semilla	jornal	27.5	0.5	13.75
	Riego	jornal	27.5	3.75	103.13
	fertilizante	jornal	27.5	0.63	17.19
	fumigación	jornal	27.5	0.63	17.19
	Limpia	jornal	27.5	0.63	17.19
	injertación	jornal	27.5	4.00	110.00
	Total				1346.08
Rentabilidad = ((IB-CT)/CT)*100		Rentabilidad = ((1377.6-1346.08)/1346.08)*100= 2.34%			

En el tratamiento 4 (105 días), se obtuvo un porcentaje de prendimiento y brotación de 90.83%, esto equivale a 218 plantas con brotación.

El resultado de rentabilidad del tratamiento 4 (105 días) fue de 9.73%, esto significa que por 100 quetzales invertidos se obtiene una ganancia de 9 quetzales con 73 centavos. Ver cuadro 8

Cuadro 8. Análisis de rentabilidad de las plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la etapa 4 (105 días)

No.	Descripción	U / medida	valor unitario en Q.	cantidad	Total en Q.
1	Materiales del vivero				
	bambú	unidad	2	32	64
	palmas	unidad	0.25	48	12
	alambre	kilogramos	11	1.35	14.85
2	Materiales del cerco				
	bambú	unidad	2	5	10
	Rafia	kilogramos	22	1.8	39.6
3	Herramientas				0
	machete	unidad	25	1	25
	azadón	unidad	50	1	50
	Pala	unidad	50	1	50
	Tijera	unidad	55	1	55
	Navaja p / injertación	unidad	50	1	50
	regadera	unidad	50	1	50
4	Materiales y suministros				
	Bolsas	unidad	0.7	300	210
	semillas	unidad	0.08	300	24
	aserrín	kilogramos	5.5	4.5	24.75
	fungicida	gramos	0.16	96	15.36
	fertilizante foliar	mililitros	0.04	576	23.04
	fertilizante granulado	kilogramos	4.4	4.8	21.12
	insecticida	mililitros	0.12	96	11.52
	Bolsas de amarre	unidad	0.05	20	1
5	Mano de obra				
	Vivero	jornal	27.5	6	165
	Cerco	jornal	27.5	1	27.5
	acarreo de suelo	jornal	27.5	2	55
	llenado de bolsas(ordenado)	jornal	27.5	2	55
	desinfección del suelo	jornal	27.5	0.5	13.75
	Lavado de semillas	jornal	27.5	0.5	13.75
	siembra de semilla	jornal	27.5	0.5	13.75
	Riego	jornal	27.5	4.5	123.75
	fertilizante	jornal	27.5	0.75	20.63
	fumigación	jornal	27.5	0.75	20.63
	Limpia	jornal	27.5	0.75	20.63
	injertación	jornal	27.5	4	110
	Total				1390.62
Rentabilidad = ((IB-CT)/CT)*100		Rentabilidad = ((1525.93-1390.62)/1390.62)*100 = 9.73%			

En el tratamiento 5 (120 días), se obtuvo un porcentaje de prendimiento y brotación de 91.25%, esto equivale a 219 plantas con brotación.

El resultado de rentabilidad del tratamiento 5 (120 días) fue de 3.6%, esto significa que por 100 quetzales invertidos se obtiene una ganancia de 3 quetzales con 60 centavos. Ver cuadro 9

Cuadro 9. Análisis de rentabilidad de las plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la etapa 5 (120 días)

No.	Descripción	U / medida	valor unitario en Q.	cantidad	Total en Q.
1	Materiales del vivero				
	bambú	unidad	2	32	64
	palmas	unidad	0.25	48	12
	alambre	kilogramos	11	1.35	14.85
2	Materiales del cerco				
	bambú	unidad	2	5	10
	Rafia	kilogramos	22	1.8	39.6
3	Herramientas				0
	machete	unidad	25	1	25
	azadón	unidad	50	1	50
	Pala	unidad	50	1	50
	Tijera	unidad	55	1	55
	Navaja p / injertación	unidad	50	1	50
	regadera	unidad	50	1	50
4	Materiales y suministros				
	Bolsas	unidad	0.7	300	210
	semillas	unidad	0.08	300	24
	aserrín	kilogramos	5.5	4.5	24.75
	fungicida	gramos	0.16	128	20.48
	fertilizante foliar	mililitros	0.04	768	30.72
	fertilizante granulado	kilogramos	4.4	7.2	31.68
	insecticida	mililitros	0.12	128	15.36
	Bolsas de amarre	unidad	0.05	20	1
5	Mano de obra				
	Vivero	jornal	27.5	6	165
	Cerco	jornal	27.5	1	27.5
	acarreo de suelo	jornal	27.5	2	55
	llenado de bolsas(ordenado)	jornal	27.5	2	55
	desinfección del suelo	jornal	27.5	0.5	13.75
	Lavado de semillas	jornal	27.5	0.5	13.75
	siembra de semilla	jornal	27.5	0.5	13.75
	Riego	jornal	27.5	6	165
	fertilizante	jornal	27.5	1	27.5
	fumigación	jornal	27.5	1	27.5
	Limpia	jornal	27.5	1	27.5
	injertación	jornal	27.5	4	110
	Total				1479.69
Rentabilidad = ((IB-CT)/CT)*100		Rentabilidad = ((1533-1479.69)/1479.69)*100= 3.6%			

8. Conclusiones

1. El mayor porcentaje de prendimiento se obtuvo en la etapa 5 (120 días) de edad del patrón. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre esta etapa y las de 105 y 90 días. Por lo que el tiempo de edad del patrón para efectuar la injertación puede ser a los 90 días, para las condiciones del experimento.
2. El mayor porcentaje de brotación se obtuvo en la etapa 5 (120 días) de edad del patrón y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre esta etapa y las de 105 y 90 días, lo que indica que a los 90 días de edad del patrón si hubo brotación.
3. El mayor porcentaje de rentabilidad se obtuvo en la etapa 4 (105 días), con el 9.73%, que representa 7.39% más de rentabilidad que la etapa 3 y 6.13% más de rentabilidad que la etapa 5.

9. Recomendaciones

1. No se encontró diferencia significativa en el prendimiento y brotación de injerto de cacao en las etapas 3, 4 y 5, pero económicamente si, por lo que se recomienda realizar la injertación de cacao (*Theobroma cacao* L), para las condiciones del experimento, en la etapa 4 (105 días) que mostró una rentabilidad de 9.66% y un promedio de prendimiento y brotación de 90.83%.
2. Para la siembra del patrón que se utilicen semillas clasificadas como Pound-7 y de plantas tolerantes a diferentes plagas y enfermedades radicales.
3. Para la injertación de cacao (*Theobroma cacao* L.), que se utilicen varetas de plantas clasificadas como UF-667 y plenamente identificados como árboles élitos.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGEXPRONT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT). 2000. Manual del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Guatemala. 72 p.
2. Aragua, Venezuela (en línea). 2000. Venezuela. Consultado 08 jun 2005. Disponible en <http://www.venezuelatuya.com/cocina/cacao.htm>
3. Banco de Guatemala, GT. 2003. Cacao área de producción, rendimiento, importación, exportación y precio medio. Guatemala. 24 p.
4. Campelo, AM; Gomes, M. 1980. Tipos morfológicos de *Phytophthora palmivora* no Brasil. Revista Theobromae 10(3):141-147.
5. Congreso venezolano del cacao y su industria (1., 2002, VE). Memorias (en línea). Venezuela, Sistema de Información Agrícola Nacional. Consultado 08 jun 2005. Disponible en <http://cacao.sian.info.ve/memorias/tablacontenido.html>
6. Enríquez, G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Costa Rica, LIL. 236 p.
7. Enríquez, G. 1987. Manual del cacao para agricultores. Costa Rica, EUNED. 117 p.
8. Enríquez, GA. 1981. International catalog. Turrialba, Costa Rica, CATIE / The American Cacao Research Institute. Technical Bulletin no. 6. 60 p.
9. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, HN). 1988. Curso de cacao. La Lima, Honduras. 159 p. (Documentos sobre Desarrollo y Logros).
10. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, HN). 1991. Enfermedades de cacao. La Lima, Cortés, Honduras. 32 p. (Tecnología, Comunicación y Desarrollo).
11. Font Quer, PD. 1953. Diccionario de botánica. 2 ed. México, Labor. 235 p.
12. García, CJ. 1981. Monografía de la finca Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Monografía EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 30 p.
13. Gatica Secaida, MB. 1994. Caracterización agromorfológica de 13 híbridos y 7 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 77 p.
14. Hartmann, H; Kester, D. 1988. Propagación de plantas. Trad. Antonio Marino Ambrosio. México, CECSA. 760 p.
15. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 1990. Recomendaciones para el cultivo de cacao. Guatemala, Consultoría Agropecuaria "SENAHU". 70 p.
16. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, GT). 1990. Diagnóstico de la situación del cacao. Guatemala. 22 p.
17. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, GT). 1991. Inventario tecnológico del cultivo de cacao en Centroamérica y República Dominicana. Costa Rica, Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología Agrícola en Cacao. 46 p.
18. INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, GT). 1981. El cultivo racional y beneficiado del cacao. Guatemala. 36 p.

19. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos en Costa Rica (en línea). Costa Rica. Consultado 08 jun 2005. Disponible en <http://www.mag.go.cr/tecnologia/tec-cacao.htm>
20. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT) / USAC, Facultad de Agronomía, GT. 2002. Convenio suscrito entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de la Facultad de Agronomía, no. 061-2002. Guatemala. 5 p.
21. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2003. Evaluación de diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.). Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Guatemala. 25 p.
22. Ocampo, JE. 2002. Costos y evaluación de proyectos. Continental CECOSA. México. 170 p.
23. Palencia, CG; Mejía, FL. 2000. Métodos de injertación en cacao. Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Regional Siete. 12 p.
24. Ramírez, M. 2000. Manual de cacaoteros. Costa Rica, Cocoa. 15 p.
25. Rebelión África, GH. 2002. El conflicto de Costa de Marfil, provoca fuerte subida de los precios en cacao (en línea). Ghana. Consultado 08 jun 2005. Disponible en <http://www.eurosur.org/rebellion/africa/ghana051102.htm>
26. Roble, L. 2000. La primera civilización que cultivo cacao (en línea). México. Consultado 08 jun 2005. Disponible en <http://www.alamesa.com/monogr/m03-1.htm>
27. Simmons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1995. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. José de Pineda Ibarra. Guatemala. 1000 p.
28. Vásquez, F. 2002. Apuntes de fitogenética y mejoramiento de plantas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 101 p.
29. Wilson, CL; Loomis, WE. 1968. Botánica. Trad. por Inra L. de Coll. México, Uteha. 192 p.
30. Zanz, M; Petra, K. 1997. Podar para injertar. 3ed. España, Master Grafico. 143 p.

11. Anexos

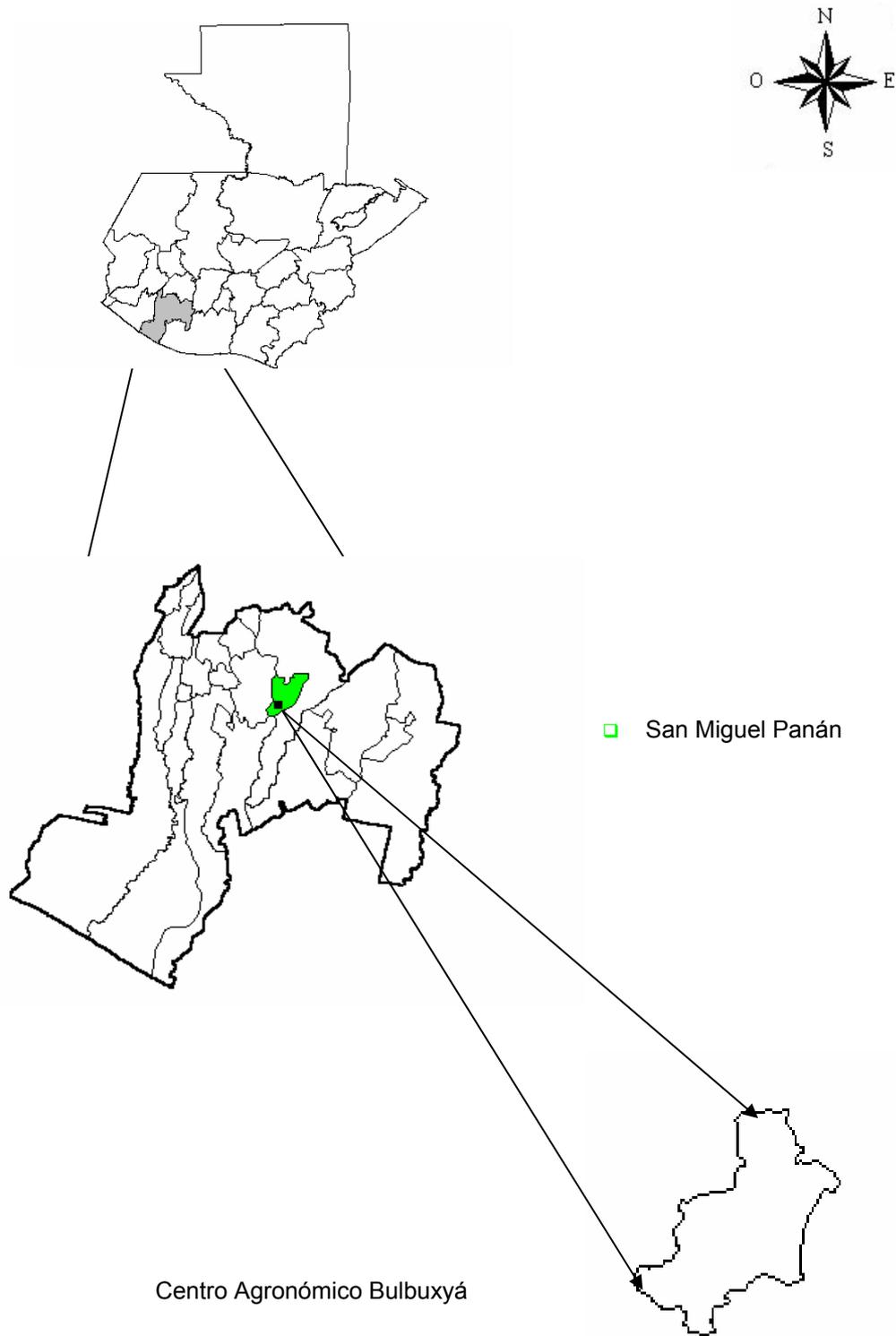


Figura 3A. Mapa de Guatemala que ubica la Finca Bulbuxyá en el Departamento de Suchitepéquez.

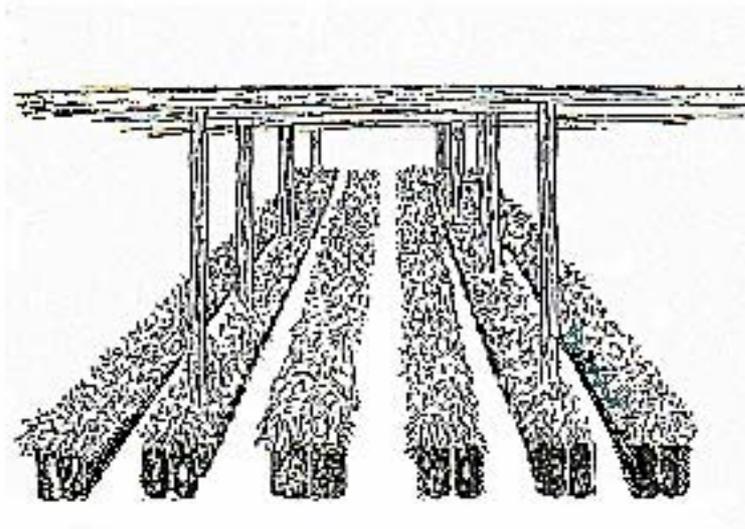


Figura 4A. Esquema de un vivero rústico y del ordenamiento de las plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*).

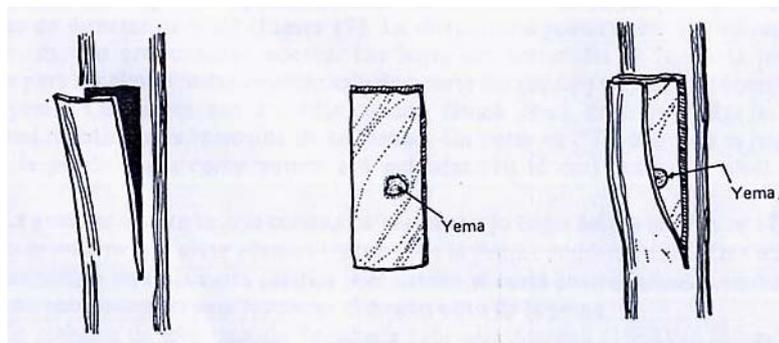
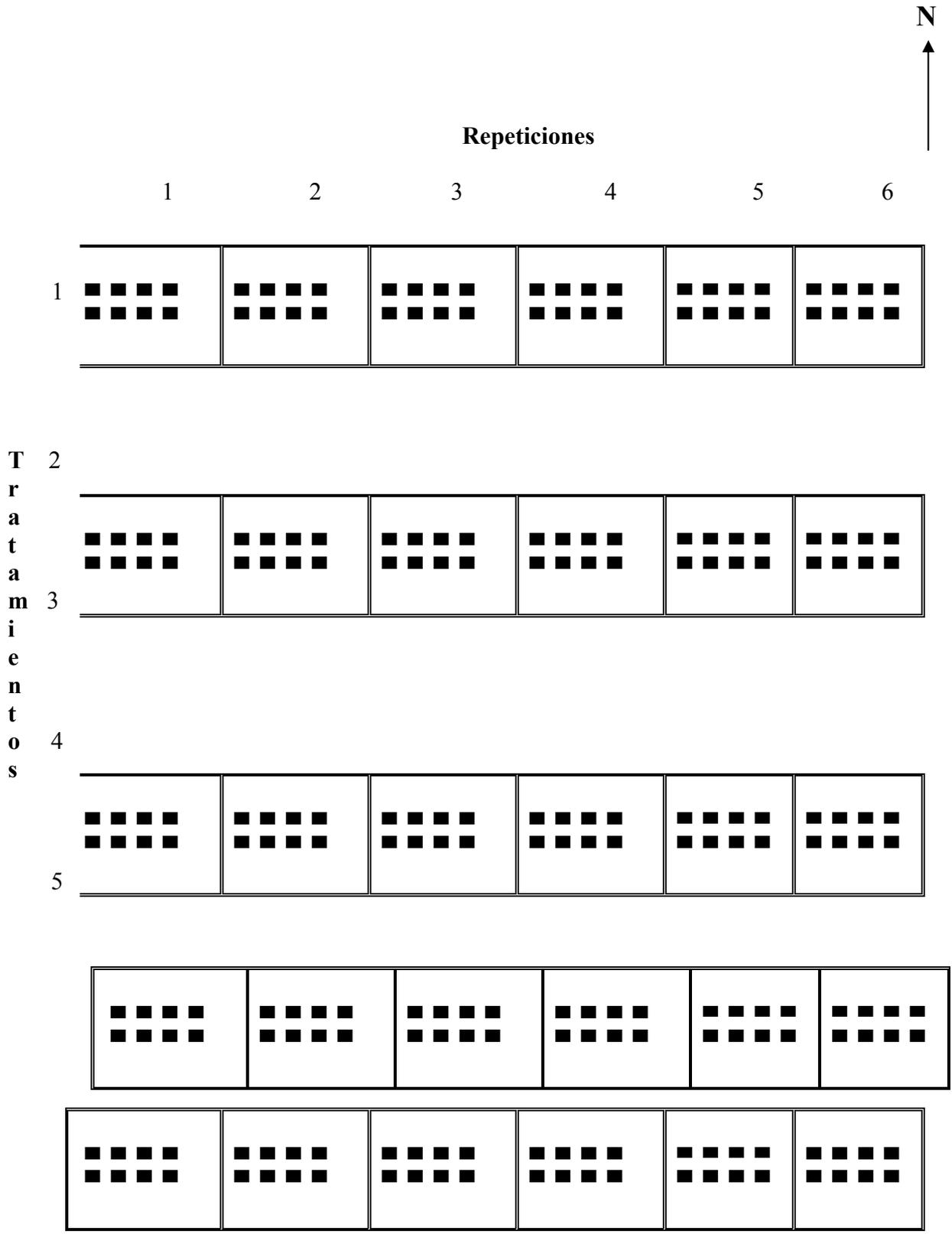


Figura 5A. Esquema del injerto tipo U invertida.



Referencias:

■ planta de cacao (*Theobroma cacao* L.), injertada

Figura 6A. Croquis de la distribución de las unidades experimentales.



Figura 7A. Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 1 2



Figura 8 A. Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa



Figura 9 A. Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 3 etapa 4



Figura 10 A. Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (*Theobroma cacao* L) de la



Figura 11 A. Fotografía del prendimiento de un injerto de cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 5



Figura 812 A. Fotografía de la brotación del injerto en cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 1



Figura 13 A. Fotografía de la brotación del injerto en cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 1



Figura 14 A. Fotografía de la brotación del injerto en cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 3



Figura 15 A. Fotografía de la brotación del injerto en cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 4



Figura 16 A. Fotografía de la brotación del injerto en cacao (*Theobroma cacao* L) de la etapa 5

